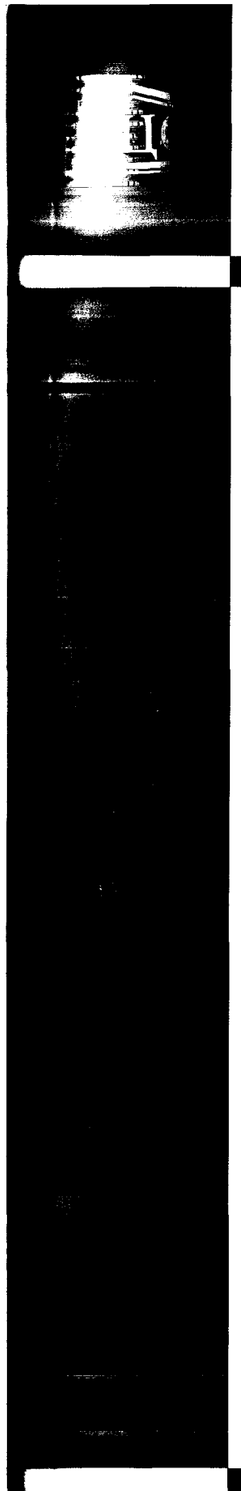

МИНИСТЕРСТВО РЕГИОНАЛЬНОГО РАЗВИТИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

СВОД ПРАВИЛ СП 25.13330.2012

ОСНОВАНИЯ И ФУНДАМЕТЫ НА ВЕЧНОМЕРЗЛЫХ ГРУНТАХ

Актуализированная редакция

СНиП 2.02.04-88

Издание официальное

Москва 2012

Предисловие

Цели и принципы стандартизации в Российской Федерации установлены Федеральным законом от 27 декабря 2002 г. № 184-ФЗ «О техническом регулировании», а правила разработки – постановлением Правительства Российской Федерации от 19 ноября 2008 г. № 858 «О порядке разработки и утверждения сводов правил».

Сведения о своде правил

1 ИСПОЛНИТЕЛИ – Научно-исследовательский, проектно-изыскательский и конструкторско-технологический институт оснований и подземных сооружений им. Н.М. Герсеванова – институт ОАО «НИЦ «Стрительство» (НИИОСП им. Н.М. Герсеванова)

2 ВНЕСЕН Техническим комитетом по стандартизации (ТК 465) «Строительство»

3 ПОДГОТОВЛЕН к утверждению Департаментом архитектуры, строительства и градостроительной политики

4 УТВЕРЖДЕН приказом Министерства регионального развития Российской Федерации (Минрегион России) от 29 декабря 2011 г. № 622 и введен в действие с 1 января 2013 г.

5 ЗАРЕГИСТРИРОВАН Федеральным агентством по техническому регулированию и метрологии (Росстандарт). Пересмотр СП 25.13330.2010 «СНиП 2.02.04-88 Основания и фундаменты на вечномерзлых грунтах»

Информация об изменениях к настоящему своду правил публикуется в ежегодно издаваемом информационном указателе «Национальные стандарты», а текст изменений и поправок – в ежемесячно издаваемых информационных указателях «Национальные стандарты». В случае пересмотра (замены) или отмены настоящего свода правил соответствующее уведомление будет опубликовано в ежемесячно издаваемом информационном указателе «Национальные стандарты». Соответствующая информация, уведомление и тексты размещаются также в информационной системе общего пользования – на официальном сайте разработчика (Минрегион России) в сети Интернет

© Минрегион России, 2011

Настоящий нормативный документ не может быть полностью или частично воспроизведен, тиражирован и распространен в качестве официального издания на территории Российской Федерации без разрешения Минрегиона России

Содержание

1 Область применения ... 1
2 Нормативные ссылки ... 1
3 Определения ... 2
4 Общие положения ... 2
5 Характеристики многолетнемерзлых грунтов оснований ... 4
6 Основные положения проектирования оснований и фундаментов ... 6
6.1 Принципы использования многолетнемерзлых грунтов в качестве основания ... 6
6.2 Глубина заложения фундаментов ... 7
6.3 Устройство оснований и фундаментов при использовании многолетнемерзлых грунтов по принципу I ... 8
6.4 Устройство оснований и фундаментов при использовании многолетнемерзлых грунтов по принципу II ... 11
6.5 Требования к инженерной подготовке территории ... 13
7 Расчет оснований и фундаментов ... 15
7.1 Общие указания ... 15
7.2 Расчет оснований и фундаментов при использовании многолетнемерзлых грунтов по принципу I ... 16
7.3 Расчет оснований и фундаментов при использовании многолетнемерзлых грунтов по принципу II ... 24
7.4 Расчет оснований и фундаментов по устойчивости и прочности на воздействие сил морозного пучения ... 29
8 Особенности проектирования оснований и фундаментов на сильнольдистых многолетнемерзлых грунтах и подземных льдах ... 32
9 Особенности проектирования оснований и фундаментов на засоленных многолетнемерзлых грунтах ... 34
10 Особенности проектирования оснований и фундаментов на заторфованных многолетнемерзлых грунтах ... 36
11 Особенности проектирования оснований и фундаментов на многолетнемерзлых грунтах в сейсмических районах ... 36
12 Особенности проектирования оснований и фундаментов мостов и труб под насыпями ... 38
13 Особенности проектирования оснований и фундаментов нефтегазопроводов на многолетнемерзлых грунтах ... 42
14 Особенности проектирования оснований и фундаментов на склонах ... 43
15 Геотехнический мониторинг при строительстве и эксплуатации сооружений на многолетнемерзлых грунтах ... 47
16 Экологические требования при проектировании и устройстве оснований и фундаментов на многолетнемерзлых грунтах ... 48
Приложение А (обязательное) Термины и определения ... 50
Приложение Б (рекомендуемое) Физические и теплофизические характеристики многолетнемерзлых грунтов ... 52
Приложение В (рекомендуемое) Расчетные значения прочностных характеристик мерзлых грунтов ... 60
Приложение Г (обязательное) Среднегодовая температура и глубина сезонного оттаивания и промерзания грунта ... 70
Приложение Д (обязательное) Расчет температурного режима вентилируемого подполья ... 76

Приложение Е (обязательное) Расчет оснований при строительстве по способу стабилизации верхней поверхности многолетнемерзлых грунтов 79
Приложение Ж (рекомендуемое) Расчет свайных фундаментов на действие горизонтальных нагрузок и воздействий 81
Приложение И (рекомендуемое) Расчет осадок оснований, сложенных сильнольдистыми грунтами и подземным льдом 83
Приложение К (рекомендуемое) Расчет глубины оттаивания грунтов под сооружениями 88
Приложение Л (рекомендуемое) Определение механических свойств и несущей способности оснований свай в многолетнемерзлых грунтах по результатам статического зондирования 94
Приложение М (обязательное) Контролируемые параметры при геотехническом мониторинге 98
Приложение Н (справочное) Расчет глубины оттаивания и промерзания в основании подземных и наземных магистральных трубопроводов на многолетнемерзлых грунтах 103
Приложение П (обязательное) Определение температурного коэффициента 108
Приложение Р (справочное) Основные буквенные обозначения величин 113
Библиография 117

Введение

Настоящий свод правил является актуализированной редакцией СНиП 2.02.04-88 «Основания и фундаменты на вечномерзлых грунтах» Основанием для разработки нормативного документа является Федеральный закон от 30 декабря 2009 г. № 384-ФЗ «Технический регламент о безопасности зданий и сооружений».

Актуализация выполнена сотрудниками НИИОСП им. Н.М. Герсеванова – институтом ОАО «НИЦ «Строительство» (д-р техн. наук *В.П. Петрухин*, канд. техн. наук *О.А. Шулятьев, В.Е. Конаш* – руководители темы; доктора техн. наук *Б.В Бахолдин, Л.Р. Ставницер*; кандидаты техн. наук: *А.Г. Алексеев, С.Г. Безволев, Г.И. Бондаренко, И.И. Журавлев, О.Н. Исаев*), МГУ им. М.В. Ломоносова (д-р техн. наук *Л.Н. Хрусталев* и доктора геол.-минерал. наук *И.А. Комаров, Л.Т. Роман*) и ОАО «Фундаментпроект» (кандидаты техн. наук *В.И. Аксенов и Н.Б. Кутвицкая*).

СВОД ПРАВИЛ

ОСНОВАНИЯ И ФУНДАМЕНТЫ НА ВЕЧНОМЕРЗЛЫХ ГРУНТАХ

Soil bases and foundations on permafrost soils

Дата введения 2013–01–01

1 Область применения

Настоящий свод правил распространяется на проектирование оснований и фундаментов зданий и сооружений, возводимых на территории распространения вечномерзлых (многолетнемерзлых) грунтов.

Настоящий свод правил, кроме 4.1–5.7, не распространяется на проектирование оснований гидротехнических сооружений, земляного полотна автомобильных и железных дорог, аэродромных покрытий и фундаментов машин с динамическими нагрузками.

2 Нормативные ссылки

В настоящем своде правил приведены ссылки на следующие нормативные документы:

СП 14.13330.2011	«СНиП II-7-81* Строительство в сейсмических районах»
СП 20.13330.2011	«СНиП 2.01.07-85* Нагрузки и воздействия»
СП 22.13330.2011	«СНиП 2.02.01-83* Основания зданий и сооружений»
СП 24.13330.2011	«СНиП 2.02.03-85 Свайные фундаменты»
СП 28.13330.2012	«СНиП 2.03.11-85 Защита строительных конструкций от коррозии»
СП 35.13330.2011	«СНиП 2.05.03-84* Мосты и трубы»
СП 36.13330.2012	«СНиП 2.05.06-85* Магистральные трубопроводы»
СП 47.13330.2012	«СНиП 11-02-96 Инженерные изыскания для строительства. Основные положения»
СП 50.13330.2012	«СНиП 23-02-2003 Тепловая защита зданий»
СП 63.13330.2012	«СНиП 52-01-2003 Бетонные и железобетонные конструкции. Основные положения»
СП 64.13330.2011	«СНиП II-25-80 Деревянные конструкции»
СП 116.13330.2012	«СНиП 22-02-2003 Инженерная защита территорий, зданий и сооружений от опасных геологических процессов. Основные положения»
СП 131.13330.2012	«СНиП 23-01-99 Строительная климатология»
ГОСТ Р 53582–2009	Грунты. Метод определения сопротивления сдвигу оттаивающих грунтов
ГОСТ Р 54257–2010	Надежность строительных конструкций и оснований. Основные положения и требования
ГОСТ 5686–94	Грунты. Методы полевых испытаний сваями
ГОСТ 12248–96	Грунты. Методы лабораторного определения характеристик прочности и деформируемости

Издание официальное

ГОСТ 19912–2001 Грунты. Методы полевых испытаний статическим и динамическим зондированием
ГОСТ 20276–99 Грунты. Методы полевого определения характеристик прочности и деформируемости
ГОСТ 20522–96 Грунты. Методы статистической обработки результатов испытаний
ГОСТ 24586–90 Грунты. Методы лабораторного определения характеристик прочности и деформируемости мерзлых грунтов
ГОСТ 24846–81 Грунты. Методы измерения деформаций оснований зданий и сооружений
ГОСТ 24847–81 Грунты. Метод определения глубины сезонного промерзания
ГОСТ 25100–95 Грунты. Классификация
ГОСТ 25358–82 Грунты. Метод полевого определения температуры
ГОСТ 26262–84 Грунты. Метод полевого определения глубины сезонного оттаивания
ГОСТ 27217–87 Грунты. Метод полевого определения удельных касательных сил морозного пучения
ГОСТ 28622–90 Грунты. Метод лабораторного определения степени пучинистости
ГОСТ 30416–96 Грунты. Лабораторные испытания. Общие положения
ГОСТ 30672–99 Грунты. Полевые испытания. Общие положения

Примечание – При пользовании настоящим сводом правил 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 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 сводом правил 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

Определения основных терминов приведены в приложении А.

4 Общие положения

4.1 Основания и фундаменты зданий и сооружений[1], возводимых на территории распространения многолетнемерзлых грунтов, следует проектировать на основе результатов специальных инженерно-геологических изысканий, включающих специальные геокриологические и гидрогеологические изыскания с учетом конструктивных и технологических особенностей проектируемых сооружений, их теплового и механического взаимодействия с многолетнемерзлыми грунтами оснований и возможных изменений геокриологических условий в результате строительства и эксплуатации сооружений и освоения территории, устанавливаемых по данным инженерных изысканий и теплотехнических расчетов оснований.

[1] Далее вместо термина «здания и сооружения» используется термин «сооружения», в число которых входят также подземные сооружения.

4.2 Исходные данные для проектирования должны сообщаться в необходимом и достаточном объеме, регистрироваться и интерпретироваться специалистами, обладающими соответствующей квалификацией и опытом.

Проектирование должно выполняться квалифицированным персоналом, имеющим соответствующий опыт проектирования и строительства на многолетнемерзлых грунтах. При этом должны быть обеспечены координация и связь между ними и специалистами по инженерным изысканиям.

Используемые материалы и изделия должны удовлетворять требованиям проекта для северной строительно-климатической зоны.

Техническое обслуживание сооружения при эксплуатации и связанных с ним инженерных систем должно строго выполняться и обеспечить его безопасность и рабочее состояние на весь срок эксплуатации.

При проектировании оснований и фундаментов на многолетнемерзлых грунтах следует учитывать местные условия строительства, требования к охране окружающей среды, а также имеющийся опыт проектирования, строительства и эксплуатации сооружений в аналогичных условиях.

Выбор строительных площадок и проектных решений оснований и фундаментов следует производить на основании технико-экономического сравнения возможных вариантов с оценкой их по приведенным затратам с учетом надежности.

4.3 Инженерные изыскания для строительства на многолетнемерзлых грунтах надлежит проводить в соответствии с СП 47.13330 и другими нормативными документами по инженерным изысканиям и исследованиям грунтов для строительства. Требования к инженерным изысканиям на многолетнемерзлых грунтах приведены также в [3].

Проектирование оснований без достаточного инженерно-геологического обоснования не допускается.

4.4 При возведении нового объекта или реконструкции существующего сооружения на застроенной территории необходимо учитывать его воздействие на окружающую застройку с целью сохранения расчетного температурного режима многолетнемерзлых грунтов прилегающих территорий и предотвращения недопустимых деформаций существующих сооружений.

4.5 Соответствие состояния грунтов основания и фундаментов проектным требованиям при сдаче сооружения в эксплуатацию должно быть подтверждено результатами натурных наблюдений, выполненных в период строительства согласно регламенту геотехнического мониторинга.

4.6 При проектировании оснований и фундаментов уникальных зданий и сооружений или их реконструкции, а также сооружений I уровня ответственности, в том числе реконструируемых в условиях окружающей застройки, необходимо предусматривать научно-техническое сопровождение строительства.

Научно-техническое сопровождение представляет собой комплекс работ научно-аналитического, методического, информационного, экспертно-контрольного и организационного характера, осуществляемых в процессе изысканий, проектирования и строительства в целях обеспечения надежности сооружений с учетом применения нестандартных расчетных методов, конструктивных и технологических решений.

4.7 Состав работ по научно-техническому сопровождению инженерных изысканий, проектирования и строительства оснований и фундаментов должен определяться генеральным проектировщиком и согласовываться заказчиком строительства. В состав работ научно-технического сопровождения следует включать:

разработку рекомендаций к программе инженерно-геологических и инженерно-экологических изысканий;

оценку и анализ материалов инженерных изысканий;

разработку нестандартных методов расчета и анализа;

прогноз состояния оснований и фундаментов проектируемого объекта с учетом всех возможных видов воздействий;

прогноз влияния строительства на окружающую застройку, геологическую среду и экологическую обстановку;

разработку регламента геотехнического и экологического мониторинга;

разработку технологических регламентов на специальные виды работ;

выполнение опытно-исследовательских и конструкторских работ;

обобщение и анализ результатов всех видов геотехнического мониторинга, их сопоставление с результатами прогноза;

оперативную разработку рекомендаций или корректировку проектных решений на основании данных геотехнического мониторинга при выявлении отклонений от результатов прогноза.

5 Характеристики многолетнемерзлых грунтов оснований

5.1 Подразделение и наименование разновидностей многолетнемерзлых грунтов следует производить в соответствии с ГОСТ 25100 с учетом особенностей их физико-механических свойств как оснований сооружений.

5.2 По особенностям физико-механических свойств среди многолетнемерзлых грунтов должны выделяться сильнольдистые, засоленные и заторфованные грунты, использование которых в качестве оснований сооружений регламентируется дополнительными требованиями, предусмотренными разделами 8, 9 и 10, а также твердомерзлые, пластично-мерзлые и сыпучемерзлые грунты, выделяемые согласно 5.3.

5.3 Подразделение грунтов на твердомерзлые, пластично-мерзлые и сыпучемерзлые при проектировании оснований и фундаментов следует производить в зависимости от их состава, температуры и степени влажности в соответствии с ГОСТ 25100 с учетом сжимаемости под нагрузкой.

К твердомерзлым следует относить практически несжимаемые грунты с коэффициентом сжимаемости $m_f \leq 0{,}01$ МПа$^{-1}$, к пластично-мерзлым – грунты с коэффициентом сжимаемости $m_f > 0{,}01$ МПа$^{-1}$.

5.4 Необходимые для расчета оснований и фундаментов физические и деформационно-прочностные характеристики многолетнемерзлых грунтов надлежит определять на основании их непосредственных полевых или лабораторных испытаний.

5.5 В состав определяемых для расчета многолетнемерзлых оснований физических и механических характеристик грунтов помимо предусмотренных характеристик должны дополнительно входить:

а) физические и теплофизические характеристики мерзлых грунтов, определяемые в соответствии с приложением Б;

б) деформационные и прочностные характеристики грунтов для расчета мерзлых оснований по деформациям и несущей способности: коэффициент сжимаемости мерзлого грунта m_f (7.2.16), расчетное давление R и сопротивление мерзлого грунта или грунтового раствора сдвигу по поверхности смерзания R_{af} и R_{sh}, сопротивление сдвигу льда по поверхности смерзания с грунтом или грунтовым раствором R_{shi} (7.2.3);

в) деформационные характеристики грунтов для расчета оттаивающего основания по деформациям: коэффициенты оттаивания A_{th} и сжимаемости m_{th} оттаивающего грунта и его относительная осадка ξ_{th} (7.3.8);

г) прочностные характеристики для мерзлых грунтов и их контактов c_L и φ_L определяются по результатам длительных испытаний (ГОСТ 12248), c_{sh} и φ_{sh} – по результатам неконсолидированно-недренированного и консолидированно-недренированного среза оттаивающего грунта (ГОСТ Р 53582);

д) характеристики грунтов слоя сезонного промерзания–оттаивания для расчета оснований и фундаментов на воздействие сил морозного пучения грунтов (7.4.3 и 7.4.6): относительная деформация морозного пучения ε_{fh}, расчетная удельная касательная сила пучения τ_{fh} и удельное нормальное давление пучения грунта на подошву фундамента p_{fh}, а также характеристики мерзлых грунтов для расчета оснований на горизонтальные статические и сейсмические воздействия (11.5 и 11.6).

При необходимости следует определять и другие характеристики мерзлых грунтов, характеризующие особенности их состояния или взаимодействия с фундаментами (вид криогенной текстуры, коэффициент вязкости η, эквивалентное сцепление c_{eq}, скорость вязкопластического течения льда v_i, относительная деформация морозного пучения, нормальные и касательные силы морозного пучения, удельное отрицательное трение оттаивающего грунта на боковой поверхности f_n и т. п.).

5.6 Нормативные значения характеристик грунта следует устанавливать для выделенных при изысканиях инженерно-геологических элементов на основании статистической обработки результатов экспериментальных определений в соответствии с ГОСТ 20522 и СП 22.13330 с учетом предусмотренного проектом состояния и температуры грунтов основания.

5.7 Расчетные значения характеристик грунта определяются по формуле

$$\chi = \chi_n/\gamma_g, \qquad (5.1)$$

где χ и χ_n – соответственно расчетное и нормативное значения данной характеристики;

γ_g – коэффициент надежности по грунту, определяемый согласно указаниям 5.8.

5.8 Коэффициент надежности по грунту γ_g определяется в соответствии с ГОСТ 20522 с учетом вида (назначения) определяемой расчетной характеристики, состояния грунтов в основании сооружения и доверительной вероятности α.

При определении расчетных значений деформационных и прочностных характеристик грунтов, используемых в качестве основания в мерзлом состоянии (принцип I), коэффициент надежности по грунту γ_g устанавливается в соответствии с ГОСТ 20522 при доверительной вероятности α, принимаемой равной 0,85, а для оснований опор мостов и линий электропередачи – 0,9.

При определении расчетных значений деформационных и прочностных характеристик грунтов, используемых в качестве основания в оттаивающем или оттаянном состоянии (принцип II), коэффициент надежности по грунту γ_g следует устанавливать:

а) для расчета оттаивающих оснований по деформациям с учетом совместной работы сооружения (фундаментов) и деформируемого основания (7.3.5) – в соответствии с ГОСТ 20522 при доверительной вероятности α, принимаемой в соответствии с нормами проектирования конструкций сооружения, но не менее 0,95;

б) для расчета оттаивающих оснований по деформациям без учета совместной работы основания и сооружения (7.3.4), а также при предварительном оттаивании

грунтов (7.3.10) – при доверительной вероятности α, принимаемой согласно СП 22.13330.

При определении расчетных значений физических и теплофизических характеристик грунтов коэффициент надежности по грунту γ_g допускается принимать равным 1,0.

5.9 Для расчета оснований сооружений II и III уровней ответственности, возводимых с сохранением мерзлого состояния грунтов, а также для выполнения предварительных расчетов оснований и привязки типовых проектов к местным условиям, расчетные значения прочностных характеристик мерзлых грунтов R, R_{af}, R_{sh} и R_{shi} допускается принимать по их физическим характеристикам, составу и температуре в соответствии с табличными данными, приведенными в приложении В; расчетные значения теплофизических характеристик грунтов в этих случаях допускается принимать по таблицам приложения Б.

Примечание – Здесь и далее уровень ответственности сооружений принят согласно ГОСТ Р 54257.

6 Основные положения проектирования оснований и фундаментов

6.1 Принципы использования многолетнемерзлых грунтов в качестве основания

6.1.1 При строительстве на многолетнемерзлых грунтах в зависимости от конструктивных и технологических особенностей зданий и сооружений, инженерно-геокриологических условий и возможности целенаправленного изменения свойств грунтов основания применяется один из следующих принципов использования многолетнемерзлых грунтов в качестве основания сооружений:

принцип I – многолетнемерзлые грунты основания используются в мерзлом состоянии, сохраняемом в процессе строительства и в течение всего периода эксплуатации сооружения;

принцип II – многолетнемерзлые грунты основания используются в оттаянном или оттаивающем состоянии (с их предварительным оттаиванием на расчетную глубину до начала возведения сооружения или с допущением их оттаивания в период эксплуатации сооружения).

6.1.2 Принцип I следует применять, если грунты основания можно сохранить в мерзлом состоянии при экономически целесообразных затратах на мероприятия, обеспечивающие сохранение такого состояния. На участках с твердомерзлыми грунтами, а также при повышенной сейсмичности района следует принимать, как правило, использование многолетнемерзлых грунтов по принципу I.

При строительстве на пластично-мерзлых грунтах следует, как правило, предусматривать мероприятия по понижению температуры грунтов (6.3.1– 6.3.4) до установленных расчетом значений, а также учитывать в расчетах оснований пластические деформации этих грунтов под нагрузкой согласно указаниям 7.2.15 – 7.2.17.

6.1.3 Принцип II следует применять при наличии в основании скальных или других малосжимаемых грунтов, деформация которых при оттаивании не превышают предельно допустимых значений для проектируемого сооружения, при несплошном распространении многолетнемерзлых грунтов, а также в тех случаях, когда по техническим и конструктивным особенностям сооружения и инженерно-

геокриологическим условиям участка при сохранении мерзлого состояния грунтов основания не обеспечивается требуемый уровень надежности строительства.

6.1.4 Выбор принципа использования многолетнемерзлых грунтов в качестве основания сооружений, а также способов и средств, необходимых для обеспечения принятого в проекте температурного режима грунтов, следует производить на основании сравнительных технико-экономических расчетов.

6.1.5 В пределах застраиваемой территории (промышленный узел, поселок, городской микрорайон и т.д.) надлежит предусматривать, как правило, один принцип использования многолетнемерзлых грунтов в качестве оснований. Это требование следует учитывать также при проектировании новых и реконструкции существующих зданий и сооружений на застроенной территории, размещении мобильных (временных) зданий и прокладке инженерно-технических сетей.

Применение разных принципов использования многолетнемерзлых грунтов в пределах застраиваемой территории допускается на обособленных по рельефу и другим природным условиям участках, а в необходимых случаях – на природно-необособленных участках, если предусмотрены и подтверждены расчетом специальные меры по обеспечению расчетного теплового режима грунтов в основании соседних зданий, возведенных (или возводимых) по принципу I (резервирование зон безопасности, устройство мерзлотных и противофильтрационных завес и т. п.).

6.1.6 Линейные сооружения допускается проектировать с применением на отдельных участках трассы разных принципов использования многолетнемерзлых грунтов в качестве основания. При этом следует предусматривать меры по приспособлению их конструкций к неравномерным деформациям основания в местах перехода от одного участка к другому, а при прокладке их в пределах застраиваемой территории следует соблюдать требования, предусмотренные 6.1.5.

6.2 Глубина заложения фундаментов

6.2.1 Глубина заложения фундаментов, считая от уровня планировки (подсыпки или срезки), назначается с учетом требований СП 22.13330 и принятого принципа использования многолетнемерзлых грунтов в качестве основания сооружения и должна проверяться расчетом по устойчивости фундаментов на действие сил морозного пучения грунтов согласно указаниям 7.4.2 и 7.4.6.

6.2.2 При использовании многолетнемерзлых грунтов в качестве основания по принципу I минимальную глубину заложения фундаментов $d_{\min}$ рекомендуется принимать по таблице 6.1 в зависимости от расчетной глубины сезонного оттаивания грунта d_{th}, определяемой согласно приложению Г.

Таблица 6.1

Фундаменты	Минимальная глубина заложения фундаментов $d_{\min}$, м
Фундаменты всех типов, кроме свайных	$d_{th} + 1$
Свайные фундаменты зданий и сооружений	$d_{th} + 2$
Сваи опор мостов	$d_{th} + 4$
Фундаменты зданий и сооружений, возводимых на подсыпках	Не нормируется

6.2.3 При использовании многолетнемерзлых грунтов в качестве основания по принципу II минимальную глубину заложения фундаментов $d_{\min}$ следует принимать в соответствии с требованиями СП 22.13330 в зависимости от расчетной глубины

сезонного промерзания грунта d_f, определяемой согласно приложению Г, и уровня подземных вод, который принимается с учетом образования под сооружением зоны оттаивания грунта.

Допускается закладывать фундаменты в слое сезонного промерзания–оттаивания грунта, если это обосновано расчетом оснований и фундаментов (7.4.6).

6.3 Устройство оснований и фундаментов при использовании многолетнемерзлых грунтов по принципу I

6.3.1 При использовании многолетнемерзлых грунтов в качестве оснований сооружений по принципу I для сохранения мерзлого состояния грунтов основания и обеспечения их расчетного теплового режима в проектах оснований и фундаментов необходимо предусматривать: устройство вентилируемых подполий или холодных первых этажей зданий (6.3.2), укладку в основании сооружения вентилируемых труб, каналов или применение вентилируемых фундаментов (6.3.3), установку сезоннодействующих охлаждающих устройств жидкостного или парожидкостного типов – СОУ (6.3.4), а также осуществление других мероприятий (теплозащитные экраны и др.) по устранению или уменьшению теплового воздействия сооружения на мерзлые грунты основания.

Выбор одного или сочетания нескольких мероприятий должен производиться на основании расчетов: прогнозного (на весь период эксплуатации) теплотехнического, устойчивости и несущей способности с учетом конструктивных и технологических особенностей сооружения, опыта местного строительства и экономической целесообразности.

6.3.2 Вентилируемые подполья с естественной или побудительной вентиляцией следует применять для сохранения мерзлого состояния грунтов в основаниях жилых и промышленных зданий и сооружений, в том числе сооружений с повышенными тепловыделениями. Требуемый тепловой режим вентилируемого подполья устанавливается теплотехническим расчетом согласно приложению Д.

Подполья в соответствии с теплотехническим расчетом и условиями снегозаносимости допускается устраивать открытыми, с вентилируемыми или закрытыми продухами в цоколе здания; при необходимости у продухов следует устраивать вытяжные или приточные трубы, располагая воздухозаборные отверстия выше наибольшего уровня снегового покрова. Закрытые подполья, а также холодные первые этажи зданий рекомендуется устраивать при ширине зданий до 15 м и среднегодовых температурах грунта ниже минус 2 °С.

Высота подполья должна приниматься по условиям обеспечения его вентилирования, но не менее 1,2 м от поверхности грунта в подполье до низа выступающих конструкций перекрытия; при размещении в подполье коммуникаций – по условиям свободного к ним доступа, но не менее 1,4 м. Под отдельными участками сооружения шириной до 6 м при отсутствии в них коммуникаций и фундаментов высоту подполья допускается уменьшать до 0,6 м.

Поверхность грунта в подполье должна быть спланирована с уклонами в сторону наружных отмосток или водосборов, обеспечивающих беспрепятственный отвод воды от сооружения, и иметь, как правило, твердое покрытие.

Инженерные тепловыделяющие коммуникации, размещаемые в вентилируемом подполье, должны быть теплоизолированы.

6.3.3 Вентилируемые трубы или каналы, а также вентилируемые фундаменты можно устраивать с естественной или побудительной вентиляцией и их следует

преимущественно применять для сохранения мерзлого состояния грунтов в основании сооружений с полами по грунту, при устройстве малозаглубленных или поверхностных фундаментов на подсыпках, а также мобильных зданий и зданий в комплектно-блочном исполнении.

Вентилируемые трубы, каналы и вентилируемые фундаменты следует укладывать выше уровня подземных вод, как правило, в пределах подсыпки из непучинистого грунта с уклонами в сторону объединительных коллекторов. Для уменьшения теплопритока в грунт и высоты подсыпки под полами сооружения следует предусматривать укладку тепло- и гидроизоляции.

Теплотехнический расчет оснований при использовании указанных систем охлаждения грунтов следует производить согласно указаниям 7.2.9.

6.3.4 Сезоннодействующие охлаждающие устройства следует применять для сохранения мерзлого состояния грунтов оснований, для повышения несущей способности опор линейных сооружений в пластично-мерзлых грунтах, а также для создания ледогрунтовых завес, восстановления нарушенного при эксплуатации сооружения теплового режима грунтов в его основании и в других целях.

6.3.5 Для сокращения сроков строительства и повышения расчетных нагрузок на фундаменты следует предусматривать предварительное (до возведения сооружения) охлаждение высокотемпературных и пластично-мерзлых грунтов (путем очистки поверхности от снега, с помощью СОУ и т. д.) при последующем поддержании расчетного температурного режима грунтов за счет постоянно действующих охлаждающих устройств.

6.3.6 На участках, где слой сезонного промерзания–оттаивания не сливается с многолетнемерзлым грунтом, необходимо предусматривать меры по стабилизации или поднятию верхней поверхности многолетнемерзлого грунта до расчетного уровня путем предварительного охлаждения и промораживания грунтов основания. Глубину заложения фундаментов при этом следует определять расчетом, но принимать не менее 2 м от верхней поверхности многолетнемерзлого грунта. Допускается закладывать фундаменты в пределах немерзлого слоя грунта, если это обосновано расчетом основания.

6.3.7 При использовании многолетнемерзлых грунтов в качестве оснований по принципу I могут применяться свайные, столбчатые и другие типы фундаментов, в том числе фундаменты на искусственных (насыпных и намывных) основаниях. Выбор типа фундамента и способа устройства основания устанавливается проектом в зависимости от инженерно-геокриологических условий строительства, конструктивных особенностей сооружения и технико-экономической целесообразности.

6.3.8 Конструкции фундаментов должны удовлетворять требованиям, предъявляемым к материалу фундаментов по прочности в соответствии с требованиями СП 24.13330, СП 28.13330, СП 35.13330, а элементы фундаментов, находящиеся в пределах слоя сезонного промерзания и оттаивания грунта и выше – также требованиям по морозостойкости, водонепроницаемости и устойчивости к воздействию агрессивных сред в соответствии с требованиями СП 28.13330 и СП 35.13330. Металлические и деревянные конструкции фундаментов в слое сезонного промерзания и оттаивания грунта должны быть защищены от коррозии и гниения.

6.3.9 При устройстве свайных фундаментов в многолетнемерзлых грунтах допускается применять виды и конструкции свай, предусмотренные СП 24.13330, в том числе буронабивные, сваи-оболочки, а также составные (комбинированные) сваи из разных материалов.

6.3.10 В проекте свайных фундаментов должны быть указаны способы погружения свай, а также температурные условия, при которых разрешается загружение свай.

Полые сваи и сваи–оболочки, не требующие по расчету бетонного заполнения, допускается заполнять бетоном класса не ниже В7,5, а в пределах слоя сезонного промерзания–оттаивания и выше – бетоном класса не ниже В15 с соблюдением требований по предотвращению образования трещин, кроме опор мостов, при устройстве которых в зоне воздействия знакопеременных температур следует руководствоваться требованиями СП 24.13330.

При устройстве буронабивных свай в многолетнемерзлых грунтах, используемых в качестве оснований по принципу I, применение химических добавок для ускорения твердения бетона, уложенного в распор с мерзлым грунтом, как правило, не допускается.

6.3.11 По условиям применимости и способам погружения в многолетнемерзлый грунт сваи подразделяются на:

а) буроопускные – сваи сплошные и полые, свободно погружаемые в скважины, диаметр которых превышает (не менее чем на 5 см) размер их наибольшего поперечного сечения, с заполнением свободного пространства раствором цементно-песчаным, глинисто-песчаным, известково-песчаным или другого состава по проекту, принимаемым по условиям обеспечения заданной прочности смерзания сваи с грунтом; допускаются к применению в любых грунтах при средней температуре грунта по длине сваи минус 0,5 °С и ниже, полезную нагрузку на буроопускную сваю можно передавать только после полного замерзания раствора;

б) опускные – сваи сплошные и полые, свободно (или с пригрузом) погружаемые в оттаянный грунт в зоне диаметром до двух наибольших поперечных размеров сваи; допускаются к применению в твердомерзлых грунтах песчаных и глинистых, содержащих не более 15 % крупнообломочных включений при средней температуре грунта по длине сваи не выше минус 1,5 °С;

в) бурозабивные (забивные) – сваи сплошные и полые, рассчитанные на восприятие ударных нагрузок и погружаемые забивкой в лидерные скважины (без лидерных скважин), диаметр которых меньше наибольшего поперечного сечения сваи; допускаются к применению в пластично-мерзлых грунтах с содержанием крупнообломочных включений до 10 % на основании пробных погружений свай на данной площадке;

г) бурообсадные – полые сваи и сваи-оболочки, погружаемые в грунт путем его разбуривания в забое через полость сваи с периодическим осаживанием погружаемой сваи; применяются при устройстве свайных фундаментов в сложных инженерно-геокриологических условиях и при наличии межмерзлотных подземных вод.

Допускается применять другие способы погружения свай в многолетнемерзлые грунты, если это не приводит к недопустимому повышению температуры грунтов основания, что должно быть подтверждено экспериментальными данными и теплотехническим расчетом.

6.3.12 Расстояние между осями свай следует принимать равным:

для буроопускных и бурообсадных свай – не менее двух диаметров скважины при ее диаметре до 1 м включительно и не менее диаметра скважины плюс 1 м при ее диаметре 1 м и более;

для опускных, бурозабивных и забивных свай – не менее трех наибольших размеров поперечного сечения сваи.

Размещение свай в плане, их число, размеры и способы устройства ростверков назначаются в зависимости от конструкции здания, размещения технологического оборудования и нагрузок на фундаменты в соответствии с требованиями СП 24.13330 с учетом расчетной несущей способности свай, определяемой согласно 7.2.2, высоты холодного подполья (6.3.2) и температурно-влажностных воздействий; укладка ростверков по грунту или с зазором менее 0,15 м от поверхности грунта, а для устоев мостов – менее 0,5 м не допускается.

6.3.13 Столбчатые или плитные фундаменты, возводимые на естественном многолетнемерзлом основании, следует устраивать сборно-монолитными и монолитными. Глубина заложения фундаментов, их размеры и несущая способность устанавливаются расчетом согласно указаниям 7.2.2 – 7.2.4, с учетом требований 6.2.1 и 6.2.2.

Обратную засыпку котлованов под фундаменты следует производить, как правило, влажным талым (непучинистым при промерзании) грунтом. При льдистости грунтов основания $i_l > 0,2$ под подошвой фундаментов следует устраивать песчаную подушку толщиной не менее 0,2 м.

6.3.14 При проектировании сооружений на искусственных основаниях (насыпях или подсыпках) следует предусматривать устройство фундаментов мелкого заложения (столбчатые, ленточные, плитные, с вентилируемыми каналами и др.). Фундаменты следует закладывать в пределах высоты подсыпки, определяемой теплотехническим расчетом с учетом дополнительных мероприятий по сохранению мерзлого состояния грунтов оснований, предусмотренных 6.3.3 и 6.3.13.

Подсыпку следует устраивать из непучинистого песчаного или крупнообломочного грунта, укладываемого после промерзания сезонноттаивающего слоя; допускается для устройства подсыпок применять шлаки или другие отходы производства, если их осадки под нагрузками от сооружений не больше расчетных, и если они не подвержены морознопу пучению и разрушению, растворению и размоканию.

При устройстве фундаментов на подсыпках основания и фундаменты следует рассчитывать по несущей способности и деформациям в соответствии с требованиями СП 22.13330 и с учетом результатов прогнозных теплотехнических расчетов.

6.4 Устройство оснований и фундаментов при использовании многолетнемерзлых грунтов по принципу II

6.4.1 При проектировании оснований и фундаментов зданий и сооружений, возводимых с использованием многолетнемерзлых грунтов по принципу II, следует предусматривать мероприятия по уменьшению деформаций основания (6.4.2) или мероприятия по приспособлению конструкций сооружения к восприятию неравномерных деформаций основания (6.4.5), назначаемые по результатам расчета основания по деформациям.

Выбор одного из указанных мероприятий или их сочетания производится на основании технико-экономического расчета. При этом мероприятия по уменьшению деформаций основания следует предусматривать в любом случае, если расчетные осадки сооружения превышают значения, допустимые по архитектурным и технологическим требованиям, а для сооружений, возводимых по типовым проектам, – также установленные для них предельные значения деформаций по условиям прочности и устойчивости конструкций.

Мероприятия по приспособлению конструкций сооружения к неравномерным деформациям оттаивающего основания следует назначать по результатам расчета совместной работы основания и сооружения.

6.4.2 Для уменьшения деформаций основания в зависимости от конкретных условий строительства следует предусматривать:

предварительное (до возведения сооружения) искусственное оттаивание и уплотнение грунтов основания;

замену льдистых грунтов основания талым или непросадочным при оттаивании песчаным или крупнообломочным грунтом;

ограничение глубины оттаивания мерзлых грунтов основания, в том числе со стабилизацией верхней поверхности многолетнемерзлого грунта в процессе эксплуатации сооружения;

увеличение глубины заложения фундаментов, в том числе с прорезкой льдистых грунтов и опиранием фундаментов на скальные или другие малосжимаемые при оттаивании грунты.

6.4.3 Глубину предварительного оттаивания или замены льдистых грунтов основания на малосжимаемые при оттаивании грунты следует устанавливать по результатам расчета основания по деформациям согласно указаниям 7.3.10.

Контуры зоны оттаивания или замены грунтов основания в плане должны выходить за контуры сооружения не менее чем на половину глубины предварительного оттаивания грунта.

Допускается принимать меньшую площадь предварительного оттаивания или замены грунтов в плане, а также производить локальное предварительное оттаивание грунтов под фундаментами (вместо сплошного оттаивания под всей площадью сооружения), если это обосновано расчетом основания по деформациям и устойчивости.

Оттаивание грунтов оснований можно производить способами электрооттаивания, пароотгаивания или за счет других источников тепла. При этом должны быть предусмотрены меры по обеспечению установленной проектом степени уплотнения оттаянного грунта.

6.4.4 Для ограничения глубины оттаивания грунтов в основании сооружения следует предусматривать устройство теплоизолирующих подсыпок и экранов, увеличение сопротивления теплопередаче полов первых этажей и другие мероприятия по уменьшению теплового влияния сооружения на грунты основания, а также стабилизацию верхней поверхности многолетнемерзлого грунта (в том числе при несливающемся сезоннопромерзающем слое) ниже глубины заложения подошвы фундаментов путем регулирования температуры воздуха в подпольях или технических этажах здания согласно приложению Е.

6.4.5 Приспособление конструкций сооружений к неравномерным деформациям основания должно обеспечиваться:

а) увеличением прочности и пространственной жесткости здания, достигаемой устройством поэтажных, связанных с перекрытиями железобетонных и армокирпичных поясов, усилением армирования конструкций, замоноличиванием сборных элементов перекрытия, усилением цокольно-фундаментной части, равномерным расположением сквозных поперечных стен, а также разрезкой протяженных зданий на отдельные отсеки длиной до полуторной ширины здания;

б) увеличением податливости и гибкости сооружения путем разрезки его конструкций деформационными швами, устройством шарнирных сопряжений

отдельных конструкций с учетом возможности их выравнивания и рихтовки технологического оборудования.

Допускается предусматривать комбинацию указанных мероприятий применительно к особенностям проектируемого сооружения. При этом, бескаркасные жилые и общественные здания следует, как правило, проектировать по жесткой конструктивной схеме; для промышленных сооружений могут применяться гибкие и комбинированные конструктивные схемы. Цокольно-фундаментную часть зданий в типовых проектах следует разрабатывать в нескольких вариантах, рассчитанных по прочности на разные пределы допустимых деформаций основания.

6.4.6 При использовании многолетнемерзлых грунтов в качестве оснований по принципу II следует, как правило, применять:

а) для сооружений с жесткой конструктивной схемой, возводимых на оттаивающих грунтах, – усиленные армопоясами ленточные фундаменты, в том числе в виде жестких перекрестных лент, воспринимающих и перераспределяющих усилия, вызванные неравномерной осадкой оттаивающего основания, а в необходимых случаях – плитные фундаменты; на предварительно оттаянных и уплотненных грунтах допускается применять столбчатые, ленточные и другие виды фундаментов на естественном основании, а также свайные фундаменты, если это обусловлено грунтовыми условиями;

б) для сооружений с гибкой конструктивной схемой – столбчатые и отдельно стоящие фундаменты под колонны, гибкие ленточные фундаменты, а в необходимых случаях также свайные фундаменты.

6.4.7 В случаях, когда в основании сооружений залегают скальные или другие малосжимаемые при оттаивании грунты, следует применять столбчатые фундаменты, свайные фундаменты из свай-стоек, в том числе из составных и буронабивных свай.

Сваи следует погружать, как правило, буроопускным способом в скважины, диаметр которых не менее чем на 15 см превышает наибольшие размеры поперечного сечения сваи, с заполнением свободного пространства цементно-песчаным или другим раствором по проекту. Заделку свай-стоек в скальные грунты надлежит производить в соответствии с требованиями СП 24.13330.

6.5 Требования к инженерной подготовке территории

6.5.1 В проекте оснований и фундаментов на многолетнемерзлых грунтах должны быть предусмотрены мероприятия по инженерной подготовке территории, обеспечивающие соблюдение расчетного гидрогеологического и теплового режима грунтов основания и предотвращение эрозии, развития термокарста и других физико-геологических процессов, приводящих к изменению проектного состояния грунтов в основании сооружений при их строительстве и эксплуатации, а также к недопустимым нарушениям природных условий окружающей среды. Разработку мероприятий надлежит проводить в соответствии с требованиями СП 116.13330. Требования к инженерно-экологическим изысканиям для строительства установлены в [1].

6.5.2 Инженерная подготовка отдельных строительных площадок должна быть увязана с общей инженерной подготовкой и вертикальной планировкой территории застройки в соответствии с генпланом и обеспечивать организованный отвод поверхностных, надмерзлотных и межмерзлотных вод и вод сезонноотгаивающего слоя с начала строительства и в течение эксплуатационного периода.

Подъездные пути и насыпи для прохождения транспортных средств и работы строительной техники следует устраивать до начала работ по возведению фундаментов.

6.5.3 На территории с многолетнемерзлыми грунтами вертикальную планировку местности следует производить, как правило, подсыпкой. При применении в необходимых случаях срезок и выемок грунта должны быть приняты меры по защите вскрытых льдистых грунтов от протаивания, размыва и оползания склонов. Подсыпку можно выполнять сплошной по всей застраиваемой территории или под отдельные сооружения или их группы при условии обеспечения свободного стока поверхностных вод.

6.5.4 При использовании многолетнемерзлых грунтов по принципу I подсыпку следует выполнять, как правило, в зимний период после промерзания сезонноотаявшего слоя грунта (не менее чем на 0,2 м), после предварительной очистки поверхности грунта от снега. Толщина и способ устройства подсыпок принимаются в зависимости от их назначения мерзлотно-грунтовых и гидрогеологических условий.

На участках с сильнольдистыми грунтами и подземными льдами следует устраивать сплошные по площади теплоизолирующие подсыпки или экраны, толщину которых необходимо устанавливать расчетом по условию предотвращения протаивания подстилающего льдистого грунта согласно указаниям 8.2 и исключения повышения природных температур многолетнемерзлых грунтов. Устройство подсыпок, используемых в качестве оснований сооружений, следует производить согласно указаниям 6.3.14.

При необходимости понижения природных температур сильнольдистых грунтов и подземных льдов в целях исключения процессов ползучести (приложение И) во время эксплуатационного периода, следует предусматривать активную термостабилизацию грунтов основания с помощью установки СОУ.

6.5.5 При использовании многолетнемерзлых грунтов в качестве оснований по принципу II вертикальную планировку допускается осуществлять подсыпками и выемками грунта. Подсыпки надлежит устраивать, как правило, по оттаянному грунту слоя сезонного промерзания–оттаивания. Выемки грунтов допускается выполнять на непросадочных при оттаивании грунтах или если предусмотрено предпостроечное оттаивание и уплотнение грунтов под сооружениями.

Уровень планировочных отметок, высоту подсыпок, глубины выемок грунтов, уклоны водоотводящей сети следует принимать с учетом расчетных осадок грунтов при оттаивании. В необходимых случаях (сильнольдистые, заторфованные или имеющие неравномерную льдистость грунты) следует осуществлять частичное оттаивание или замену грунтов верхнего льдистого слоя или устройство теплозащитных экранов согласно 6.4.4.

При высоком уровне подземных вод необходимо предусматривать меры по предотвращению обводнения заглубленных подвалов или технических этажей здания: поднятие уровня планировочных отметок, устройство дренажа, противофильтрационные завесы, в том числе льдогрунтовые и т. п. При проектировании противофильтрационных завес водный баланс подземных вод на застраиваемой территории должен быть сохранен.

6.5.6 В составе мероприятий по инженерной подготовке территории должны быть предусмотрены природоохранные мероприятия, направленные на восстановление нарушенных в процессе строительства природных условий, в соответствии с 16.4.

6.5.7 Для обеспечения устойчивости и эксплуатационной пригодности зданий и сооружений при прокладке наружных сетей систем водоснабжения, канализации, теплоснабжения следует предусматривать, как правило, тот же принцип использования многолетнемерзлых грунтов в качестве оснований, который принят для зданий и

сооружений, размещаемых на данной территории застройки. Применение различных принципов допускается при условии прокладки сетей, как правило, в каналах на таком расстоянии от зданий и сооружений, при котором не произойдет изменения расчетных температур оснований зданий и сооружений, или при применении других мер, предусмотренных 6.1.5.

Вводы и выпуски инженерных сетей в зданиях или сооружениях и прокладку этих сетей в подпольях и технических этажах следует осуществлять по принципу использования многолетнемерзлых грунтов, принятому для данного здания или сооружения. Конструкция вводов и выпусков должна быть такой, чтобы при использовании многолетнемерзлых грунтов в качестве основания по принципу I исключалась возможность местного оттаивания грунтов или повышения (против установленной в проекте) их расчетной температуры, а при использовании грунтов в качестве основания по принципу II – ускоренного местного оттаивания и, как следствие, увеличенной неравномерности деформации основания фундаментов.

7 Расчет оснований и фундаментов

7.1 Общие указания

7.1.1 При проектировании оснований и фундаментов сооружений, возводимых на многолетнемерзлых грунтах, следует выполнять теплотехнические расчеты основания и расчеты основания и фундаментов на силовые воздействия. В расчетах основания и фундаментов надлежит учитывать принцип использования многолетнемерзлых грунтов в качестве основания, тепловое и механическое взаимодействие сооружения и основания.

7.1.2 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, 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.

Фундаменты как элементы конструкций в зависимости от их материала следует рассчитывать в соответствии с требованиями СП 16.13330, СП 35.13330, СП 63.13330, СП 64.13330. Расчет указанных конструкций приведен также в [4] и [5].

7.1.3 Расчет оснований следует производить:

а) при использовании многолетнемерзлых грунтов по принципу I: по несущей способности – для твердомерзлых грунтов; по несущей способности и деформациям – для пластично-мерзлых и сильнольдистых грунтов, а также подземных льдов;

б) при использовании многолетнемерзлых грунтов по принципу II: по несущей способности – в случаях, предусмотренных СП 22.13330; по деформациям – во всех случаях, при этом для оснований, оттаивающих в процессе эксплуатации сооружения, расчет по деформациям надлежит производить из условия совместной работы основания и сооружения.

Расчет оснований по деформациям следует производить на основные сочетания нагрузок и воздействий; расчет по несущей способности – на основные и особые сочетания нагрузок и воздействий.

7.1.4 Нагрузки и воздействия, передаваемые на основания сооружением, следует устанавливать расчетом в соответствии с требованиями СП 20.13330 с учетом указаний СП 22.13330, СП 24.13330, а для оснований опор мостов и труб под насыпями – согласно СП 35.13330.

При использовании многолетнемерзлых грунтов по принципу I, если грунты основания находятся в твердомерзлом состоянии, а также в случаях, предусматриваемых СП 22.13330, нагрузки и воздействия на основание допускается назначать без учета их перераспределения надфундаментными конструкциями сооружения.

При использовании многолетнемерзлых грунтов в качестве основания по принципу II нагрузки на основание следует определять, как правило, с учетом совместной работы основания и сооружения.

7.1.5 Нагрузки и воздействия, которые по СП 20.13330 могут относиться как к длительным, так и к кратковременным, при расчете мерзлых оснований по несущей способности должны относиться к кратковременным, а при расчете оснований по деформациям – к длительным.

Воздействия, вызванные осадками грунтов при предусмотренном в проекте оттаивании их в процессе эксплуатации сооружения, следует относить к длительным; воздействия, связанные с возможным протаиванием и просадками грунтов при нарушениях эксплуатационного режима сооружения, – к особым.

7.2 Расчет оснований и фундаментов при использовании многолетнемерзлых грунтов по принципу I

7.2.1 Расчет оснований фундаментов по первой группе предельных состояний (по несущей способности) производится исходя из условия

$$F \le F_u/\gamma_n, \qquad (7.1)$$

где F – расчетная нагрузка на основание;

F_u – несущая способность основания, определяемая расчетом (7.2.2), а для оснований свайных фундаментов – дополнительно и по данным полевых испытаний свай (7.2.11) и статического зондирования (приложение Л);

γ_n – коэффициент надежности по ответственности сооружения, принимаемый в соответствии с требованиями СП 22.13330 в зависимости от вида и уровня ответственности сооружения, а для оснований опор мостов – согласно СП 35.13330 и указаниям 12.13.

7.2.2 Несущая способность основания F_u, кН, вертикально нагруженной висячей сваи или столбчатого фундамента определяется по формуле

$$F_u = \gamma_t \gamma_c (RA + \sum_{i=1}^{n} R_{af,i} A_{af,i}), \qquad (7.2)$$

где γ_t – температурный коэффициент, учитывающий изменения температуры грунтов основания из-за случайных изменений температуры наружного воздуха, определяется по указаниям приложения П;

γ_c – коэффициент условий работы основания, принимаемый по указаниям 7.2.4;

R – расчетное сопротивление мерзлого грунта под нижним концом сваи или под подошвой столбчатого фундамента, кПа, определяется согласно указаниям 7.2.3;

A – площадь подошвы столбчатого фундамента или площадь опирания сваи на грунт, м^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 сваи или столбчатого фундамента в пределах (i-го слоя грунта, кПа, определяемое согласно указаниям 7.2.3;

$A_{af,i}$ – 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;

n – число выделенных при расчете слоев многолетнемерзлого грунта.

Примечания

1 При расчете несущей способности основания столбчатого фундамента силы смерзания грунта, определяемые вторым слагаемым формулы (7.2), учитываются только при условии выполнения обратной засыпки пазух котлована влажным грунтом, что должно быть отмечено в проекте.

2 В случаях, когда слой сезонного промерзания – оттаивания не сливается с многолетнемерзлым грунтом, несущую способность свай в пределах немерзлого слоя грунта допускается учитывать по СП 24.13330. При этом должны быть предусмотрены меры по стабилизации верхней поверхности многолетнемерзлого грунта, а расчетные сопротивления таликовых грунтов (кроме крупнообломочных и песков со степенью влажности не превышающей 0,8) вдоль боковой поверхности свай, принимаемые по нормативным таблицам СП 24.13330, следует брать с понижающими коэффициентами: 0,8 – для глинистых грунтов, 0,9 – для песчаных водонасыщенных грунтов; для других грунтов понижающие коэффициенты определяют по опытным данным.

7.2.3 Расчетное давление на мерзлый грунт под подошвой фундамента R и расчетные сопротивления мерзлого грунта или грунтового раствора сдвигу по поверхности смерзания фундамента R_{af} устанавливаются по данным испытаний грунтов, проводимых в соответствии с ГОСТ 12248, с учетом коэффициента надежности по грунту γ_g, принимаемому согласно 5.8, и расчетных температур грунта основания T_m, T_z и T_e, определяемых теплотехническим расчетом по 7.2.7.

По результатам испытаний грунтов шариковым штампом или на одноосное сжатие расчетные значения R, кПа, вычисляются по формуле

$$R = 5{,}7c_n/\gamma_g + \gamma_1 d, \qquad (7.3)$$

где c_n – нормативное значение предельно длительного сцепления, кПа, принимаемое равным: $c_n = c_{egn}$ при испытаниях грунтов шариковым штампом и $c_n = 0{,}5R_{cn}$ – при испытаниях на одноосное сжатие, где c_{egn} и R_{cn} – соответственно предельно длительное эквивалентное сцепление и сопротивление грунта одноосному сжатию;

γ_1 – расчетное значение удельного веса грунта, кН/м^3;

d – глубина заложения фундамента, м;

γ_g – коэффициент надежности по грунту.

Нормативное значение c_n допускается принимать согласно указаниям рекомендуемого приложения Л.

В случаях, предусмотренных 5.9, расчетные значения R и R_{af} допускается принимать по таблицам приложения В.

При расчетах несущей способности оснований значения R следует принимать: для свайных фундаментов – при расчетной температуре грунта T_z на глубине z, равной глубине погружения сваи; для столбчатых фундаментов – при расчетной температуре грунта T_m на глубине заложения подошвы фундамента.

Расчетные сопротивления сдвигу $R_{af,i}$ следует принимать: для свайных фундаментов – при температуре грунта T_z на глубине середины i-го слоя грунта; для столбчатых фундаментов – при температуре грунта T_m на глубине, соответствующей середине нижней ступени фундамента.

При расчетах несущей способности основания висячей сваи, расположенной в однородных по составу многолетнемерзлых грунтах, по формуле (7.2) значения R_{af} принимается при средней (эквивалентной) температуре грунта T_e (7.2.7).

Для буроопускных свай расчетное сопротивление сдвигу необходимо принимать наименьшим из значений сдвига по поверхности смерзания сваи R_{af} и сдвига по грунту или буровому раствору R_{sh}; для буронабивных свай – по значению R_{sh}. При расчете несущей способности комбинированных свай (деревометаллических, сборно-монолитных и др.) значения R_{af} следует принимать с учетом неодинаковой прочности смерзания с грунтом их различных элементов в соответствии с указаниями приложения В.

Для свай (кроме бурозабивных), опираемых на песчано-щебеночную подушку высотой не менее трех диаметров скважины, при диаметре скважины не более полутора диаметров сваи, расчетное значение R допускается принимать для грунта подушки, а значение A – равным площади забоя скважины. При опирании свай на льдистые грунты с льдистостью $i \geq 0,2$ расчетные значения R следует принимать с понижающим коэффициентом $n_i = 1 - i_i$.

Для кратковременных нагрузок с временем действия t, равным или меньшим продолжительности перерывов между ними, расчетные значения R и R_{af} допускается принимать с повышающим коэффициентом n_t (кроме опор мостов) в соответствии с данными таблицы 7.1.

Таблица 7.1

Время действия нагрузки t, ч	0,1	0,25	0,5	1	2	8	24
Коэффициент n_t	1,7	1,5	1,35	1,25	1,2	1,1	1,05

7.2.4 Коэффициент условий работы основания γ_c принимается по таблице 7.2 в зависимости от вида и способов устройства фундаментов (кроме опор мостов).

Таблица 7.2

Виды фундаментов и способы их устройства	Коэффициент γ_c
Столбчатые и другие виды фундаментов на естественном основании	1,0
То же, на подсыпках	0,9
Буроопускные сваи с применением грунтовых растворов, превышающих по прочности смерзания вмещающие грунты	1,1
То же, при равномерной прочности грунтовых растворов и вмещающего грунта	1,0
Опускные и буронабивные сваи	1,0
Бурообсадные, забивные и бурозабивные сваи при диаметре лидерных скважин менее 0,8 диаметра свай	1,0
Бурозабивные при большем диаметре лидерных скважин	0,9

Значения коэффициента γ_c, приведенные в таблице 7.2, допускается увеличивать пропорционально отношению полной нагрузки на фундамент к сумме постоянных и длительных временных нагрузок, но не более чем в 1,2 раза, если расчетные значения деформаций основания при этом не будут превышать предельно допустимых значений.

7.2.5 Передача на фундаменты проектных нагрузок допускается, как правило, при температуре грунтов в основании сооружения не выше установленных на эксплуатационный период расчетных значений. В необходимых случаях следует предусматривать мероприятия по предварительному (до загружения фундаментов) охлаждению пластично-мерзлых грунтов (6.3.5) до установленных расчетом значений температуры.

При соответствующем обосновании расчетом основания по деформациям допускается загружать фундаменты при температурах грунта выше расчетных, но не выше значений: $T = T_{bf} - 0,5$ °С – для песчаных и крупнообломочных грунтов и $T = T_{bf} - 1$ °С – для глинистых, где T_{bf} – температура начала замерзания грунта (Б.5). Несущая способность основания F_u в этом случае должна определяться при расчетных температурах грунта, устанавливаемых без учета теплового влияния сооружения по формуле (7.8), принимая коэффициент γ_t по расчету.

7.2.6 Расчетные температуры грунтов T_m, T_z и T_e определяются расчетом теплового взаимодействия сооружения с многолетнемерзлыми грунтами основания в периодически установившемся тепловом режиме с учетом 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 мерзлого состояния грунтов основания.

При расчетах многолетнемерзлых оснований по несущей способности и деформациям расчетные температуры грунтов T_m, T_z и T_e следует принимать равными:

T_m – максимальной в годовом периоде температуре грунта в установившемся эксплуатационном режиме на глубине заложения фундамента z_d, отсчитываемой от верхней поверхности многолетнемерзлого грунта;

T_e – максимальной в годовом периоде средней по глубине заложения фундамента z_d температуре многолетнемерзлого грунта в установившемся эксплуатационном режиме (эквивалентная температура грунта);

T_z – температура многолетнемерзлого грунта на данной глубине z от его верхней поверхности, принимаемой на момент установления температуры T_e.

7.2.7 Для оснований свайных, столбчатых и других видов фундаментов сооружений с холодным (вентилируемым) подпольем, опор трубопроводов, линий электропередачи, антенно-мачтовых сооружений, кроме оснований опор мостов, расчетные температуры грунтов T_m, T_z и T_e допускается определять по формулам:

для оснований сооружений с холодным подпольем

под серединой сооружения

$$T_{m,z,e} = (T_0' - T_{bf})\alpha_{m,z,e} + (T_0 - T_0')k_1 + T_{bf}, \quad (7.4)$$

под краем сооружения

$$T_{m,z,e} = (T_0' - T_{bf})\alpha_{m,z,e} + (T_0 - T_0')(0,5\alpha_{m,z,e} + k_2) + T_{bf}, \quad (7.5)$$

под углами сооружения

$$T_{m,z,e} = (T_0' - T_{bf})\alpha_{m,z,e} + (T_0 - T_0')(0,75\alpha_{m,z,e} + k_3) + T_{bf}\,, \qquad (7.6)$$

для опор линий электропередачи, антенно-мачтовых сооружений и трубопроводов

$$T_{m,z,e} = (T_0 - T_{bf})\alpha_{m,z,e} k_{ts} + T_{bf}\,, \qquad (7.7)$$

где T_0' – расчетная среднегодовая температура на верхней поверхности многолетнемерзлого грунта в основании сооружения, °С, определяемая согласно приложению Д;

T_{bf} – температура начала замерзания грунта, °С, определяемая согласно приложению Б;

T_0 – расчетная среднегодовая температура грунта, °С, определяемая согласно приложению Г;

α_m, α_z и α_e – коэффициенты сезонного изменения температуры грунтов основания, принимаемых по таблице 7.3 в зависимости от значения параметра $z\sqrt{c_f / \lambda_f}$, $c^{0,5}$ ($ч^{0,5}$),

где z – глубина от кровли многолетнемерзлого грунта, м;

C_f – объемная теплоемкость, Дж/ ($м^3 \cdot$ °С), определяемые согласно приложению Б;

λ_f – теплопроводность мерзлого грунта, Вт/($м^3$·°С), определяемые согласно приложению Б;

k_1, k_2 и k_3 – коэффициенты теплового влияния сооружения, принимаемые по таблице 7.4 в зависимости от отношений z/B и L/B, L и B – соответственно длина и ширина сооружения, м;

k_{ts} – коэффициент теплового влияния изменения поверхностных условий при возведении фундаментов линейных сооружений, принимаемый по таблице 7.5 в зависимости от вида и глубины заложения фундаментов z, м.

Таблица 7.3

Коэффициенты	Значения $z\sqrt{c_f / \lambda_f}$, $c^{0,5}$ ($ч^{0,5}$)									
	0 (0)	1000 (25)	2000 (50)	3000 (75)	4000 (100)	6000 (125)	8000 (150)	10000 (175)	15000 (250)	20000 (300)
α_m	0 (0)	0,28 (0,38)	0,47 (0,61)	0,61 (0,76)	0,71 (0,85)	0,85 (0,91)	0,92 (0,94)	0,96 (0,96)	0,99 (0,99)	1,00 (1,00)
α_z	0 (0)	0,30 (0,40)	0,52 (0,67)	0,67 (0,85)	0,80 (0,95)	0,95 (1,01)	1,02 (1,03)	1,03 (1,03)	1,01 (1,01)	1,00 (1,00)
α_e	0 (0)	0,14 (0,21)	0,26 (0,38)	0,38 (0,51)	0,47 (0,61)	0,61 (0,68)	0,70 (0,74)	0,77 (0,78)	0,85 (0,85)	0,90 (0,88)

Таблица 7.4

Форма сооружения в плане	L/B	Коэффициенты k для определения T_m, T_z, T_e											
		k_1 при z/B				k_2 при z/B				k_3 при z/B			
		0,25	0,5	1,0	2,0	0,25	0,5	1,0	2,0	0,25	0,5	1,0	2,0
Прямоугольная	1	0,41 0,21	0,67 0,38	0,87 0,57	0,96 0,75	0,17 0,09	0,28 0,16	0,39 0,25	0,47 0,34	0,06 0,03	0,10 0,05	0,17 0,09	0,22 0,14
	2	0,33 0,17	0,56 0,31	0,80 0,50	0,93 0,68	0,15 0,08	0,26 0,14	0,37 0,23	0,45 0,32	0,04 0,02	0,08 0,04	0,14 0,08	0,20 0,12
	3	0,32 0,16	0,53 0,30	0,76 0,47	0,91 0,65	0,15 0,08	0,25 0,14	0,36 0,22	0,44 0,31	0,04 0,02	0,08 0,04	0,13 0,07	0,19 0,12
	≥ 5	0,29 0,14	0,50 0,27	0,71 0,44	0,84 0,62	0,15 0,07	0,25 0,14	0,35 0,22	0,42 0,30	0,03 0,02	0,07 0,04	0,12 0,07	0,18 0,11
Круглая	–	0,45 0,23	0,71 0,41	0,89 0,62	0,97 0,78	0,22 0,13	0,32 0,20	0,40 0,28	0,45 0,36	–	–	–	–

Примечания

1 В числителе указаны значения коэффициентов k для температур T_m и T_z, в знаменателе – для температуры T_e.

2 При $z/B = 0$ коэффициенты k_1, k_2 и k_3 следует принимать равными 0.

Таблица 7.5

Виды фундаментов	Коэффициент k_{ts} при z, м		
	до 2	от 2 до 6	св. 6
Массивные и свайные с ростверком, заглубленным в грунт	0,7	0,9	1,0
Свайные с высоким ростверком и сборные под опоры рамно-стоечного типа	0,9	1,0	1,0

7.2.8 Расчетные температуры многолетнемерзлых грунтов основания без учета теплового влияния сооружения определяются по формуле

$$T_{m,z,e} = (T_0 - T_{bf})\,\alpha_{m,z,e} + T_{bf}, \qquad (7.8)$$

где обозначения те же, что в формуле (7.4).

7.2.9 Расчетные температуры грунтов оснований фундаментов, охлаждаемых системой вентилируемых труб, каналов или полостей в фундаментах (6.3.3), следует определять из совместного теплотехнического расчета основания и системы охлаждения, исходя из условия

$$T_0' \le T_0\,, \qquad (7.9)$$

где T_0 – расчетная среднегодовая температура на верхней поверхности многолетнемерзлого грунта в основании сооружения, отвечающая проектному положению границы сезонного оттаивания грунтов, включая грунты подсыпки.

При равномерном расположении охлаждающих труб или каналов под всей площадью сооружения расчетные температуры грунтов в его основании T_m, T_z и T_e допускается определять как для сооружений с холодным подпольем (7.2.7) при среднем по площади сооружения значении температуры T_0.

Расчетные температуры грунтов оснований фундаментов, при использовании термостабилизации грунтов допускается рассчитывать численными методами с учетом изменения температур при эксплуатации сооружения.

7.2.10 Несущая способность основания одиночной сваи F_u по результатам полевых испытаний свай статической вдавливающей нагрузкой определяется по формуле

$$F_u = \gamma_t k \frac{F_{u,n}}{\gamma_g}, \quad (7.10)$$

где k – коэффициент, учитывающий различие в условиях работы опытной и проектируемых свай и определяемый по формуле

$$k = F_{u,p}/F_{u,t}, \quad (7.11)$$

$F_{u,p}$ и $F_{u,t}$ – значение несущей способности соответственно проектируемой и опытной свай, рассчитанные по формуле (7.2) по значениям R и R_{af}, принимаемым по таблицам приложения В: для проектируемой сваи – при расчетных температурах грунта, устанавливаемых согласно указаниям 7.2.3 и 7.2.6, а для опытной сваи – при температурах, измеренных при испытании;

$F_{u,n}$ – нормативное значение предельно длительного сопротивления основания опытной сваи статической нагрузке, определяемое по данным испытания сваи в соответствии с ГОСТ 5686 с учетом требований ГОСТ 20522;

γ_g – коэффициент надежности по грунту, принимаемый равным 1,1.

7.2.11 Количественную оценку характеристик механических свойств и несущей способности оснований свай в многолетнемерзлых грунтах по данным статического зондирования проводят на основе эмпирических или полуэмпирических зависимостей (таблиц), устанавливаемых в результате корреляционно-регрессионного анализа данных параллельных испытаний грунтов прямыми методами, согласно ГОСТ 12248 и ГОСТ 5686, и методом статического зондирования.

7.2.12 Несущую способность основания столбчатого фундамента, нагруженного внецентренно сжимающей нагрузкой, допускается определять в соответствии с требованиями СП 22.13330. При этом эксцентриситеты приложения равнодействующей всех нагрузок на уровне подошвы фундамента следует определять с учетом смерзания грунта с боковой поверхностью нижней ступени фундамента по формулам

$$e_a = (M_a - M_{af})/F; \quad (7.12)$$

$$e_b = (M_b - M_{af})/F, \quad (7.13)$$

где e_a и e_b – соответственно эксцентриситеты приложения равнодействующей всех нагрузок относительно осей прямоугольной подошвы фундамента со сторонами a и b, м;

M_a и M_b – моменты внешних сил от расчетных нагрузок относительно тех же осей, кН·м;

F – расчетная вертикальная нагрузка, кН, от сооружения на основание, включая вес фундамента и грунта, лежащего на его уступах;

M_{af} – часть момента внешних сил, кН·м, воспринимаемая касательными силами смерзания многолетнемерзлого грунта с боковыми поверхностями нижней ступени фундамента высотой h_p и вычисляемая по формуле

$$M_{af} = \gamma_t \gamma_c R_{af} h_p a b, \quad (7.14)$$

где γ_t и γ_c – обозначения те же, что в формуле (7.2);

R_{af} – расчетное сопротивление мерзлого грунта сдвигу, кПа, принимаемое по 7.2.3.

При эксцентриситете нагрузки относительно одной оси фундамента ($e_b = 0$) допускается M_{af}, кН·м, определять по формуле

$$M_{af} = \gamma_t \gamma_c R_{af} h_p a (b + 0{,}5a), \quad (7.15)$$

где a – сторона подошвы фундамента, параллельная плоскости действия момента, м.

7.2.13 Расчет свайных фундаментов на действие горизонтальных нагрузок (сил и/или моментов) и воздействий (температурного расширения ростверка и пр.), следует производить с учетом инженерно-геокриологических условий из условия совместной работы свай и грунтового основания с использованием апробированных геотехнических программ. Расчетная схема должна отвечать требованиям 7.1.2 СП 24.13330. Методика расчета должна учитывать влияние продольной силы на изгиб, а также поперечных сил и деформаций на продольное сжатие ствола сваи.

Взаимодействие сваи с грунтом (по боковой поверхности и нижнему торцу) допускается учитывать с помощью нелинейных контактных элементов (контактной модели). При малых (упругих, линейных) деформациях жесткость контактного элемента должна соответствовать стандартным деформационным характеристикам грунта (модуль деформаций, коэффициент Пуассона). Прочность и пластические деформации грунта (контактных элементов у боковой поверхности сваи и под ее нижним торцом) следует рассчитывать с применением условия предельного равновесия Кулона–Мора. При расчете свайных групп характеристики контактных элементов следует определять с учетом взаимовлияния между сваями через грунт.

Для расчетов свайных фундаментов сооружений II уровня ответственности допускается применение линейных контактных элементов при условии проведения расчета по приложению Г СП 24.13330 с учетом инженерно-геокриологических условий согласно приложению Ж.

7.2.14 Расчет фундаментов, воспринимающих значительные горизонтальные усилия, следует производить на плоский сдвиг в соответствии с требованиями СП 22.13330.

7.2.15 Расчет оснований по второй группе предельных состояний (по деформациям) производится исходя из условия

$$s_f \le s_u, \quad (7.16)$$

где s_f – деформация пластично-мерзлого основания под нагрузкой от сооружения, определяемая согласно указаниям 7.2.16 и 7.2.17;

s_u – предельно допустимая деформация основания сооружения за расчетный срок его эксплуатации, определяется согласно СП 22.13330.

7.2.16 Осадки оснований фундаментов, возводимых на пластично-мерзлых грунтах, следует определять:

а) для столбчатых фундаментов – в соответствии с указаниями СП 22.13330, применяя расчетную схему в виде линейно-деформируемого полупространства или линейно-деформируемого слоя конечной толщины с учетом указаний 7.2.17;

б) для одиночных свайных фундаментов – по данным полевых испытаний свай статической вдавливающей нагрузкой, а для кустов или групп свай – согласно указаниям СП 24.13330 с использованием расчетных схем, основанных на модели грунта как линейно-деформируемой среды.

Расчетные деформационные характеристики пластично-мерзлых грунтов (коэффициент сжимаемости δ_f или модуль деформации E_f) следует принимать по данным компрессионных испытаний в соответствии с ГОСТ 24586 при расчетной температуре грунта, устанавливаемой по формуле (7.8).

7.2.17 Осадки оснований, сложенных сильнольдистыми грунтами и подземными льдами, а также в случаях загружения фундаментов при температуре грунтов основания выше расчетных значений, принятых для установившегося эксплуатационного режима (7.2.5), следует определять с учетом изменения деформационных характеристик грунтов в зависимости от температуры и времени, а также развития пластических деформаций льда, согласно указаниям 8.8 и приложения И.

7.3 Расчет оснований и фундаментов при использовании многолетнемерзлых грунтов по принципу II

7.3.1 Расчет оснований и фундаментов по первой группе предельных состояний (по несущей способности) надлежит производить в соответствии с требованиями СП 22.13330, для свайных фундаментов – в соответствии с требованиями СП 24.13330, с учетом указаний 7.3.15–7.3.17.

Примечание – Расчетные сопротивления оттаявших или оттаивающих грунтов вдоль боковой поверхности свай, принимаемые по СП 24.13330, следует брать с понижающими коэффициентами, принимаемыми согласно примечанию 2 (7.2.2).

7.3.2 Расчет оснований по второй группе предельных состояний (по деформациям) следует производить, как правило, с учетом совместной работы основания и сооружения. Расчет оснований по деформациям без учета совместной работы основания и сооружения допускается выполнять в случаях, предусмотренных СП 22.13330, а также для выбора принципа использования многолетнемерзлых грунтов в качестве оснований и необходимых мероприятий для уменьшения деформаций основания.

7.3.3 Расчеты оттаивающих оснований по деформациям необходимо производить в пределах расчетной глубины оттаивания грунтов в основании сооружения за заданный срок его эксплуатации t_u с учетом развития зоны оттаивания во времени.

Расчетную глубину оттаивания грунтов в основании сооружения следует определять на основании расчета теплового взаимодействия сооружения с многолетнемерзлым грунтом с учетом формы, размеров и теплового режима сооружения, температуры и теплофизических свойств грунтов основания.

Для простых по форме сооружений с равномерной по площади температурой, в том числе для заглубленных сооружений, расчетную глубину оттаивания грунтов в их основании H допускается определять по приложению К.

7.3.4 Расчет оснований по деформациям без учета совместной работы оттаивающего основания и сооружения надлежит производить исходя из условия

$$s \le s_u, \tag{7.17}$$

где s – осадка основания фундаментов (совместная деформация основания и сооружения при оттаивании грунтов в процессе эксплуатации сооружения под воздействием собственного веса грунта и дополнительной нагрузки от сооружения в пределах расчетной глубины оттаивания H);

s_u – предельное значение осадки основания фундамента (совместной деформации основания и сооружения), устанавливаемое согласно СП 22.13330, а для мостов – СП 35.13330.

7.3.5 Расчет оснований и фундаментов по деформациям с учетом совместной работы основания и сооружения следует производить исходя из условия

$$F_f \le \frac{F_{fd}}{\gamma_c \gamma_n}, \tag{7.18}$$

где F_f – расчетные усилия, возникающие в элементах конструкций сооружения при неравномерных осадках оттаивающего основания;

F_{fd} – предельные значения сопротивления элементов конструкции сооружения, рассчитываемые по нормам проектирования соответствующих конструкций;

γ_c – коэффициент условий работы системы «основание–сооружение», принимаемый равным 1,25;

γ_n – коэффициент надежности по назначению сооружения, принимаемый равным 1,2, 0,95 и 0,9 соответственно для сооружений I, II и III уровней ответственности.

Расчет усилий в элементах фундаментных конструкций и реактивных давлений грунтов следует выполнять, как правило, численными методами на основании уравнений строительной механики с учетом зависимостей реактивных давлений от неравномерных осадок основания. При этом оттаивающее основание допускается рассматривать как линейно-деформируемый слой конечной толщины. Допускается применять другие расчетные схемы, в том числе с использованием вероятностных методов расчета, учитывающих статистическую неоднородность основания. При расчете оснований и фундаментов по деформациям среднее давление на основание под подошвой фундамента от основного сочетания нагрузок не должно превышать расчетного давления на основание R, определяемого в соответствии со СП 22.13330 по расчетным характеристикам оттаивающих грунтов.

7.3.6 Осадку оттаивающего в процессе эксплуатации сооружения основания следует определять по формуле

$$s = s_{th} + s_p, \tag{7.19}$$

где s_{th} – составляющая осадки основания, обусловленная действием собственного веса оттаивающего грунта, определяемая по указаниям 7.3.7;

s_p – составляющая осадки основания, обусловленная дополнительным давлением на грунт от действия веса сооружения, определяемая по указаниям 7.3.9.

7.3.7 Составляющую осадки основания s_{th}, м, надлежит определять по формуле

$$s_{th} = \sum_{i=1}^{n} (A_{th,i} + m_{th,i}\sigma_{zg,i})h_i, \tag{7.20}$$

где n – число выделенных при расчете слоев грунта;

$A_{th,i}$ и $m_{th,i}$ – коэффициент оттаивания, доли единицы, и коэффициент сжимаемости, кПа$^{-1}$, i-го слоя оттаивающего грунта, принимаемые по экспериментальным данным согласно указаниям 7.3.8;

$\sigma_{zg,i}$ – вертикальное напряжение от собственного веса грунта в середине i-го слоя грунта, кПа, определяемое расчетом для глубины z_i от уровня планировочных отметок с учетом взвешивающего действия воды;

h_i – толщина i-го слоя оттаивающего грунта, м.