

Строительные нормы и правила СНиП 2.02.03-85
"Свайные фундаменты"
(утв. постановлением Госстроя СССР от 20 декабря 1985 г. N 243)

Взамен СНиП II-17-77

Срок введения в действие - 1 января 1987 г.

В развитие обязательных положений настоящих СНиП разработан СП 50-102-2003 "Проектирование и устройство свайных фундаментов", одобренный постановлением Госстроя РФ от 21 июня 2003 г. N 96

1. Общие положения
2. Виды свай
3. Основные указания по расчету
4. Расчет несущей способности свай
 - Свай-стойки
 - Вишечие забивные сваи всех видов и сваи-оболочки, погружаемые без выемки грунта
 - Вишечие набивные и буровые сваи и сваи-оболочки, заполняемые бетоном
 - Винтовые сваи
 - Учет отрицательных (негативных) сил трения грунта на боковой поверхности свай
5. Определение несущей способности свай по результатам полевых исследований
6. Расчет свайных фундаментов и их оснований по деформациям
7. Конструирование свайных фундаментов
8. Особенности проектирования свайных фундаментов в просадочных грунтах
9. Особенности проектирования свайных фундаментов в набухающих грунтах
10. Особенности проектирования свайных фундаментов на подрабатываемых территориях
11. Особенности проектирования свайных фундаментов в сейсмических районах
12. Особенности проектирования свайных фундаментов опор воздушных линий электропередачи
13. Особенности проектирования свайных фундаментов малоэтажных сельских зданий
- Приложение 1. Рекомендуемое. Расчет свай на совместное действие вертикальной и горизонтальной сил и момента
- Приложение 2. Рекомендуемое. Расчет несущей способности пирамидальных свай с наклоном боковых граней $i_p > 0,025$
- Приложение 3. Рекомендуемое. Определение осадки ленточных свайных фундаментов
- Приложение 4. Рекомендуемое. Определение осадки одиночной сваи

Настоящие нормы распространяются на проектирование свайных фундаментов вновь строящихся и реконструируемых зданий и сооружений.

Настоящие нормы не распространяются на проектирование свайных фундаментов зданий и сооружений, возводимых на вечномёрзлых грунтах, свайных фундаментов машин с динамическими нагрузками, а также опор морских нефтепромысловых и других сооружений, возводимых на континентальном шельфе при глубине погружения опор более 35 м.

Свайные фундаменты зданий и сооружений, возводимых в районах с наличием или возможностью развития опасных геологических процессов (карстов, оползней и т.п.), следует проектировать с учетом дополнительных требований соответствующих нормативных документов, утвержденных или согласованных Госстроем СССР.

1. Общие положения

1.1. Выбор конструкции фундамента (свайного, на естественном или искусственном основании), а также вида свай и типа свайного фундамента (например, свайных кустов, лент, полей) следует производить исходя из конкретных условий строительной площадки, характеризуемых материалами инженерных изысканий, расчетных нагрузок, действующих на фундамента, на основе результатов технико-экономического сравнения возможных вариантов проектных решений фундамента (с оценкой по приведенным затратам), выполненного с учетом требований по экономному расходованию основных строительных материалов и обеспечивающего наиболее полное использование прочностных и деформационных характеристик грунтов и физико-механических свойств материалов фундамента.

1.2. Свайные фундамента следует проектировать на основе результатов инженерно-геодезических, инженерно-геологических, инженерно-гидрометеорологических изысканий строительной площадки, а также на основе данных, характеризующих назначение, конструктивные и технологические особенности проектируемых зданий и сооружений и условия их эксплуатации, нагрузки, действующие на фундамента, с учетом местных условий строительства.

Проектирование свайных фундамента без соответствующего и достаточного инженерно-геологического обоснования не допускается.

1.3. Результаты инженерных изысканий должны содержать данные, необходимые для выбора типа фундамента, в том числе свайного, для определения вида свай и их габаритов (размеров поперечного сечения и длины свай, расчетной нагрузки, допускаемой на сваю) с учетом прогноза возможных изменений (в процессе строительства и эксплуатации) инженерно-геологических и гидрогеологических условий площадки строительства, а также вида и объема инженерных мероприятий по ее освоению.

В материалах изысканий должны быть приведены данные полевых и лабораторных исследований грунтов, а в необходимых случаях, устанавливаемых проектной организацией, проектирующей свайные фундамента, - результаты испытаний натуральных свай статической и динамической нагрузками.

Должны быть также приведены геологические разрезы с данными о напластованиях грунтов, расчетных значениях их физико-механических характеристик, используемых в расчетах по двум группам предельных состояний, с указанием положения установленного и прогнозируемого уровней подземных вод, а при наличии результатов зондирования - графики зондирования.

Примечание. Испытания свай, производимые в процессе строительства в соответствии с требованиями СНиП 3.02.01-83, являются только контрольными для установления качества свайных фундамента и соответствия их проекту.

*См. СНиП 3.02.01-87 "Земляные сооружения, основания и фундамента", утвержденные постановлением Госстроя СССР от 4 декабря 1987 г. N 280, введенные с 1 июля 1988 г. взамен СНиП 3.02.01-83**

1.4. В проектах свайных фундамента должно предусматриваться проведение натурных измерений деформаций оснований и фундамента в случаях применения новых или недостаточно изученных конструкций зданий и сооружений или их фундамента, возведения ответственных зданий и сооружений в сложных инженерно-геологических условиях, а также при наличии в задании на проектирование специальных требований по измерению деформаций.

1.5. Свайные фундамента, предназначенные для эксплуатации в условиях агрессивной среды, следует проектировать с учетом требований СНиП 2.03.11-85, а деревянные конструкции свайных фундамента - также с учетом требований по защите их от гниения, разрушения и поражения древоточцами.

2. Виды свай

2.1. По способу заглубления в грунт надлежит различать следующие виды свай:

а) забивные железобетонные, деревянные и стальные, погружаемые в грунт без его выемки с помощью молотов, вибропогружателей, виброудавливающих и вдавливающих устройств, а также железобетонные сваи-оболочки, заглубляемые вибропогружателями без выемки или с частичной выемкой грунта и не заполняемые бетонной смесью;

б) сваи-оболочки железобетонные, заглубляемые вибропогружателями с выемкой грунта и заполняемые частично или полностью бетонной смесью;

в) набивные бетонные и железобетонные, устраиваемые в грунте путем укладки бетонной смеси в скважины, образованные в результате принудительного отжатия (вытеснения) грунта;

г) буровые железобетонные, устраиваемые в грунте путем заполнения пробуренных скважин

бетонной смесью или установки в них железобетонных элементов;

д) винтовые.

2.2. По условиям взаимодействия с грунтом сваи следует подразделять на сваи-стойки и висячие.

К сваям-стойкам надлежит относить сваи всех видов, опирающиеся на скальные грунты, а забивные сваи, кроме того, на малосжимаемые грунты.

Примечание. К малосжимаемым грунтам относятся крупнообломочные грунты с песчаным заполнителем средней плотности и плотным, а также глины твердой консистенции в водонасыщенном состоянии с модулем деформации $E > 50\ 000$ кПа (500 кгс/см²).

Силы сопротивления грунтов, за исключением отрицательных (негативных) сил трения на боковой поверхности свай-стоек, в расчетах их несущей способности по грунту основания на сжимающую нагрузку не должны учитываться.

К висячим сваям следует относить сваи всех видов, опирающиеся на сжимаемые грунты и передающие нагрузку на грунты основания боковой поверхностью и нижним концом.

Примечание. Отрицательными (негативными) силами трения называются силы, возникающие на боковой поверхности свай при осадке околосвайного грунта и направленные вертикально вниз.

2.3. Забивные железобетонные сваи размером поперечного сечения до 0,8 м включ. и сваи-оболочки диаметром 1 м и более следует подразделять:

а) по способу армирования - на сваи и сваи-оболочки с ненапрягаемой продольной арматурой с поперечным армированием и на предварительно напряженные со стержневой или проволочной продольной арматурой (из высокопрочной проволоки и арматурных канатов) с поперечным армированием и без него;

б) по форме поперечного сечения - на сваи квадратные, прямоугольные, таврового и двутаврового сечений, квадратные с круглой полостью, полые круглого сечения;

в) по форме продольного сечения - на призматические, цилиндрические и с наклонными боковыми гранями (пирамидальные, трапециевидные, ромбовидные);

г) по конструктивным особенностям - на сваи цельные и составные (из отдельных секций);

д) по конструкции нижнего конца - на сваи с заостренным или плоским нижним концом, с плоским или объемным уширением (булавоподобные) и на полые сваи с закрытым или открытым нижним концом или с камуфлетной пятой.

Примечание. Сваи забивные с камуфлетной пятой устраивают путем забивки полых свай круглого сечения в нижней части с закрытым стальным полым наконечником с последующим заполнением полости свай и наконечника бетонной смесью и устройством с помощью взрыва камуфлетной пяты в пределах наконечника. В проектах свайных фундаментов с применением забивных свай с камуфлетной пятой следует предусматривать указания о соблюдении требований правил производства буровзрывных работ, в том числе при определении допустимых расстояний от существующих зданий и сооружений до места взрыва.

2.4. Набивные сваи по способу устройства разделяются на:

а) набивные, устраиваемые путем погружения инвентарных труб, нижний конец которых закрыт оставляемым в грунте башмаком или бетонной пробкой, с последующим извлечением этих труб по мере заполнения скважин бетонной смесью;

б) набивные виброштампованные, устраиваемые в пробитых скважинах путем заполнения скважин жесткой бетонной смесью, уплотняемой виброштампом в виде трубы с заостренным нижним концом и закрепленным на ней вибропогружателем;

в) набивные в выштампованном ложе, устраиваемые путем выштамповки в грунте скважин пирамидальной или конусной формы с последующим заполнением их бетонной смесью.

2.5. Буровые сваи по способу устройства разделяются на:

а) буронабивные сплошного сечения с уширениями и без них, бетонируемые в скважинах, пробуренных в пылевато-глинистых грунтах выше уровня подземных вод без крепления стенок скважин, а в любых грунтах ниже уровня подземных вод - с креплением стенок скважин глинистым раствором или инвентарными извлекаемыми обсадными трубами;

б) буронабивные полые круглого сечения, устраиваемые с применением многосекционного вибросердечника;

в) буронабивные с уплотненным забоем, устраиваемые путем втрамбовывания в забой скважины щебня;

г) буронабивные с камуфлетной пятой, устраиваемые путем бурения скважин с последующим образованием уширения взрывом и заполнением скважин бетонной смесью;

- д) буроинъекционные диаметром 0,15 - 0,25 м, устраиваемые путем нагнетания (инъекции) мелкозернистой бетонной смеси или цементно-песчаного раствора в пробуренные скважины;
- е) сваи-столбы, устраиваемые путем бурения скважин с уширением или без него, укладки в них омоноличивающего цементно-песчаного раствора и опускания в скважины цилиндрических или призматических элементов сплошного сечения со сторонами или диаметром 0,8 м и более;
- ж) буроопускные сваи с камуфлетной пятой, отличающиеся от буронабивных свай с камуфлетной пятой (см. подп."г") тем, что после образования камуфлетного уширения в скважину опускают железобетонную сваю.

Примечания: 1. Обсадные трубы допускается оставлять в грунте только в случаях, когда исключена возможность применения других решений конструкции фундаментов (при устройстве буронабивных свай в пластах грунтов со скоростью фильтрационного потока более 200 м/сут., при применении буронабивных свай для закрепления действующих оползневых склонов и в других обоснованных случаях).

2. При устройстве буронабивных свай в пылевато-глинистых грунтах для крепления стенок скважин допускается использовать избыточное давление воды.

2.6. Железобетонные и бетонные сваи следует проектировать из тяжелого бетона.

Для забивных железобетонных свай с ненапрягаемой продольной арматурой, на которые отсутствуют государственные стандарты, а также для набивных и буровых свай необходимо предусматривать бетон класса не ниже В15, для забивных железобетонных свай с напрягаемой арматурой - не ниже В22,5.

Для коротких набивных и буровых свай (длиной менее 3,5 м) в обоснованных случаях допускается предусматривать применение тяжелого бетона класса не ниже В7,5.

2.7. Железобетонные ростверки свайных фундаментов для всех зданий и сооружений, кроме опор, мостов, гидротехнических сооружений и больших переходов воздушных линий электропередачи, следует проектировать из тяжелого бетона класса, не ниже:

для сборных ростверков - В15
" монолитных " - В12,5.

Для опор больших переходов воздушных линий электропередачи класс бетона сборных и монолитных ростверков следует принимать В22,5 и В15 соответственно.

Для опор мостов класс бетона свай и свайных ростверков следует назначать в соответствии с требованиями СНиП 2.05.03-84, для гидротехнических сооружений - СНиП 2.06.06-85.

2.8. Бетон для замоноличивания железобетонных колонн в стаканах свайных ростверков, а также оголовков свай при сборных ленточных ростверках следует предусматривать в соответствии с требованиями СНиП 2.03.01-84, предъявляемыми к бетону для заделки стыков сборных конструкций, но не ниже класса В12,5.

Примечание. При проектировании мостов и гидротехнических сооружений класс бетона для замоноличивания сборных элементов свайных фундаментов должен быть на ступень выше по сравнению с классом бетона соединяемых сборных элементов.

2.9. Марки бетона по морозостойкости и водонепроницаемости свай и свайных ростверков следует назначать, руководствуясь требованиями ГОСТ 19804.0-78, СНиП 2.03.01-84, для мостов и гидротехнических сооружений соответственно СНиП 2.05.03-84 и СНиП 2.06.06-85.

Взамен ГОСТ 19804.0-78 постановлением Госстроя СССР от 28 ноября 1991 г. N 23 с 1 июля 1992 г. введен в действие ГОСТ 19804-91

2.10. Деревянные сваи должны быть изготовлены из бревен хвойных пород (сосны, ели, лиственницы, пихты) диаметром 22 - 34 см и длиной 6,5 и 8,5 м, соответствующих требованиям ГОСТ 9463-72.

Взамен ГОСТ 9463-72 введен в действие ГОСТ 9463-88 "Лесоматериалы круглые хвойных пород. Технические условия", утвержденный постановлением Госстандарта СССР от 21 апреля 1988 г. N 33

Бревна для изготовления свай должны быть очищены от коры, наростов и сучьев. Естественная коничность (сбег) бревен сохраняется. Размеры поперечного сечения, длина и конструкция пакетных свай принимаются по результатам расчета и в соответствии с особенностями проектируемого объекта.

Примечание. Возможность применения для деревянных свай бревен длиной более 8,5 м допускается только по согласованию с предприятием изготовителем свай.

2.11. Стыки бревен или брусьев в стыкованных по длине деревянных сваях и в пакетных сваях

осуществляются впритык с перекрытием металлическими накладками или патрубками. Стыки в пакетных сваях должны быть расположены вразбежку на расстоянии один от другого не менее 1,5 м.

3. Основные указания по расчету

3.1. Расчет свайных фундаментов и их оснований должен быть выполнен по предельным состояниям:

а) первой группы:

по прочности материала свай и свайных ростверков (см. [п.3.6](#));

по несущей способности грунта основания свай (см. [п.3.10](#));

по несущей способности оснований свайных фундаментов, если на них передаются значительные горизонтальные нагрузки (подпорные стены, фундаменты распорных конструкций и др.) или если основания ограничены откосами или сложены крутопадающими слоями грунта и т.п. (см. [п.3.13](#));

б) второй группы:

по осадкам оснований свай и свайных фундаментов от вертикальных нагрузок (см. [п.3.15](#), [разд.6](#));

по перемещениям свай (горизонтальным u_p , углам поворота головы свай $\Psi_{ср}$) совместно с грунтом оснований от действия горизонтальных нагрузок и моментов (см. рекомендуемое [приложение 1](#));

по образованию или раскрытию трещин в элементах железобетонных конструкций свайных фундаментов (см. [п.3.6](#)).

3.2. Нагрузки и воздействия, учитываемые в расчетах свайных фундаментов, коэффициенты надежности по нагрузке, а также возможные сочетания нагрузок следует принимать в соответствии с требованиями СНиП 2.01.07-85 с учетом указаний СНиП 2.02.01-83.

Значения нагрузок необходимо умножать на коэффициенты надежности по назначению, принимаемые согласно "Правилам учета степени ответственности зданий и сооружений при проектировании конструкций", утвержденным Госстроем СССР.

3.3. Расчет свай, свайных фундаментов и их оснований по несущей способности необходимо выполнять на основные и особые сочетания нагрузок, по деформациям - на основные сочетания.

3.4. Нагрузки, воздействия, их сочетания и коэффициенты надежности по нагрузке при расчете свайных фундаментов мостов и гидротехнических сооружений следует принимать согласно требованиям СНиП 2.03.05-84 и СНиП 2.06.06-85.

3.5. Все расчеты свай, свайных фундаментов и их оснований следует выполнять с использованием расчетных значений характеристик материалов и грунтов.

Расчетные значения характеристик материалов свай и свайных ростверков следует принимать в соответствии с требованиями СНиП 2.03.01-84, СНиП II-23-81, СНиП II-25-80, СНиП 2.05.03-84 и СНиП 2.06.06-85.

Расчетные значения характеристик грунтов следует определять по указаниям СНиП 2.02.01-83, а расчетные значения коэффициентов постели грунта s_z , окружающего сваю, следует принимать по указаниям рекомендуемого [приложения 1](#).

Расчетные сопротивления грунта под нижним концом сваи R и на боковой поверхности сваи f_i следует определять по указаниям [разд.4](#).

При наличии результатов полевых исследований, проведенных в соответствии с требованиями [разд.5](#), несущую способность грунта основания свай следует определять с учетом данных статического зондирования грунтов, испытаний грунтов эталонными сваями или по данным динамических испытаний свай. В случае проведения испытаний свай статической нагрузкой несущую способность грунта основания сваи следует принимать по результатам этих испытаний.

3.6. Расчет по прочности материала свай и свайных ростверков должен производиться в соответствии с требованиями СНиП 2.03.01-84, СНиП II-23-81, СНиП II-25-80, для мостов и гидротехнических сооружений - СНиП 2.05.03-84 и СНиП 2.06.06-85 с учетом дополнительных требований, изложенных в [пп.3.5](#), 3.7 и [3.8](#) и в рекомендуемом [приложении 1](#).

Расчет элементов железобетонных конструкций свайных фундаментов по образованию и раскрытию трещин следует производить в соответствии с требованиями СНиП 2.03.01-84, для мостов и гидротехнических сооружений также с учетом требований СНиП 2.05.03-84 и СНиП 2.06.06-85 соответственно.

3.7. При расчете свай всех видов по прочности материала сваю следует рассматривать как стержень, жестко заземленный в грунте в сечении, расположенном от подошвы ростверка на расстоянии l_1 , определяемом по формуле

$$l_1 = l_0 + \frac{2}{\text{альфа}}, \quad (1)$$

где l_0 – длина участка сваи от подошвы высокового ростверка до уровня планировки грунта, м;
 альфа – коэффициент деформации, 1/м, определяемый по рекомендуемому эпсилон [приложению 1](#).

Если для буровых свай и свай-оболочек, заглубленных сквозь толщу нескального грунта и заделанных в скальный грунт, отношение $2/\alpha \cdot \epsilon > h$, то следует принимать $l_1 = l_0 + h$ (где h – глубина погружения сваи или сваи-оболочки, отсчитываемая от ее нижнего конца до уровня планировки грунта при высоком ростверке, подошва которого расположена над грунтом, и до подошвы ростверка при низком ростверке, подошва которого опирается или заглублена в нескальные грунты, за исключением сильносжимаемых, м).

При расчете по прочности материала буроинъекционных свай, прорезающих сильносжимаемые грунты с модулем деформации $E = 5000$ кПа (50 кгс/см²) и менее, расчетную длину свай на продольный изгиб l_d в зависимости от диаметра свай d следует принимать равной:

при $E = 500 - 2000$ кПа (5 - 20 кгс/см²) $l_d = 25d$;

при $E = 2000 - 5000$ кПа (20 - 50 кгс/см²) $l_d = 15d$.

В случае, если l_d превышает толщину слоя сильносжимаемого грунта h_g , расчетную длину следует принимать равной $2h_g$.

3.8. При расчете набивных и буровых свай (кроме свай-столбов и буроопускных свай) по прочности материала расчетное сопротивление бетона следует принимать с учетом коэффициента условий работы $\gamma_{cb} = 0,85$ согласно указаниям СНиП 2.03.01-84 и коэффициента условий работы, учитывающего влияние способа производства свайных работ:

а) в пылевато-глинистых грунтах, если возможны бурение скважин и бетонирование их насухо без крепления стенок при положении уровня подземных вод в период строительства ниже пяты свай, $\gamma_{cb} = 1,0$;

б) в грунтах, бурение скважин и бетонирование в которых производятся насухо с применением извлекаемых обсадных труб, $\gamma_{cb} = 0,9$;

в) в грунтах, бурение скважин и бетонирование в которых осуществляются при наличии в них воды с применением извлекаемых обсадных труб, $\gamma_{cb} = 0,8$;

г) в грунтах, бурение скважин и бетонирование в которых выполняются под глинистым раствором или под избыточным давлением воды (без обсадных труб), $\gamma_{cb} = 0,7$.

Примечание. Бетонирование под водой или под глинистым раствором следует производить только методом вертикально перемещаемой трубы (ВПТ) или с помощью бетононасосов.

3.9. Расчеты конструкций свай всех видов следует производить на воздействие нагрузок, передаваемых на них от здания или сооружения, а забивных свай, кроме того, на усилия, возникающие в них от собственного веса при изготовлении, складировании, транспортировании свай, а также при подъеме их на копер за одну точку, удаленную от головы свай на $0,3l$ (где l – длина сваи).

Усилие в свае (как балке) от воздействия собственного веса следует определять с учетом коэффициента динамичности, равного:

1,5 – при расчете по прочности;

1,25 – при расчете по образованию и раскрытию трещин.

В этих случаях коэффициент надежности по нагрузке к собственному весу сваи принимается равным единице.

3.10. Одиночную сваю в составе фундамента и вне его по несущей способности грунтов основания следует рассчитывать исходя из условия

$$N \leq \frac{F}{\gamma_{cb} \cdot k}, \quad (2)$$

где N – расчетная нагрузка, передаваемая на сваю (продольное усилие, возникающее в ней от расчетных нагрузок, действующих на фундамент при наиболее невыгодном их сочетании), определяемая в

соответствии с указаниями [п.3.11](#);

F – расчетная несущая способность грунта основания одиночной сваи,
d называемая в дальнейшем несущей способностью сваи и определяемая в соответствии с указаниями [разд.4](#) и [5](#).

Коэффициент надежности γ_k принимается равным:

1,2 - если несущая способность свай определена по результатам полевых испытаний статической нагрузкой;

1,25 - если несущая способность сваи определена расчетом по результатам статического зондирования грунта, по результатам динамических испытаний свай, выполненных с учетом упругих деформаций грунта, а также по результатам полевых испытаний грунтов эталонной сваей или сваей-зондом;

1,4 - если несущая способность сваи определена расчетом, в том числе по результатам динамических испытаний свай, выполненных без учета упругих деформаций грунта;

1,4 (1,25)* - для фундаментов опор мостов при низком ростверке, висячих сваях и сваях-стойках, при высоком ростверке - только при сваях-стойках, воспринимающих сжимающую нагрузку, независимо от числа свай в фундаменте;

при высоком или низком ростверке, подошва которого опирается на сильносжимаемый грунт, и висячих сваях, воспринимающих сжимающую нагрузку, а также при любом виде ростверки и висячих сваях и сваях-стойках, воспринимающих выдергивающую нагрузку, γ_k принимается в зависимости от числа свай в фундаменте:

при 21 свае и более	1,4 (1,25)
от 11 до 20 свай	1,55 (1,4)
" 6 " 10 "	1,65 (1,5)
" 1 " 5 "	1,75 (1,6)

для фундаментов из одиночной сваи под колонну при нагрузке на забивную сваю квадратного сечения более 600 кН (60 тс) и набивную сваю более 2500 кН (250 тс) значение коэффициента γ_k следует принимать равным 1,4, если несущая способность сваи определена по результатам испытаний статической нагрузкой, и 1,6, если несущая способность сваи определена другими способами;

$\gamma_k = 1$ - для сплошных свайных полей жестких сооружений с предельной осадкой 30 см и более (при числе свай более 100), если несущая способность сваи определена по результатам статических испытаний.

Примечания: 1. При расчете свай всех видов как на вдавливающие, так и на выдергивающие нагрузки продольное усилие, возникающее в свае от расчетной нагрузки N, следует определять с учетом собственного веса сваи, принимаемого с коэффициентом надежности по нагрузке, увеличивающим расчетное усилие.

2. Если расчет свайных фундаментов производится с учетом ветровых и крановых нагрузок, то воспринимаемую крайними сваями расчетную нагрузку допускается повышать на 20% (кроме фундаментов опор линий электропередачи).

Если сваи фундамента опоры моста в направлении действия внешних нагрузок образуют один или несколько рядов, то при учете (совместном или раздельном) нагрузок от торможения, давления ветра, льда и навала судов, воспринимаемых наиболее нагруженной сваей, расчетную нагрузку допускается повышать на 10% при четырех сваях в ряду и на 20% при восьми сваях и более. При промежуточном числе свай процент повышения расчетной нагрузки определяется интерполяцией.

3.11. Расчетную нагрузку на сваю N, кН (тс), следует определять, рассматривая фундамент как рамную конструкцию, воспринимающую вертикальные и горизонтальные нагрузки и изгибающие моменты.

Для фундаментов с вертикальными сваями расчетную нагрузку на сваю допускается определять по формуле

"Формула (3)"

3.12. Горизонтальную нагрузку, действующую на фундамент вертикальными сваями одинакового поперечного сечения, допускается принимать равномерно распределенной между всеми сваями.

3.13. Проверка устойчивости свайного фундамента и его основания должна производиться в соответствии с требованиями СНиП 2.02.01-83 с учетом действия дополнительных горизонтальных реакций от свай, приложенных к сдвигаемой части грунта.

3.14. Сваи и свайные фундаменты следует рассчитывать по прочности материала и производить проверку устойчивости фундаментов при действии сил морозного пучения, если основание сложено пучинистыми грунтами.

3.15. Расчет свай и свайных фундаментов по деформациям следует производить исходя из условия

$$s \leq s_u, \quad (4)$$

где s - совместная деформация сваи, свайного фундамента и сооружения (осадка, перемещение, относительная разность осадок свай, свайных фундаментов и т.п.), определяемая расчетом по указаниям [пп.3.3, 3.4, разд.6](#) и рекомендуемого [приложения 1](#);

s_u - предельное значение совместной деформации основания сваи, свайного фундамента и сооружения, устанавливаемое по указаниям СНиП 2.02.01-83, а для мостов - СНиП 2.05.03-84.

4. Расчет несущей способности свай

Свай-стойки

4.1. Несущую способность F_d , кН (тс), забивной сваи, сваи-оболочки, набивной и буровой сваи, опирающихся на скальный грунт, а также забивной сваи, опирающейся на малосжимаемый грунт (см. [примечание к п.2.2](#)), следует определять по формуле

$$F_d = \gamma_c A R, \quad (5)$$

где γ_c - коэффициент условий работы сваи в грунте, принимаемый $\gamma_c = 1$;

A - площадь опирания на грунт сваи, м², принимаемая для свай сплошного сечения равной площади поперечного сечения, а для свай полых круглого сечения и свай-оболочек - равной площади поперечного сечения нетто при отсутствии заполнения их полости бетоном и равной площади поперечного сечения брутто при заполнении этой полости бетоном на высоту не менее трех ее диаметров.

Расчетное сопротивление грунта R под нижним концом сваи-стойки, кПа (тс/м²), следует принимать:

а) для всех видов забивных свай, опирающихся на скальные и малосжимаемые грунты, $R = 20\ 000$ кПа (2000 тс/м²);

б) для набивных и буровых свай и свай-оболочек, заполняемых бетоном и заделанных в невыветрелый скальный грунт (без слабых прослоек) не менее чем на 0,5 м, - по формуле

"Формулы (6) и (7)"

Примечание. При наличии в основании набивных, буровых свай и свай-оболочек выветрелых, а также размягчаемых скальных грунтов их предел прочности на одноосное сжатие следует принимать по результатам испытаний штампами или по результатам испытаний свай и свай-оболочек статической нагрузкой.

Висячие забивные сваи всех видов и сваи-оболочки, погружаемые без выемки грунта

4.2. Несущую способность F_d , кН (тс), висячей забивной сваи и сваи-оболочки, погружаемой без выемки грунта, работающих на сжимающую нагрузку, следует определять как сумму сил расчетных сопротивлений грунтов основания под нижним концом сваи и на ее боковой поверхности по формуле

"Формула (8)"

В формуле (8) суммировать сопротивления грунта следует по всем слоям грунта, пройденным свай, за исключением случаев, когда проектом предусматривается планировка территории срезкой или возможен размыв грунта. В этих случаях следует суммировать сопротивления всех слоев грунта, расположенных соответственно ниже уровня планировки (срезки) и дна водоема после его местного размыва при расчетном паводке.

Таблица 1

Глубина погружения нижнего конца сваи, м	Расчетные сопротивления под нижним концом забивных свай и свай-оболочек, погружаемых без выемки грунта, R, кПа (тс/м ²)						
	песчаных грунтов средней плотности						
	гравелистых	крупных	-	средней крупности	мелких	пылеватых	-
	пылевато-глинистых грунтов при показателе текучести I, равном L						
	0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6
3	7500	6600 (660)	3000	3100 (310)	2000 (200)	1100	600
	(750)	4000 (400)	(300)	2000 (200)	1200 (120)	(110)	(60)
4	8300	6800 (680)	3800	3200 (320)	2100 (210)	1250	700
	(830)	5100 (510)	(380)	2500 (250)	1600 (160)	(125)	(70)
5	8800	7000 (700)	4000	3400 (340)	2200 (220)	1300	800
	(880)	6200 (620)	(400)	2800 (280)	2000 (200)	(130)	(80)
7	9700	7300 (730)	4300	3700 (370)	2400 (240)	1400	850
	(970)	6900 (690)	(430)	3300 (330)	2200 (220)	(140)	(85)
10	10 500	7700 (770)	5000	4000 (400)	2600 (260)	1500	900
	(1050)	7300 (730)	(500)	3500 (350)	2400 (240)	(150)	(900)
15	11 700	8200 (820)	5600	4400 (440)	2900 (290)	1650	1000
	(1170)	7500 (750)	(560)	4000 (400)		(165)	(100)
20	12 600	8500	6200	4800 (480)	3200 (320)	1800	1100
	(1260)	(850)	(620)	4500 (450)		(180)	(110)
25	13 400	9000	6800	5200 (520)	3500 (350)	1950	1200
	(1340)	(900)	(680)			(195)	(120)
30	14 200	9500	7400	5600 (560)	3800 (380)	2100	1300
	(1420)	(950)	(740)			(210)	(130)

35	15 000 (1500)	10 000 (1000)	8000 (800)	6000 (600)	4100 (410)	2250 (225)	1400 (140)
----	------------------	------------------	---------------	------------	------------	---------------	---------------

Примечания: 1. Над чертой даны значения R для песчаных грунтов, под чертой – для пылевато-глинистых.

2. В [табл.1](#) и [2](#) глубину погружения нижнего конца сваи и среднюю глубину расположения слоя грунта при планировке территории срезкой, подсыпкой, намывом до 3 м следует принимать от уровня природного рельефа, а при срезке, подсыпке, намыве от 3 до 10 м – от условной отметки, расположенной соответственно на 3 м выше уровня срезки или на 3 м ниже уровня подсыпки.

Глубину погружения нижнего конца сваи и среднюю глубину расположения слоя грунта в водоеме следует принимать от уровня дна после общего размыва расчетным паводком, на болотах – от уровня дна болота.

При проектировании путепроводов через выемки глубиной до 6 м для свай, забиваемых молотами без подмыва или устройства лидерных скважин, глубину погружения в грунт нижнего конца сваи в [табл.1](#) следует принимать от уровня природного рельефа в месте сооружения фундамента. Для выемок глубиной более 6 м глубину погружения свай следует принимать как для выемок глубиной 6 м.

3. Для промежуточных глубин погружения свай и промежуточных значений показателя текучести I пылевато-глинистых грунтов значения R и f_i в табл.1 и [2](#) определяются интерполяцией.

4. Для плотных песчаных грунтов, степень плотности которых определена по данным статического зондирования, значения R по табл.1 для свай, погруженных без использования подмыва или лидерных скважин, следует увеличить на 100%. При определении степени плотности грунта по данным других видов инженерных изысканий и отсутствии данных статического зондирования для плотных песков значения R по табл.1 следует увеличить на 60%, но не более чем до 20 000 кПа (2000 тс/м²).

5. Значения расчетных сопротивлений R по [табл.1](#) допускается использовать при условии, если заглубление свай в неразмываемый и несрезаемый грунт составляет не менее, м:

4,0 – для мостов и гидротехнических сооружений;

3,0 – для зданий и прочих сооружений;

6. Значения расчетного сопротивления R под нижним концом забивных свай сечением 0,15 x 0,15 м и менее, используемых в качестве фундаментов под внутренние перегородки одноэтажных производственных зданий, допускается увеличивать на 20%.

7. Для супесей при числе пластичности $l \leq 4$ и коэффициенте пористости $e < 0,8$ расчетные сопротивления R и f_i следует определять как для пылеватых песков средней плотности.

Таблица 2

Средняя глубина расположения слоя грунта, м	Расчетные сопротивления на боковой поверхности забивных свай и свай-оболочек f_i , кПа (тс/м ²)								
	песчаных грунтов средней плотности								
	крупных и средних	мелких	пылеватых	-	-	-	-	-	-

	крупности								
	пылевато-глинистых грунтов при показателе текучести I_L , равном								
	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0
1	35 (3,5)	23 (2,3)	15 (1,5)	12 (1,2)	8 (0,8)	4 (0,4)	4 (0,4)	3(0,3)	2(0,2)
2	42 (4,2)	30 (3,0)	21 (2,1)	17 (1,7)	12 (1,2)	7 (0,7)	5 (0,5)	4(0,4)	4(0,4)
3	48 (4,8)	35 (3,5)	25 (2,5)	20 (2,0)	14 (1,4)	8 (0,8)	7 (0,7)	6(0,6)	5(0,5)
4	53 (5,3)	38 (3,8)	27 (2,7)	22 (2,2)	16 (1,6)	9 (0,9)	8 (0,8)	7(0,7)	5(0,5)
5	56 (5,6)	40 (4,0)	29 (2,9)	24 (2,4)	17 (1,7)	10 (1,0)	8 (0,8)	7(0,7)	6(0,6)
6	58 (5,8)	42 (4,2)	31 (3,1)	25 (2,5)	18 (1,8)	10 (1,0)	8 (0,8)	7(0,7)	6(0,6)
8	62 (6,2)	44 (4,4)	33 (3,3)	26 (2,6)	19 (1,9)	10 (1,0)	8 (0,8)	7(0,7)	6(0,6)
10	65 (6,5)	46 (4,6)	34 (3,4)	27 (2,7)	19 (1,9)	10 (1,0)	8 (0,8)	7(0,7)	6(0,6)
15	72 (7,2)	51 (5,1)	38 (3,8)	28 (2,8)	20 (2,0)	11 (1,1)	8 (0,8)	7(0,7)	6(0,6)
20	79 (7,9)	56 (5,6)	41 (4,1)	30 (3,0)	20 (2,0)	12 (1,2)	8 (0,8)	7(0,7)	6(0,6)
25	86 (8,6)	61 (6,1)	44 (4,4)	32 (3,2)	20 (2,0)	12 (1,2)	8 (0,8)	7(0,7)	6(0,6)
30	93 (9,3)	66 (6,6)	47 (4,7)	34 (3,4)	21 (2,1)	12 (1,2)	9 (0,9)	8(0,8)	7(0,7)
35	100 (10,0)	70 (7,0)	50 (5,0)	36 (3,6)	22 (2,2)	13 (1,3)	9 (0,9)	8(0,8)	7(0,7)

Примечания: 1. При определении расчетного сопротивления грунта на боковой поверхности свай f_i по [табл.2](#) следует учитывать требования, изложенные в [примеч.2 и 3](#) к табл.1.

2. При определении по табл.2 расчетных сопротивлений грунтов на боковой поверхности свай f_i пласты грунтов следует расчленять на однородные слои толщиной не более 2 м.

3. Значения расчетного сопротивления плотных песчаных грунтов на боковой поверхности свай f_i следует увеличивать на 30% по сравнению со значениями, приведенными в табл.2.

4. Расчетные 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, приведенными в [табл.2](#), при любых значениях показателя текучести.

Таблица 3

Способы погружения забивных свай и свай-оболочек, погружаемых без выемки грунта, и виды грунтов	Коэффициенты условий работы грунта при расчете несущей способности свай	
	под нижним	на боковой

	концом гамма сR	поверхности гамма сf
1. Погружение сплошных и полых с закрытым нижним концом свай механическими (подвесными), паровоздушными и дизельными молотами	1,0	1,0
2. Погружение забивкой и вдавливанием в предварительно пробуренные лидерные скважины с заглублением концов свай не менее 1 м ниже забоя скважины при ее диаметре:		
а) равном стороне квадратной сваи	1,0	0,5
б) на 0,05 м менее стороны квадратной сваи	1,0	0,6
в) на 0,15 м менее стороны квадратной или диаметра сваи круглого сечения (для опор линий электропередачи)	1,0	1,0
3. Погружение с подмывом в песчаные грунты при условии добивки свай на последнем этапе погружения без применения подмыва на 1 м и более	1,0	0,9
4. Вибропогружение свай-оболочек, вибропогружение и вибровдавливание свай в грунты:		
а) песчаные средней плотности:		
крупные и средней крупности	1,2	1,0
мелкие	1,1	1,0
пылеватые	1,0	1,0
б) пылевато-глинистые с показателем текучести $I = 0,5$:		
L		
супеси	0,9	0,9
суглинки	0,8	0,9
глины	0,7	0,9
в) пылевато-глинистые с показателем текучести $I \leq 0$	1,0	1,0
L		
5. Погружение молотами любой конструкции полых железобетонных свай с открытым нижним концом:		
а) при диаметре полости сваи 0,4 м и менее	1,0	1,0
б) то же, от 0,4 до 0,8 м	0,7	1,0
6. Погружение любым способом полых свай круглого сечения с закрытым нижним концом на глубину 10 м и более с последующим устройством в нижнем конце свай камуфлетного уширения в песчаных грунтах средней плотности и в пылевато-глинистых грунтах с показателем текучести $I \leq 0,5$ при диаметре уширения, равном:		
L		
а) 1,0 м независимо от указанных видов грунта	0,9	1,0
б) 1,5 м в песках и супесях	0,8	1,0
в) 1,5 м в суглинках и глинах	0,7	1,0
7. Погружение вдавливанием свай:		
а) в пески средней плотности крупные, средней крупности и мелкие	1,1	1,0
б) в пески пылеватые	1,1	0,8
в) в пылевато-глинистые грунты с показателем текучести $I < 0,5$	1,1	1,0
L		
г) то же, $I \geq 0,5$	1,0	1,0

L

Примечание. Коэффициенты $\gamma_{сR}$ и $\gamma_{сf}$ по [поз.4 табл.3](#) для пылевато-глинистых грунтов с показателем текучести $0,5 > I > 0$ определяются интерполяцией.

Примечания: 1. Несущую способность забивных булавовидных свай следует определять по [формуле \(8\)](#), при этом за периметр u на участке ствола следует принимать периметр поперечного сечения ствола сваи, на участке уширения - периметр поперечного сечения уширения.

Расчетное сопротивление $f_{i,}$ грунта на боковой поверхности таких свай на участке уширения, а в песчаных грунтах - и на участке ствола следует принимать таким же, как для свай без уширения; в пылевато-глинистых грунтах сопротивление $f_{i,}$ на участке ствола, расположенного в створе уширения, следует принимать равным нулю.

2. Расчетные сопротивления грунтов R и $f_{i,}$ в формуле (8) для лессовых пылевато-глинистых грунтов при глубине погружения свай более 5 м следует принимать по значениям, указанным в [табл.1](#) и [2](#) для глубины 5 м.

Кроме того, для этих грунтов в случае возможности их замачивания расчетные сопротивления R и $f_{i,}$ указанные в табл.1 и 2, следует принимать при показателе текучести, соответствующем полному водонасыщению грунта.

4.3. Для забивных свай, опирающихся нижним концом на рыхлые песчаные грунты или на пылевато-глинистые грунты с показателем текучести $I_L > 0,6$, несущую способность следует определять по результатам статических испытаний свай.

4.4. Несущую способность пирамидальной, трапецеидальной и ромбовидной свай, прорезающих песчаные и пылевато-глинистые грунты, $F_{d,}$ кН (тс), с наклоном боковых граней $i_p \leq 0,025$ следует определять по формуле

"Формула (9)"

Примечания: 1. При ромбовидных сваях суммирование сопротивлений грунта на боковой поверхности участков с обратным наклоном в формуле (9) не производится.

2. Расчет пирамидальных свай с наклоном боковых граней $i_p > 0,025$ допускается производить в соответствии с требованиями рекомендуемого [приложения 2](#) при наличии результатов прессиометрических испытаний, а при их отсутствии - по формуле (9), принимая значение i_p равным 0,025.

4.5. Несущую способность $F_{du,}$ кН (тс), висячей забивной сваи и сваи-оболочки, погружаемой без выемки грунта, работающих на выдерживающую нагрузку, следует определять по формуле

"Формула (10)"

Примечание. В фундаментах опор мостов не допускается работа свай на выдергивание при действии одних постоянных нагрузок.

Таблица 4

Грунты	Коэффициент k_i
Пески и супеси	0,5
Суглинки	0,6
Глины:	
при $I_p = 18$	0,7
" $I_p = 25$	0,9
<p>Примечание. Для глин с числом пластичности $18 < I_p < 25$ значения коэффициента k_i определяются интерполяцией.</p>	

Висячие набивные и буровые сваи и сваи-оболочки, заполняемые бетоном

4.6. Несущую способность F_d , кН (тс), набивной и буровой свай с уширением и без уширения, а также сваи-оболочки, погружаемой с выемкой грунта и заполняемой бетоном, работающих на сжимающую нагрузку, следует определять по формуле

"Формула (11)"

Примечание. Сопротивление песчаных грунтов на боковой поверхности свай с уширением следует учитывать на участке от уровня планировки до уровня пересечения ствола сваи с поверхностью воображаемого конуса, имеющего в качестве образующей линию, касающуюся поверхности уширения под углом $\varphi/2$ к оси сваи, где φ - осредненное (по слоям) расчетное значение угла внутреннего трения грунта, залегающего в пределах указанного конуса, определяемое в соответствии с требованиями [п.3.5](#). Сопротивление пылевато-глинистых грунтов допускается учитывать по всей длине ствола.

4.7. Расчетное сопротивление R , кПа (тс/м²), грунта под нижним концом сваи следует принимать:

а) для крупнообломочных грунтов с песчаным заполнителем и песчаных грунтов в основании набивной и буровой свай с уширением и без уширения, сваи-оболочки, погружаемой с полным удалением грунтового ядра, - по формуле (12), а сваи-оболочки, погружаемой с сохранением грунтового ядра из указанных грунтов на высоту 0,5 м и более, - по формуле (13):

"Формулы (12) и (13)"

б) для пылевато-глинистых грунтов в основании - по [табл.7](#).

Примечание. Указания п.4.7 относятся к случаям, когда обеспечивается заглубление свай в грунт, принятый за основание их нижних концов, не менее чем на диаметр сваи (или уширения для свай с уширением), но не менее чем на 2 м.

Таблица 5

Сваи и способы их устройства	Коэффициент условий работы сваи гамма с γ			
	в песках	в супе- сях	в суг- линках	в глинах
1. Набивные по п.2.5 , а при забивке инвентарной трубы с наконечником	0,8	0,8	0,8	0,7
2. Набивные виброштампованные	0,9	0,9	0,9	0,9
3. Буровые, в том числе с уширением, бетонируемые:				
а) при отсутствии воды в скважине (сухим способом), а также при использовании обсадных инвентарных труб	0,7	0,7	0,7	0,6
б) под водой или под глинистым раствором	0,6	0,6	0,6	0,6
в) жесткими бетонными смесями, укладываемыми с помощью глубинной вибрации (сухим способом)	0,8	0,8	0,8	0,7
4. Бурунабивные, полые круглые, устраиваемые при отсутствии	0,8	0,8	0,8	0,7

воды в скважине с помощью вибросердечника				
5. Сваи-оболочки, погружаемые вибрированием с выемкой грунта	1,0	0,9	0,7	0,6
6. Сваи-столбы	0,7	0,7	0,7	0,6
7. Буроинъекционные, изготавливаемые под защитой обсадных труб или бентонитового раствора с опрессовкой давлением 200 - 400 кПа (2 - 4 атм)	0,9	0,8	0,8	0,8

Таблица 6

Коэффициенты	Расчетные значения угла внутреннего трения грунта ϕ_i , град.								
	23	25	27	29	31	33	35	37	39
альфа ₁	9,5	12,6	17,3	24,4	34,6	48,6	71,3	108,0	163,0
альфа ₂	18,6	24,8	32,8	45,5	64,0	87,6	127,0	185,0	260,0
альфа ₃ , при h/d, равном, м:									
4,0	0,78	0,79	0,80	0,82	0,84	0,85	0,85	0,85	0,87
5,0	0,75	0,76	0,77	0,79	0,81	0,82	0,83	0,84	0,85
7,5	0,68	0,70	0,71	0,74	0,76	0,78	0,80	0,82	0,84
10,0	0,62	0,65	0,67	0,70	0,73	0,75	0,77	0,79	0,81
12,5	0,58	0,61	0,68	0,67	0,70	0,73	0,75	0,78	0,80
15,0	0,55	0,58	0,61	0,65	0,68	0,71	0,73	0,76	0,79
17,5	0,51	0,55	0,58	0,62	0,66	0,69	0,72	0,75	0,78
20,0	0,49	0,53	0,57	0,61	0,65	0,68	0,72	0,75	0,78
22,5	0,46	0,51	0,55	0,60	0,64	0,67	0,71	0,74	0,77
25,0 и более	0,44	0,49	0,54	0,59	0,63	0,67	0,70	0,74	0,77
альфа ₄ при d, равном, м:									
0,8 и менее	0,34	0,31	0,29	0,27	0,26	0,25	0,24	0,23	0,22
4,0	0,25	0,24	0,23	0,22	0,21	0,20	0,19	0,18	0,17
<p>Примечание. Для промежуточных значений ϕ_i, h/d и d значения коэффициентов альфа₁, альфа₂, альфа₃ и альфа₄ определяются интерполяцией.</p>									

Таблица 7

Глубина заложения ниж-	Расчетное сопротивление R, кПа (тс/м ²), под нижним концом набивных и буровых свай с уширением и без уширения и свай-оболочек, погружаемых с выемкой грунта и заполняемых бетоном при пылевато-глинистых грунтах, за исключением лессовых, с показателем текучести I, равным
------------------------	--

него конца сваи h, м	L						
	0,0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6
3	850 (85)	750 (75)	650 (65)	500 (50)	400 (40)	300 (30)	250 (25)
5	1000 (100)	850 (85)	750 (75)	650 (65)	500 (50)	400 (40)	350 (35)
7	1150 (115)	1000 (100)	850 (85)	750 (75)	600 (60)	500 (50)	450 (45)
10	1350 (135)	1200 (120)	1050 (105)	950 (95)	800 (80)	700 (70)	600 (60)
12	1550 (155)	1400 (140)	1250 (125)	1100 (110)	950 (95)	800 (80)	700 (70)
15	1800 (180)	1650 (165)	1500 (150)	1300 (130)	1100 (110)	1000 (100)	800 (80)
18	2100 (210)	1900 (190)	1700 (170)	1500 (150)	1300 (130)	1150 (115)	950 (95)
20	2300 (230)	2100 (210)	1900 (190)	1650 (165)	1450 (145)	1250 (125)	1050 (105)
30	3300 (330)	3000 (300)	2600 (260)	2300 (230)	2000 (200)	-	-
40	4500 (450)	4000 (400)	3500 (350)	3000 (300)	2500 (250)	-	-

Примечание. Для свайных фундаментов опор мостов значения, приведенные в [табл.7](#), следует:

а) повышать (при расположении опор в водоеме) на величину, равную $1,5 \gamma h$, где γ - удельный вес воды - 10 кН/м³ (1 тс/м³); h - глубина слоя воды в водоеме от ее уровня при расчетном паводке до уровня дна водоема, а при возможности размыва - до уровня дна после общего размыва;

б) понижать при коэффициенте пористости грунта $e > 0,6$, при этом коэффициент понижения m следует определять интерполяцией между значениями $m = 1,0$ при $e = 0,6$ и $m = 0,6$ при $e = 1,1$.

4.8. Расчетное сопротивление R , кПа (тс/м²), грунта под нижним концом сваи-оболочки, погружаемой без удаления грунта или с сохранением грунтового ядра высотой не менее трех диаметров оболочки на последнем этапе ее погружения и не заполняемой бетоном (при условии, что грунтовое ядро образовано из грунта, имеющего те же характеристики, что и грунт, принятый за основание конца сваи-оболочки), следует принимать по [табл.1](#) с коэффициентом условий работы, учитывающим способ погружения сваи-оболочек в соответствии с [поз.4 табл.3](#), причем расчетное сопротивление в указанном случае относится к площади поперечного сечения сваи-оболочки нетто.

4.9. Несущую способность F_{du} , кН (тс), набивной и буровой сваи и сваи-оболочки, работающих на выдергивающие нагрузки, следует определять по формуле

"Формула (14)"

Винтовые сваи

4.10. Несущую способность F_d , кН (тс), винтовой сваи диаметром лопасти $d \leq 1,2$ м и длиной $l < 10$ м, работающей на сжимающую или выдергивающую нагрузку, следует определять по формуле (15), а при диаметре лопасти $d > 1,2$ м и длине сваи $l > 10$ м - только по данным испытаний винтовой сваи статической нагрузкой:

"Формула (15)"

Примечания: 1. При определении несущей способности винтовых свай при действии вдавливающих нагрузок характеристики грунтов в [табл.9](#) относятся к грунтам, залегающим под лопастью, а при работе на выдергивающие нагрузки - над лопастью сваи.

2. Глубина заложения лопасти от уровня планировки должна быть не менее $5d$ при пылевато-глинистых грунтах и не менее $6d$ - при песчаных грунтах (где d - диаметр лопасти).

3. Расчетные значения угла внутреннего трения φ_I и сцепления грунта c_I основания при расчетах по формуле (15) должны определяться в соответствии с требованиями [п.3.5.](#)

Таблица 8

Грунты	Коэффициент условий работы винтовых свай гамма при нагрузках с		
	сжимающих	выдергивающих	знакопеременных
1. Глины и суглинки:			
а) твердые, полутвердые и тугопластичные	0,8	0,7	0,7
б) мягкопластичные	0,8	0,7	0,6
в) текучепластичные	0,7	0,6	0,4
2. Пески и супеси:			
а) пески маловлажные и супеси твердые	0,8	0,7	0,5
б) пески влажные и супеси пластичные	0,7	0,6	0,4
в) пески водонасыщенные и супеси текучие	0,6	0,5	0,3

Таблица 9

Расчетное значение угла внутреннего трения грунта в рабочей зоне φ_I , град.	Коэффициенты		Расчетное значение угла внутреннего трения грунта в рабочей зоне φ_I , град.	Коэффициенты	
	альфа 1	альфа 2		альфа 1	альфа 2
13	7,8	2,8	24	18,0	9,2
15	8,4	3,3	26	23,1	12,3
16	9,4	3,8	28	29,5	16,5
18	10,1	4,5	30	38,0	22,5
20	12,1	5,5	32	48,4	31,0
22	15,0	7,0	34	64,9	44,4

Учет отрицательных (негативных) сил трения грунта на боковой поверхности свай

4.11. Отрицательные (негативные) силы трения, возникающие на боковой поверхности свай при осадке околосвайного грунта и направленные вертикально вниз, следует учитывать в случаях:

- планировки территории подсыпкой толщиной более 1,0 м;
- загрузки пола складов полезной нагрузкой более 20 кН/м² (2 тс/м²);
- загрузки пола около фундаментов полезной нагрузкой от оборудования более 100 кН/м² (10 тс/м²);
- увеличения эффективных напряжений в грунте за счет снятия взвешивающего действия воды при понижении уровня подземных вод;
- незавершенной консолидации грунтов современных и техногенных отложений;
- уплотнения несвязных грунтов при динамических воздействиях;
- просадки грунтов при замачивании.

Примечание. Учет отрицательных сил трения, возникающих в просадочных грунтах, следует производить в соответствии с требованиями [разд.8.](#)

4.12. Отрицательные силы трения учитываются до глубины, на которой значение осадки околовсвайного грунта после возведения и загрузки свайного фундамента превышает половину предельного значения осадки фундамента. Расчетные сопротивления грунта f_i принимаются по [табл.2](#) со знаком "минус", а для торфа, ила, сапропеля - минус 5 кПа (0,5 тс/м²).

Если в пределах длины погруженной части сваи залегают напластования торфа толщиной более 30 см и возможна планировка территории подсыпкой или иная ее загрузка, эквивалентная подсыпке, то расчетное сопротивление грунта f_i , расположенного выше подошвы наинизшего (в пределах длины погруженной части сваи) слоя торфа, следует принимать:

а) при подсыпках высотой менее 2 м - для грунтовой подсыпки и слоев торфа - равным нулю, для минеральных ненасыпных грунтов природного сложения - положительным значениям по табл.2;

б) при подсыпках высотой от 2 до 5 м - для грунтов, включая подсыпку, - равным 0,4 значений, указанных в табл.2, но со знаком "минус", а для торфа - минус 5 кПа (0,5 тс/м²) (отрицательные силы трения);

в) при подсыпках высотой более 5 м - для грунтов, включая подсыпку,
- равным значениям, указанным в [табл.2](#), но со знаком "минус", а для торфа
- минус 5 кПа (0,5 тс/м²).

В пределах нижней части свай, где осадка околовсвайного грунта после возведения и загрузки свайного фундамента менее половины предельного значения осадки свайного фундамента, расчетные сопротивления грунта f_i следует принимать положительными по табл.2, а для торфа, ила, сапропеля равными 5 кПа (0,5 тс/м²).

4.13. В случае, когда консолидация грунта от подсыпки или пригрузки территории к моменту начала возведения надземной части зданий или сооружений (включая свайный ростверк) завершилась или возможное значение осадки грунта, окружающего сваи, после указанного момента в результате остаточной консолидации не будет превышать половины предельного значения осадки для проектируемого здания или сооружения, сопротивление грунта на боковой поверхности сваи допускается принимать положительным вне зависимости от наличия или отсутствия прослоек торфа. Для прослоек торфа значение f_i следует принимать равным 5 кПа (0,5 тс/м²).

Если известны значения коэффициентов консолидации и модуля деформации торфов, залегающих в пределах длины погруженной части сваи, и возможно определение значения осадки основания от воздействия пригрузки территории для каждого слоя грунта, то при определении несущей способности сваи допускается учитывать силы сопротивления грунта с отрицательным знаком (отрицательные силы трения) не от уровня подошвы нижнего слоя торфа, а начиная от верхнего уровня слоя грунта, значение дополнительной осадки которого от пригрузки территории (определенной начиная с момента передачи на сваю расчетной нагрузки) составляет половину предельного значения осадки для проектируемого здания или сооружения.

5. Определение несущей способности свай по результатам полевых исследований

5.1. Испытания свай статической и динамической нагрузками следует производить, соблюдая требования ГОСТ 5686-78, а испытания грунтов статическим зондированием и эталонной сваей - ГОСТ 20069-81 и ГОСТ 24942-81.

Взамен ГОСТ 20069-81 постановлением Госстроя РФ от 22 августа 2001 г. N 99 введен в действие Межгосударственный стандарт ГОСТ 19912-2001 "Грунты. Методы полевых испытаний статическим и динамическим зондированием"

Взамен ГОСТ 24942-81 и ГОСТ 5686-78 постановлением Минстроя РФ от 23 февраля 1995 г. N 18-20 с 1 января 1996 г. введен в действие ГОСТ 5686-94

Примечание. Для забивных висячих свай длиной более 12 м вместо испытаний грунтов эталонной сваей допускается производить испытания статической нагрузкой с помощью металлической сваи-зонда диаметром 127 мм, конструкция которой обеспечивает отдельные измерения сопротивления грунта под нижним концом и на участке боковой поверхности (муфте трения) площадью 0,25 м². Испытания грунтов сваей-зондом следует производить в соответствии с требованиями ГОСТ 24942-81 применительно к эталонной свае типа II.

Взамен ГОСТ 24942-81 постановлением Минстроя РФ от 23 февраля 1995 г. N 18-20 с 1 января 1996 г. введен в действие ГОСТ 5686-94

5.2. Для определения несущей способности свай по результатам полевых исследований для каждого здания или сооружения должно быть проведено не менее:

статических испытаний свай и свай-штампов	2
динамических испытаний свай	6
испытаний грунтов эталонной сваей	6
испытаний свай-зондов	6
испытаний статическим зондированием	6

5.3. Несущую способность F_d , кН (тс), свай по результатам их испытаний вдавливающей, выдергивающей и горизонтальной статическими нагрузками и по результатам их динамических испытаний следует определять по формуле

"Формула (16)"

Примечание. Результаты статических испытаний свай на горизонтальные нагрузки могут быть использованы для непосредственного определения расчетной нагрузки, допускаемой на сваю, если условия испытаний соответствуют действительным условиям работы сваи в фундаменте здания или сооружения.

5.4. В случае, если число свай, испытанных в одинаковых грунтовых условиях, составляет менее шести, нормативное значение предельного сопротивления сваи в формуле (16) следует принимать равным наименьшему предельному сопротивлению, полученному из результатов испытаний, т.е. $F_{u,n} = F_{u,min}$, а коэффициент надежности по грунту $\gamma_g = 1$.

В случае, если число свай, испытанных в одинаковых условиях, составляет шесть и более, $F_{u,n}$ и γ_g следует определять на основании результатов статистической обработки частных значений предельных сопротивлений свай F_u , полученных по данным испытаний, руководствуясь требованиями ГОСТ 20522-75 применительно к методике, приведенной в нем для определения временного сопротивления. При этом для определения частных значений предельных сопротивлений следует руководствоваться требованиями п.5.5 при вдавливающих, [п.5.6](#) - при выдергивающих и горизонтальных нагрузках и [п.5.7](#) - при динамических испытаниях.

Взамен ГОСТ 20522-75 постановлением Минстроя РФ от 1 августа 1996 г. N 18-58 введен в действие Межгосударственный стандарт ГОСТ 20522-96 "Грунты. Методы статистической обработки результатов испытаний"

5.5. Если нагрузка при статическом испытании свай на вдавливание доведена до нагрузки, вызывающей непрерывное возрастание их осадки s без увеличения нагрузки (при $s \leq 20$ мм), то эта нагрузка принимается за частное значение предельного сопротивления F_u испытываемой сваи.

Во всех остальных случаях для фундаментов зданий и сооружений (кроме мостов и гидротехнических сооружений) за частное значение предельного сопротивления сваи F_u вдавливающей нагрузке следует принимать нагрузку, под воздействием которой испытываемая свая получит осадку, равную s и определяемую по формуле

"Формула (17)"

Значение коэффициента дзета следует принимать равным 0,2 в случаях, когда испытание свай производится при условной стабилизации, равной 0,1 мм за 1 ч, если под их нижними концами залегают песчаные или пылевато-глинистые грунты с консистенцией от твердой до тугопластичной, а также за 2 ч, если под их нижними концами залегают пылевато-глинистые грунты от мягкопластичной до текучей консистенции. Значение коэффициента дзета допускается уточнять по результатам наблюдений за осадками зданий, построенных на свайных фундаментах в аналогичных грунтовых условиях.

Если осадка, определенная по формуле (17), окажется более 40 мм, то за частное значение предельного сопротивления сваи F_u следует принимать нагрузку, соответствующую $s = 40$ мм.

Для мостов и гидротехнических сооружений за предельное сопротивление сваи F_u при вдавливающих нагрузках следует принимать нагрузку на одну ступень менее нагрузки, при которой вызываются:

- приращение осадки за одну ступень загрузки (при общем значении осадки более 40 мм),

превышающее в 5 раз и более приращение осадки, полученное за предшествующую ступень загрузки;
б) осадка, не затухающая в течение суток и более (при общем значении ее более 40 мм).

Если при максимальной достигнутой при испытаниях нагрузке, которая окажется равной или более $1,5F_d$ [где F_d - несущая способность сваи, подсчитанная по [формулам \(5\), \(8\), \(9\), \(11\) и \(15\)](#)], осадка сваи s при испытаниях окажется менее значения, определенного по [формуле \(17\)](#), а для мостов и гидротехнических сооружений - менее 40 мм, то в этом случае за частное значение предельного сопротивления сваи F_u допускается принимать максимальную нагрузку, полученную при испытаниях.

Примечания: 1. В отдельных случаях при соответствующем обосновании допускается принимать максимальную нагрузку, достигнутую при испытаниях, равной F_d .

2. Ступени загрузки при испытаниях свай статической вдавливающей нагрузкой должны назначаться равными 1/10 - 1/15 предполагаемого предельного сопротивления сваи F_u .

5.6. При испытании свай статической выдергивающей или горизонтальной нагрузкой за частное значение предельного сопротивления F_u ([см. п.5.4](#)) по графикам зависимости перемещений от нагрузок принимается нагрузка на одну ступень менее нагрузки, без увеличения которой перемещения сваи непрерывно возрастают.

Примечание. Результаты статических испытаний свай на горизонтальные нагрузки могут быть использованы для непосредственного определения расчетных параметров системы "свая - грунт", используемых в расчетах по рекомендуемому [приложению 1](#).

5.7. При динамических испытаниях забивных свай частное значение предельного сопротивления F_u , кН (тс), ([см. п.5.4](#)) по данным их погружения при фактических (измеренных) остаточных отказах $s_a \geq 0,002$ м следует определять по формуле

"Формула (18)"

Если фактический (измеренный) остаточный отказ $s_a < 0,002$ м, то в проекте свайного фундамента следует предусмотреть применение для погружения свай молота с большей энергией удара, при которой остаточный отказ будет $s_a \geq 0,002$ м, а в случае невозможности замены сваебойного оборудования и при наличии отказомеров частное значение предельного сопротивления сваи F_u , кН (тс), следует определять по формуле

"Формулы (19) и (20)"

Примечания: 1. При забивке свай в грунт, подлежащий удалению при разработке котлована, или в грунт dna водотока значение расчетного отказа следует определять исходя из несущей способности свай, вычисленной с учетом неудаленного или подверженного возможному размыву грунта, а в местах вероятного проявления отрицательных сил трения - с их учетом.

2. В случае расхождения более чем в 1,4 раза значений несущей способности свай, определенных по [формулам \(18\) - \(20\)](#), с несущей способностью, определенной расчетом в соответствии с требованиями [разд.4](#) (по результатам лабораторных определений физико-механических свойств грунтов), необходимо дополнительно проверить несущую способность свай по результатам статического зондирования или статических испытаний свай.

Таблица 10

Случай расчета	Коэффициент эта, кН/м ² (тс/м ²)
Испытание свай забивкой и добивкой (а также в случае определения отказов) при видах свай:	
железобетонных с наголовником	1500 (150)
деревянных без подбабка	1000 (100)
" с подбабком	800 (80)

Контроль несущей способности свай по результатам производственной забивки при значении E/s , кН/тс: d a	
1000 (100) и менее	2500 (250)
2000 (200)	1500 (150)
4000 (400)	950 (95)
8000 (800) и более	700 (70)

Таблица 11

Грунты под нижним концом сваи	Коэффициент М
1. Крупнообломочные с песчаным заполнителем	1,3
2. Пески средней крупности и крупные средней плотности и супеси твердые	1,2
3. Пески мелкие средней плотности	1,1
4. Пески пылеватые средней плотности	1,0
5. Супеси пластичные, суглинки и глины твердые	0,9
6. Суглинки и глины полутвердые	0,8
7. Суглинки и глины тугопластичные	0,7

Примечание. При плотных песках значения коэффициента М в поз.2 - 4 табл.11 следует повышать на 60%, при наличии материалов статического зондирования - на 100%.

Таблица 12

Молот	Расчетная энергия удара молота E , кДж (тс x м) d
1. Подвесной или одиночного действия	GH
2. Трубчатый дизель-молот	$0,9GH$
3. Штанговый дизель-молот	$0,4GH$
4. Дизельный при контрольной добивке одиночными ударами без подачи топлива	$G(H-h)$

Примечания: 1. G - вес ударной части молота, кН (тс).
2. В поз.4 h - высота первого отскока ударной части дизель-молота от воздушной подушки, определяемая по мерной рейке, м. Для предварительных расчетов допускается принимать: для штанговых молотов $h = 0,6$ м, для трубчатых молотов $h = 0,4$ м.

Таблица 13

Возмущающая сила вибропогружателя, кН (тс)	Эквивалентная расчетная энергия удара вибропогружателя, кДж (тс x м)
100 (10)	45,0 (4,5)
200 (20)	90,0 (9,0)
300 (30)	130,0 (13)
400 (40)	175,0 (17,5)
500 (50)	220,0 (22)
600 (60)	265,0 (26,5)
700 (70)	310,0 (31)
800 (80)	350,0 (35)

5.8. Несущую способность F_d , кН (тс), забивной висячей сваи, работающей на сжимающую нагрузку, по результатам испытаний грунтов эталонной сваей, испытаний сваи-зонда или статического зондирования следует определять по формуле

"Формула (21)"

5.9. Частное значение предельного сопротивления забивной сваи в месте испытания грунтов эталонной сваей F_u , кН (тс), следует определять:

а) при испытании грунтов эталонной сваей типа I (ГОСТ 24942-81) - по формуле

Взамен ГОСТ 24942-81 постановлением Минстроя РФ от 23 февраля 1995 г. N 18-20 с 1 января 1996 г. введен в действие ГОСТ 5686-94

"Формула (22)"

б) при испытании грунтов эталонной сваей типа II или III (ГОСТ 24942-81) - по формуле

Взамен ГОСТ 24942-81 постановлением Минстроя РФ от 23 февраля 1995 г. N 18-20 с 1 января 1996 г. введен в действие ГОСТ 5686-94

"Формула (23)"

Примечание. При применении эталонной сваи типа II следует проверить соответствие суммы предельных сопротивлений грунта под нижним концом и на боковой поверхности эталонной сваи ее предельному сопротивлению. Если разница между ними превышает +20%, то расчет предельного сопротивления натурной сваи должен выполняться как для эталонной сваи типа I.

5.10. Частное значение предельного сопротивления забивной сваи в месте испытаний сваи-зонда F_u , кН (тс), следует определять по формуле

"Формула (24)"

5.11. Частное значение предельного сопротивления забивной сваи в точке зондирования F_u , кН (тс), следует определять по формуле

"Формула (25)"

Предельное сопротивление грунта под нижним концом забивной сваи R_s , кПа (тс/м²), по данным зондирования в рассматриваемой точке следует определять по формуле

$$R_s = \beta_1 q_s, \quad (26)$$

где β_1 - коэффициент перехода от q_s к R_s , принимаемый по [табл.15](#) независимо от типа зонда (по ГОСТ 20069-81);

Взамен ГОСТ 20069-81 постановлением Госстроя РФ от 22 августа 2001 г. N 99 введен в действие Межгосударственный стандарт ГОСТ 19912-2001 "Грунты. Методы полевых испытаний статическим и динамическим зондированием"

q_s - среднее значение сопротивления грунта, кПа (тс/м²), под наконечником зонда, полученное из опыта, на участке, расположенном в пределах одного диаметра d выше и четырех диаметров ниже отметки острия проектируемой сваи (где d - диаметр круглого или сторона квадратного, или большая сторона

прямоугольного сечения сваи, м) .

Таблица 14

R _{sp} , кПа (тс/м ²)	Коэффициент гамма cR в зависимости от R _{sp}		f _{sp} , f _{ps,i} , кПа (тс/м ²)	Коэффициент гамма cf в зависимости от f _{sp} для эталонных свай типов II и III		Коэффициент гамма cf в зависимости от f _{ps,i} для свай-зонда
	для эталонных свай типа II	для эталонных свай типа III		при песчаных грунтах	при пылевато-глинистых грунтах	
<=2000 (200)	1,15	1,40	<=20 (2)	2,00	1,20	0,90
3000 (300)	1,05	1,20	30 (3)	1,65	0,95	0,85
4000 (400)	1,00	0,90	40 (4)	1,40	0,80	0,80
5000 (500)	0,90	0,80	50 (5)	1,20	0,70	0,75
6000 (600)	0,80	0,75	60 (6)	1,05	0,65	0,70
7000 (700)	0,75	0,70	80 (8)	0,80	0,55	-
10 000 (1000)	0,65	0,60	>=120 (12)	0,50	0,40	-
>= 13 000 (1300)	0,60	0,55	-	-	-	-

Примечания: 1. Для промежуточных значений R_{sp} и f_{sp} значения гамма и гамма cR определяются интерполяцией.
2. В случае, если по боковой поверхности сваи залегают песчаные и пылевато-глинистые грунты, коэффициент гамма cf определяется по формуле

Среднее значение предельного сопротивления грунта на боковой поверхности забивной сваи f, кПа (тс/м²), по данным зондирования грунта в рассматриваемой точке следует определять:

а) при применении зондов типа I - по формуле

$$f = \beta \frac{f_s}{2} \quad (27)$$

б) при применении зондов типа II или III - по формуле

"Формула (28)"

Таблица 15

q _s , кПа (тс/м ²)	бета - коэффициент 1 перехода от q _s к R _s		f _s , f _{si} , кПа (тс/м ²)	бета - коэффициент 2	бета - коэффициент i
	для за-	для винтовых свай при наг-		фициент перехода от f _s к f _{si}	фициент перехода от f _s к f _{si}
				для зонда типа I	f для зонда типа II или III

	бив- ных свай	рузке			при песча- ных грун- тах	при пыле- вато- глини- стых грун- тах	при песча- ных грун- тах	при пыле- вато- глини- стых грун- тах
		сжима- ющей	выдер- гиваю- щей					
<=1000 (100)	0,90	0,50	0,40	<=20 (2)	2,40	1,50	0,75	1,00
2500 250	0,80	0,45	0,38	40 (4)	1,65	1,00	0,60	0,75
5000 (500)	0,65	0,32	0,27	60 (6)	1,20	0,75	0,55	0,60
7500 (750)	0,55	0,26	0,22	80 (8)	1,00	0,60	0,50	0,45
10 000 (1000)	0,45	0,23	0,19	100 (10)	0,85	0,50	0,45	0,40
15 000 (1500)	0,35	-	-	>=120 (12)	0,75	0,40	0,40	0,30
20 000 (2000)	0,30	-	-	-	-	-	-	-
>=30 000 (3000)	0,20	-	-	-	-	-	-	-

Примечание. Для винтовых свай в песчаных грунтах, насыщенных водой, значения коэффициента бета должны быть уменьшены в два раза.

1

5.12. Несущую способность винтовой сваи, работающей на сжимающую и выдергивающую нагрузки, по результатам статического зондирования следует определять по [формуле \(21\)](#), а частное значение предельного сопротивления сваи в точке зондирования - по [формуле \(25\)](#), где глубина принимается уменьшенной на значение диаметра лопасти. Предельное сопротивление грунта под (над) лопастью сваи по данным зондирования грунта в рассматриваемой точке следует определять по [формуле \(26\)](#). В этом случае бета_1 коэффициент, принимаемый по [табл.15](#) в зависимости от среднего значения сопротивления грунта под наконечником зонда в рабочей зоне, принимаемой равной диаметру лопасти. Среднее значение предельного сопротивления грунта на боковой поверхности ствола винтовой сваи по данным зондирования грунта в рассматриваемой точке следует определять по [формуле \(27\)](#) или [\(28\)](#).

6. Расчет свайных фундаментов и их оснований по деформациям

6.1. Расчет фундамента из висячих свай и его основания по деформациям следует, как правило, производить как для условного фундамента на естественном основании в соответствии с требованиями СНиП 2.02.01-83. Границы условного фундамента (см. [чертеж](#)) определяются следующим образом:

снизу - плоскостью АБ, проходящей через нижние концы свай:

с боков - вертикальными плоскостями АВ и БГ, отстоящими от наружных граней крайних рядов вертикальных свай на расстоянии $htg(\phi_{II}, mt/4)$ (см. [чертеж, а](#)), но не более $2d$ в случаях, когда под нижними концами свай залегают пылевато-глинистые грунты с показателем текучести $I_L > 0,6$ (d -диаметр или сторона поперечного сечения сваи), а при наличии наклонных свай - проходящими через нижние концы этих свай (см. [чертеж, б](#));

сверху - поверхностью планировки грунта ВГ, здесь ϕ_{II}, mt осредненное расчетное значение угла внутреннего трения грунта, определяемое по формуле

"Определение границ условного фундамента при расчете осадок свайных фундаментов (Формула (29))"

При расчете по деформациям в собственный вес условного фундамента включают вес свай и ростверка, а также вес грунта в объеме условного фундамента. Дополнительное вертикальное давление на уровне подошвы условного фундамента определяют всегда за вычетом вертикального напряжения от собственного веса грунта на уровне этой подошвы независимо от ее ширины.

Полученные по расчету значения деформаций (осадок) свайного фундамента и его основания не должны превышать предельных значений в соответствии с условием [\(4\)](#).

6.2. Если при строительстве предусматриваются планировка территории подсыпкой (намывом) высотой более 2 м и другая постоянная (долговременная) загрузка территории, эквивалентная подсыпке, а в пределах глубины погружения свай залегают слои торфа или ила толщиной более 30 см, то значение осадки свайного фундамента из висячих свай следует определять с учетом уменьшения габаритов условного фундамента, который в этом случае как при вертикальных, так и при наклонных сваях принимается

ограниченным с боков вертикальными плоскостями, отстоящими от наружных граней крайних рядов вертикальных свай на расстоянии $h_{mt} \operatorname{tg}(\varphi_{II,mt}/4)$, где h_{mt} - расстояние от нижнего конца сваи до подошвы слоя торфа или ила толщиной более 30 см.

6.3. Свайные фундаменты из свай, работающих как сваи-стойки, висячие одиночные сваи, воспринимающие вне кустов выдергивающие нагрузки, а также свайные кусты, работающие на действие выдергивающих нагрузок, рассчитывать по деформациям не требуется.

6.4. Расчет свай по деформациям на совместное действие вертикальной и горизонтальной сил и момента следует выполнять по указаниям рекомендуемого [приложения 1](#), а расчет осадок малонагруженных ленточных свайных фундаментов и одиночных свай допускается выполнять по указаниям рекомендуемых [приложений 3](#) и [4](#).

7. Конструирование свайных фундаментов

7.1. Свайные фундаменты в зависимости от размещения свай в плане следует проектировать в виде:

- а) одиночных свай - под отдельно стоящие опоры;
- б) свайных лент - под стены зданий и сооружений при передаче на фундамент распределенных по длине нагрузок с расположением свай в один, два ряда и более;
- в) свайных кустов - под колонны с расположением свай в плане на участке квадратной, прямоугольной, трапецеидальной и другой формы;
- г) сплошного свайного поля - под тяжелые сооружения со сваями, равномерно расположенными под всем сооружением и объединенными сплошным ростверком, подошва которого опирается на грунт.

7.2. При разработке проекта свайных фундаментов необходимо учитывать следующие данные: конструктивную схему проектируемого здания или сооружения; размеры несущих конструкций и материал, из которого они проектируются; наличие и габариты приближения заглубленных помещений к строительным осям здания или сооружения и их фундаментам; конструкции полов и технологические нагрузки на них; нагрузки на фундамент от строительных конструкций; размещение технологического оборудования, нагрузки, передаваемые от него на строительные конструкции, а также требования к предельным осадкам и кренам строительных конструкций и фундаментов под оборудование.

7.3. Число свай в фундаменте следует назначать из условия максимального использования прочностных свойств их материала при расчетной нагрузке, допускаемой на сваю, с учетом допустимых перегрузок крайних свай в фундаменте в соответствии с требованиями [п.3.10](#).

Выбор конструкции и размеров свай должен осуществляться с учетом значений и направления действия нагрузок на фундаменты (в том числе технологических нагрузок), а также технологии строительства здания и сооружения.

7.4. Сопряжение свайного ростверка со сваями допускается предусматривать как свободно опирающимся, так и жестким.

Свободное опирание ростверка на сваи должно учитываться в расчетах условно как шарнирное сопряжение и при монолитных ростверках должно выполняться путем заделки головы сваи в ростверк на глубину 5 - 10 см.

Жесткое сопряжение свайного ростверка со сваями следует предусматривать в случае, когда:

- а) стволы свай располагаются в слабых грунтах (рыхлых песках, пылевато-глинистых грунтах текучей консистенции, илах, торфах и т.п.);
- б) в месте сопряжения сжимающая нагрузка, передаваемая на сваю, приложена к ней с эксцентриситетом, выходящим за пределы ее ядра сечения;
- в) на сваю действуют горизонтальные нагрузки, значения перемещений от которых при свободном опирании (определенные расчетом в соответствии с требованиями рекомендуемого [приложения 1](#)) оказываются более предельных для проектируемого здания или сооружения;
- г) в фундаменте имеются наклонные или составные вертикальные сваи;
- д) сваи работают на выдергивающие нагрузки.

7.5. Жесткое сопряжение железобетонных свай с монолитным железобетонным ростверком следует предусматривать с заделкой головы сваи в ростверк на глубину, соответствующую длине анкеровки арматуры, или с заделкой в ростверк выпусков арматуры на длину их анкеровки в соответствии с требованиями СНиП 2.03.01-85. В последнем случае в голове предварительно напряженных свай должен быть предусмотрен ненапрягаемый арматурный каркас, используемый в дальнейшем в качестве анкерной арматуры.

Допускается также жесткое сопряжение с помощью сварки закладных стальных элементов при условии обеспечения требуемой прочности.

Примечания: 1. Анкеровка в ростверк свай, работающих на выдергивающие нагрузки (см. [п.7.4, д](#)),

должна предусматриваться с заделкой арматуры свай в ростверк на глубину, определяемую расчетом на выдергивание.

2. При усилении оснований существующих фундаментов с помощью буроинъекционных свай длина заделки свай в фундамент должна приниматься по расчету в соответствии с требованиями СНиП 2.02.01-83 или назначаться конструктивно равной пяти диаметрам сваи; при невозможности выполнения этого условия следует предусматривать создание уширения ствола сваи в месте ее примыкания к ростверку.

7.6. Жесткое соединение свай со сборным ростверком должно обеспечиваться колоколообразными оголовками. При сборном ростверке допускается также замоноличивание свай в специально предусмотренные в ростверке отверстия.

Примечание. При небольших вдавливающих нагрузках [I_0 400 кН (40 тс)] допускается свободное опирание ростверка на выровненную цементным раствором поверхность головы сваи.

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

7.8. Для восприятия вертикальных нагрузок и моментов, а также горизонтальных нагрузок (в зависимости от их значения и направления) допускается предусматривать вертикальные, наклонные и козловые сваи.

Наклон свай не должен превышать значений, указанных в табл.16.

Таблица 16

Наклон забивных свай диаметром менее 1,0 м	Наклон буровых свай и свай-оболочек диаметром, м			
	1,0 - 1,2	1,6	2,0	3,0
1:1	4:1	5:1	6:1	7:1

7.9. Расстояние между осями забивных свай без уширений в плоскости их нижних концов должно быть не менее $3d$ (где d - или диаметр круглого, или сторона квадратного, или большая сторона прямоугольного поперечного сечения ствола сваи), а свай-стоек - не менее $1,5d$.

Расстояние в свету между стволами буровых, набивных свай и свай-оболочек, а также скважинами свай-столбов должно быть не менее 1,0 м; расстояние в свету между уширениями при устройстве их в твердых и полутвердых пылевато-глинистых грунтах - 0,5 м, в других нескальных грунтах - 1,0 м.

Расстояние между наклонными или между наклонными и вертикальными сваями в уровне подошвы ростверка следует принимать исходя из конструктивных особенностей фундаментов и обеспечения их надежности заглубления в грунт, армирования и бетонирования ростверка.

7.10. Выбор длины свай должен производиться в зависимости от грунтовых условий строительной площадки, уровня расположения подошвы ростверка с учетом возможностей имеющегося оборудования для устройства свайных фундаментов. Нижний конец свай, как правило, следует заглублять в прочные грунты, прорезая более слабые напластования грунтов, при этом заглубление забивных свай в грунты, принятые за основание, под их нижние концы должно быть: в крупнообломочные, гравелистые, крупные и средней крупности песчаные, пылевато-глинистые грунты с показателем текучести $I_L \leq 0,1$ - не менее 0,5 м, а в прочие нескальные грунты - не менее 1,0 м.

Примечание. Для фундаментов зданий и сооружений III класса** нижние концы свай допускается опирать в песчаных и пылевато-глинистых грунтах с относительным содержанием органического вещества $I_{от} \leq 0,25$. В этом случае несущая способность свай должна определяться по результатам их испытаний статической нагрузкой. При наличии слоя погребенного торфа нижний конец свай должен быть заглублен не менее чем на 2 м ниже подошвы этого слоя.

7.11. Глубину заложения подошвы свайного ростверка следует назначать в зависимости от конструктивных решений подземной части здания или сооружения (наличия подвала, технического подполья) и проекта планировки территории (срезкой или подсыпкой), а также высоты ростверка, определяемой расчетом. Для фундаментов мостов подошву ростверка следует располагать выше или ниже поверхности акватории, ее дна или поверхности грунта при условии обеспечения расчетной несущей способности и

долговечности фундаментов исходя из местных климатических условий, особенностей конструкции фундаментов, обеспечения требований судоходства и лесосплава, надежности подлежащих осуществлению мер по эффективной защите свай от неблагоприятного воздействия знакопеременных температур среды, ледохода, истирающего воздействия перемещающихся донных отложений и других факторов.

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

7.12. В районах со средней температурой воздуха наиболее холодной пятидневки ниже минус 40°С для фундаментов мостов в зоне воздействия знакопеременных температур следует применять сваи и сваи-столбы сплошного сечения с защитным слоем бетона (до поверхности рабочей арматуры) не менее 5 см. В районах с температурой воздуха выше минус 40°С допускается вне акватории использовать сваи сплошного сечения, полые сваи и сваи-оболочки с защитным слоем бетона не менее 3 см при условии осуществления мер по предотвращению образования в них трещин. В зоне переменного уровня постоянных водотоков не следует, как правило, применять буронабивные сваи и заполненные бетоном сваи-оболочки.

Для буронабивных свай фундаментов мостов защитный слой бетона должен быть не менее 10 см.

В зоне воздействия положительных температур (не менее чем на 0,5 м ниже уровня сезонного промерзания грунта или подошвы ледяного покрова) можно применять сваи любых видов без ограничений по условию морозостойкости бетона.

7.13. При разработке проекта свайных фундаментов необходимо учитывать возможность подъема (выпора) поверхности грунта при забивке свай, который, как правило, может происходить в случаях, когда:

а) площадка строительства сложена пылевато-глинистыми грунтами мягкопластичной и текучепластичной консистенций или водонасыщенными пылеватыми и мелкими песками;

б) погружение свай производится со дна котлована;

в) конструкция свайного фундамента принята в виде свайного поля или свайных кустов при расстоянии между их крайними сваями менее 9 м.

Среднее значение подъема поверхности грунта h , м, следует определять по формуле

$$h = k \frac{V}{Ae}, \quad (30)$$

где k – коэффициент, принимаемый равным 0,5 – 0,7 в зависимости от степени влажности грунта, соответственно равной 0,9 – 1,0;

V – объем всех свай, погружаемых в грунт, м³;

p

A – площадь забивки свай или площадь дна котлована, м².

e

8. Особенности проектирования свайных фундаментов в просадочных грунтах

8.1. Применение свайных фундаментов в условиях просадочных грунтов должно быть обосновано технико-экономическим сравнением возможных вариантов проектных решений свайных фундаментов и фундаментов на естественном основании.

Проектирование свайных фундаментов в грунтовых условиях II типа по просадочности должно выполняться специализированными организациями.

8.2. При инженерно-геологических изысканиях на строительных площадках, сложенных просадочными грунтами, следует определять тип грунтовых условий с указанием частных и максимальных возможных значений просадки грунтов от собственного веса (при подсыпках - с учетом веса подсыпки) и выделять слои грунта, в которых могут быть заглублены сваи в соответствии с требованиями [п.8.4](#).

Для исследования грунтов должны быть выполнены бурение скважин и проходка шурфов. Расстояние между выработками назначается в зависимости от сложности инженерно-геологических условий площадки и должно быть не более 50 м. В пределах контура отдельно стоящего здания или сооружения должно быть не менее 4 скважин, а для зданий с площадью застройки менее 1300 м² - 3 скважины.

На застраиваемой территории должен быть тщательно изучен гидрогеологический режим подземных вод и дан прогноз возможного его изменения при эксплуатации проектируемых и существующих зданий и сооружений.

Физико-механические, в том числе прочностные и деформационные характеристики просадочных и других видов грунтов, изменяющих свои свойства при замачивании, должны определяться для состояния

природной влажности при полном водонасыщении.

8.3. При проектировании свайных фундаментов в грунтовых условиях II типа по просадочности с возможной просадкой грунтов от собственного веса свыше 30 см следует, как правило, предусматривать мероприятия по переводу грунтовых условий II типа в I путем срезки грунта или уплотнения предварительным замачиванием, замачиванием со взрывом, грунтовыми сваями и другими методами. При соответствующем технико-экономическом обосновании указанные способы должны обеспечивать устранение просадки грунтовой толщи от ее собственного веса в пределах площади, занимаемой зданием или сооружением, и на расстоянии, равном половине просадочной толщи вокруг него.

8.4. Свайные фундаменты на территориях с просадочными грунтами при возможности замачивания грунтов следует применять в случаях, когда возможна прорезка сваями всех слоев просадочных и других видов грунтов, прочностные и деформационные характеристики которых снижаются при замачивании. Нижние концы свай должны быть заглублены, как правило, в скальные грунты, песчаные плотные и средней плотности, пылевато-глинистые грунты с показателем текучести в водонасыщенном состоянии $I_L < 0,6$ для всех видов свай в грунтовых условиях I типа, $I_L < 0,4$ для забивных свай и $I_L < 0,2$ для буронабивных свай при $s_{sl,g} \leq s_u$ в грунтовых условиях II типа, $I_L < 0,2$ для забивных свай и $I_L \leq 0$ для буронабивных свай при $s_{sl,g} \leq s_u$ в грунтовых условиях II типа (где $s_{sl,g}$ - просадка от собственного веса грунта с учетом подсыпки или другой пригрузки его поверхности). Заглубление свай в указанные грунты должно назначаться по расчету как наибольшее из условия, что осадка сваи не превысит предельную осадку s_u , и из условия обеспечения требуемой несущей способности сваи.

Примечания: 1. Если прорезка указанных грунтов в конкретных случаях экономически нецелесообразна, то в грунтовых условиях I типа по просадочности для зданий и сооружений III класса допускается устройство свай (кроме свай-оболочек) с заглублением нижних концов не менее чем на 1 м в слой грунта с относительной просадочностью $\epsilon_{sl} < 0,02$ [при давлении не менее 300 кПа (3 кгс/см²) и не менее давления, соответствующего давлению от собственного веса грунта и нагрузки на его поверхности] при условии, что в этом случае обеспечивается несущая способность свай, а суммарные значения возможных просадок и осадок основания не превышают предельных значений для здания и сооружения при неравномерном замачивании грунтов.

2. Сваи-колонны одноэтажных зданий III класса в грунтовых условиях I типа допускается опирать нижними концами на грунты с $\epsilon_{sl} \geq 0,02$, если несущая способность свай подтверждена испытаниями.

8.5. В случае, если по результатам инженерных изысканий установлено, что погружение забивных свай в просадочные грунты может быть затруднено, в проекте должно быть предусмотрено устройство лидерных скважин, диаметр которых в грунтовых условиях I типа следует назначать менее размера сечения сваи (до 50 мм), а в грунтовых условиях II типа - равным ему или менее (до 50 мм). В последнем случае лидерные скважины не должны выходить за пределы проседающей толщи.

8.6. Расчет свай, применяемых в грунтовых условиях I типа, следует производить в соответствии с указаниями [разд. 4, 6](#) и рекомендуемого [приложения 1](#) с учетом того, что сопротивление грунтов под нижними концами R и на боковой поверхности f_i сваи (см. [табл. 1, 2](#) и [7](#)), коэффициенты пропорциональности K и a (см. [рекомендуемое приложение 1](#)), модуль деформации E, угол внутреннего трения ϕ и удельное сцепление с должны определяться при условиях:

а) если возможно замачивание грунта - то при полном водонасыщении грунта, при этом расчетные табличные характеристики следует принимать при показателе текучести, определяемом по формуле

"Формула (31)"

б) если замачивание грунта невозможно - то при влажности W и показателе текучести I_L грунта в природном состоянии (когда $W < W_p$, принимается W_p).

8.7. Несущая способность свай в выштампованном ложе, применяемых в грунтовых условиях I типа, должна назначаться в соответствии с требованиями [п.4.4](#) как для забивных свай с наклонными гранями при соблюдении дополнительных требований, изложенных в [п.8.6](#).

8.8. Несущую способность свай, применяемых в грунтовых условиях I типа, по результатам их статических испытаний, проведенных с локальным замачиванием грунта в пределах всей длины сваи согласно ГОСТ 5686-78, следует определять в соответствии с требованиями [разд.5](#).

Взамен ГОСТ 5686-78 постановлением Минстроя РФ от 23 февраля 1995 г. N 18-20 с 1 января 1996 г. введен в действие ГОСТ 5686-94

В грунтовых условиях I типа при наличии опыта строительства на застраиваемой территории и результатов ранее выполненных статических испытаний свай в аналогичных условиях испытания свай допускается не производить.

Не допускается определять несущую способность свай и свай-оболочек, устраиваемых в просадочных грунтах, по данным результатов их динамических испытаний, а также определять расчетные сопротивления просадочных грунтов под нижним концом R и на боковой поверхности сваи f_i по данным результатов полевых испытаний этих грунтов зондированием. Статическое зондирование допускается применять ниже границы просадочной толщи при выборе слоев грунта для опирания свай в соответствии с [п.8.4](#).

8.9. В грунтовых условиях I типа помимо свай, указанных в [разд.2](#), следует также применять набивные бетонные и железобетонные сваи, устраиваемые в пробуренных скважинах с забоем, уплотненным втрамбовыванием щебня на глубину не менее $3d$ (где d - диаметр скважины).

В грунтовых условиях II типа рекомендуется применять сваи с антифрикционными покрытиями, нанесенными на часть ствола, находящуюся в пределах проседающей толщи.

8.10. Сваи по несущей способности грунтов основания в грунтовых условиях II типа следует рассчитывать исходя из условия

"Формула (32)"

Примечания: 1. Значение P_n следует определять, как правило, для полностью водонасыщенного грунта (при возможном замачивании грунтов сверху). В случае замачивания грунтов снизу (при подъеме уровня подземных вод) отрицательная сила трения P'_n определяется для грунтов природной влажности.

2. По прочности материала сваи должны быть рассчитаны на нагрузку $N+P_n$ (при замачивании грунтов сверху) или $N+P'_n$ (при замачивании грунтов снизу), действующую на глубине h_{sl} см. п.8.11).

8.11. Отрицательная сила трения P_n в водонасыщенных грунтах и P'_n в грунтах природной влажности, действующая на боковой поверхности сваи, кН (тс), принимается равной наибольшему предельному сопротивлению сваи длиной h_{sl} по испытаниям выдергивающей нагрузкой согласно ГОСТ 5686-78* соответственно в водонасыщенных грунтах и грунтах природной влажности.

Взамен ГОСТ 5686-78 постановлением Минстроя РФ от 23 февраля 1995 г. N 18-20 с 1 января 1996 г. введен в действие ГОСТ 5686-94

До проведения испытаний на выдергивание значение P_n допускается определять по формуле

"Формулы (33) и (34)"

8.12. Несущую способность F_d , кН (тс), свай, работающих на сжимающую нагрузку, следует определять:

а) по результатам статических испытаний свай с локальным замачиванием - как разность между несущей способностью свай длиной l на вдавливающую нагрузку и несущей способностью свай длиной h_{sl} на выдергивающую нагрузку;

б) расчетом в соответствии с указаниями [п.8.6](#) в условиях полного водонасыщения грунтов в пределах слоев грунта ниже глубины h_{sl} .

8.13. Проведение статических испытаний свай в грунтах II типа по просадочности является обязательным.

8.14. Для особо ответственных сооружений и при массовой застройке в районах с неизученными грунтовыми условиями следует производить испытания с длительным замачиванием основания до полного проявления просадок по программе, разработанной для конкретных условий с привлечением специализированной научно-исследовательской организации.

8.15. Если на боковой поверхности свай возможно появление отрицательных сил трения, то осадку свайного фундамента из висячих свай следует определять как для условного фундамента, который принимается ограниченным с боков вертикальными плоскостями, отстоящими от наружных граней крайних рядов вертикальных свай на расстоянии $h_{mt} \operatorname{tg}(\varphi_{II,mt}/4)$, где h_{mt} - расстояние от нижнего конца сваи до глубины h_{sl} ; $\varphi_{II,mt}$ то же, что в [формуле \(29\)](#), определяемое в пределах слоев на глубину h_{mt} .

При подсчете нагрузок к собственному весу условного фундамента должны быть добавлены отрицательные (негативные) силы трения, определенные по [формуле \(33\)](#) при периметре u , м, равном периметру ростверка в пределах его высоты и периметру куста по наружным граням свай.

8.16. Определение неравномерности осадок свайных фундаментов в просадочных грунтах для расчета конструкций зданий и сооружений должно производиться с учетом прогнозируемых изменений гидрогеологических условий площади застройки и возможного наиболее неблагоприятного вида и расположения источника замачивания по отношению к рассчитываемому фундаменту или сооружению в целом.

8.17. В грунтовых условиях II типа в случае, когда возможна просадка грунта от собственного веса, применение свайных фундаментов не исключает необходимости выполнения водозащитных мероприятий. При этом должна быть также предусмотрена разрезка зданий осадочными швами на блоки простой конфигурации. В производственных зданиях промышленных предприятий, оборудованных кранами, кроме того, должны быть предусмотрены конструктивные мероприятия, обеспечивающие возможность рихтовки подкрановых путей на удвоенное значение расчетной осадки свайных фундаментов, но не менее половины просадки грунта от собственного веса.

8.18. При просадках грунта от собственного веса более 30 см следует учитывать возможность горизонтальных перемещений свайных фундаментов, попадающих в пределы криволинейной части просадочной воронки.

8.19. В грунтовых условиях II типа при определении нагрузок, действующих на свайный фундамент, следует учитывать отрицательные силы трения, которые могут появляться на расположенных выше подошвы свайного ростверка боковых поверхностях заглубленных в грунт частей здания или сооружения.

8.20. При применении свайных фундаментов планировочные подсыпки грунтов более 1 м на территориях, сложенных просадочными грунтами, допускаются только при специальном обосновании.

8.21. При проектировании свайных фундаментов, устраиваемых в грунтовых условиях II типа, коэффициент надежности по назначению не учитывается.

9. Особенности проектирования свайных фундаментов в набухающих грунтах

9.1. При проектировании свайных фундаментов в набухающих грунтах допускается предусматривать как полную прорезку сваями всей толщи набухающих грунтов (с опиранием нижних концов на ненабухающие грунты), так и частичную прорезку (с опиранием нижних концов непосредственно в толще набухающих грунтов).

9.2. Расчет свайных фундаментов в набухающих грунтах следует производить по предельным состояниям в соответствии с требованиями, приведенными в [разд.3 - 6](#). При расчете свайных фундаментов в набухающих грунтах по деформациям должен также выполняться дополнительный расчет по определению подъема свай при набухании грунта в соответствии с требованиями [пп.9.4 - 9.6](#).

9.3. При расчете свайных фундаментов в набухающих грунтах по несущей способности значения расчетных сопротивлений набухающих грунтов под нижним концом R и на боковой поверхности f_i сваи или сваи-оболочки должны приниматься на основании результатов статических испытаний свай и свай-штампов в набухающих грунтах с замачиванием на строительной площадке или прилегающих к ней территориях, имеющих аналогичные грунты. При отсутствии ко времени проектирования свайных фундаментов результатов указанных статических испытаний расчетное сопротивление набухающих грунтов под нижним концом R и на боковой поверхности f_i свай и сваи-оболочек диаметром менее 1 м допускается принимать по [табл.1, 2 и 7](#) как для ненабухающих грунтов с введением дополнительного коэффициента условий работы грунта $\gamma_{cs} = 0,5$, учитываемого независимо от других коэффициентов условий работы, приведенных в [табл.3 и 5](#).

9.4. Подъем $h_{sw,p}$, м, забивных свай, погруженных в предварительно пробуренные лидерные скважины, набивных свай без уширения, а также сваи-оболочки, не прорезающих набухающую зону грунтов, следует определять по формуле

"Формула (35)"

Предельные значения подъема сооружений, а также значение подъема поверхности набухающего грунта h_{sw} и подъема слоя грунта в уровне расположения нижних концов свай $h_{sw,p}$ следует определять в соответствии с требованиями СНиП 2.02.01-83.

Таблица 17

Глубина погружения сваи, м	Коэффициент Омега при значениях альфа, м(-1)	Коэффициент омега, м ² /кН (м ² /тс)
----------------------------	--	--

	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	
3	0,72	0,62	0,53	0,46	0,40	
4	0,64	0,53	0,44	0,36	0,31	1,5 (15)
5	0,59	0,46	0,36	0,29	0,24	1,1 (11)
6	0,53	0,40	0,31	0,24	0,19	0,7 (7)
7	0,48	0,35	0,26	0,20	0,15	0,5 (5)
8	0,44	0,31	0,22	0,17	0,13	0,4 (4)
9	0,40	0,27	0,19	0,14	0,11	0,3 (3)
10	0,37	0,24	0,17	0,12	0,09	0,2 (2,5)
11	0,34	0,21	0,15	0,10	0,08	0,2 (2)
12	0,31	0,19	0,13	0,09	0,07	0,1 (1,5)

9.5. При прорезке сваями набухающих слоев грунта и заглублении их в ненабухающие грунты подъем свайного фундамента будет практически исключен при соблюдении условия

$$N \geq F - \frac{F \cdot du}{\gamma_{sw} \cdot \gamma_k} \quad (36)$$

где F – равнодействующая расчетных сил подъема, кН (тс), действующих на боковой поверхности сваи, определяемая по результатам их полевых испытаний в набухающих грунтах или определяемая с использованием данных [табл.2](#) с учетом коэффициента надежности по нагрузке для сил набухания грунта $\gamma_f = 1,2$;
 F_{du} – несущая способность, кН (тс), участка сваи, расположенного в ненабухающем грунте, при действии выдергивающих нагрузок;
 γ_k – то же, что в [формуле \(2\)](#).

9.6. Подъем свай диаметром более 1 м, не прорезающих набухающие слои грунта, должен определяться как для фундамента на естественном основании в соответствии с требованиями СНиП 2.02.01-83. При этом подъем сваи с уширением должен определяться при действии нагрузки F_u , равной:

$$F_u = N + \gamma_{II} \cdot V - F_{sw} \quad (37)$$

где N , F_{sw} – то же, что в [формуле \(36\)](#);
 γ_{II} – расчетное значение удельного веса грунта, кН/м³ (тс/м³);
 V – объем грунта, препятствующий подъему сваи, м³, и принимаемый равным объему грунта в пределах расширяющегося усеченного конуса высотой h с нижним (меньшим) диаметром, равным диаметру уширения d , а верхним диаметром $d' = h + d$ (здесь h – расстояние от природной поверхности грунта до середины уширения сваи).

9.7. При проектировании свайных фундаментов в набухающих грунтах между поверхностью грунта и нижней плоскостью ростверка должен быть предусмотрен зазор размером, равным или более максимального значения подъема грунта при его набухании.

При толщине слоя набухающего грунта менее 12 м допускается устраивать ростверк, опирающийся непосредственно на грунт, при соблюдении расчетного условия [\(36\)](#).

10. Особенности проектирования свайных фундаментов на подрабатываемых территориях

10.1 При проектировании свайных фундаментов на подрабатываемых территориях кроме требований настоящих норм должны соблюдаться также требования СНиП 2.01.09-91; при этом наряду с данными инженерных изысканий для проектирования свайных фундаментов должны также использоваться данные горно-геологических изысканий и сведения об ожидаемых деформациях земной поверхности.

10.2. В задании на проектирование свайных фундаментов на подрабатываемых территориях должны содержаться полученные по результатам маркшейдерского расчета данные об ожидаемых максимальных деформациях земной поверхности на участке строительства, в том числе оседание, наклон, относительные горизонтальные деформации растяжения или сжатия, радиус кривизны земной поверхности, высота уступа.

10.3. Расчет свайных фундаментов зданий и сооружений, возводимых на подрабатываемых территориях, должен производиться по предельным состояниям на особое сочетание нагрузок, назначаемых с учетом воздействий со стороны деформируемого при подработке основания.

10.4. В зависимости от характера сопряжения голов свай с ростверком и взаимодействия фундаментов с грунтом основания в процессе развития в нем горизонтальных деформаций от подработки территории различаются следующие схемы свайных фундаментов:

а) жесткие - при жесткой заделке голов свай в ростверк путем заанкеривания в нем выпусков арматуры свай или непосредственной заделки в нем головы сваи в соответствии с требованиями, изложенными в [п.7.5](#);

б) податливые - при условно-шарнирном сопряжении сваи с ростверком, выполненном путем заделки ее головы в ростверк на 5 - 10 см или сопряжения через шов скольжения.

10.5. Расчет свайных фундаментов и их оснований на подрабатываемых территориях должен производиться с учетом:

а) изменений физико-механических свойств грунтов, вызванных подработкой территории, в соответствии с требованиями п.10.6;

б) перераспределения вертикальных нагрузок на отдельные сваи, вызванного наклоном, искривлением и уступообразованием земной поверхности, в соответствии с требованиями [п.10.7](#);

в) дополнительных нагрузок в горизонтальной плоскости, вызванных относительными горизонтальными деформациями грунтов основания, в соответствии с требованиями [п.10.8](#);

10.6. Несущую способность по грунту основания F_{cr} , кН (тс), свай всех видов, работающих на сжимающую нагрузку, при подработке территории следует определять по формуле

$$F_{cr} = \gamma_{cr} F_{crd}, \quad (38)$$

где γ_{cr} - коэффициент условий работы, учитывающий изменение физико-механических свойств грунтов и перераспределение вертикальных нагрузок при подработке территории: для свай-стоек в фундаментах любых зданий и сооружений $\gamma_{cr} = 1$; для висячих свай в фундаментах податливых зданий и сооружений (например, одноэтажных каркасных с шарнирными опорами) $\gamma_{cr} = 0,9$; для висячих свай в фундаментах жестких зданий и сооружений (например, бескаркасных многоэтажных зданий с жесткими узлами, силосных корпусов) $\gamma_{cr} = 1,1$;

F_{crd} - несущая способность сваи, кН (тс), определенная расчетом в соответствии с требованиями [разд.4](#) или определенная по результатам полевых исследований, испытаний свай динамической и статической нагрузками и зондирования грунта в соответствии с требованиями [разд.5](#).

Примечание. В случае крутопадающих пластов, кроме того, следует учитывать зависящий от значения относительной горизонтальной деформации ϵ_h , мм/м, дополнительный коэффициент $\gamma_{cr} = 1/(1 + 100 \epsilon_h)$.

10.7. Дополнительные вертикальные нагрузки $\pm \Delta N$ на сваи или сваи-оболочки зданий и сооружений с жесткой конструктивной схемой следует определять в зависимости от расчетных значений вертикальных перемещений свай, вызванных наклоном, искривлением, уступообразованием земной поверхности, а также горизонтальными деформациями грунтов основания при условиях:

а) свайные фундаменты из висячих свай и их основания заменяются в соответствии с [п.6.1](#) условным фундаментом на естественном основании;

б) основание условного фундамента принимается линейно деформируемым с постоянными [по длине здания (сооружения) или выделенного в нем отсека] модулем деформации и коэффициентом постели грунта.

Определение дополнительных вертикальных нагрузок производится относительно продольной и поперечной осей здания.

10.8. В расчетах свайных фундаментов, возводимых на подрабатываемых территориях, следует учитывать дополнительные усилия, возникающие в сваях вследствие их работы на изгиб под влиянием горизонтальных перемещений грунта основания при подработке территории по отношению к проектному положению свай.

10.9. Расчетное горизонтальное перемещение u_{cg} , мм, грунта при подработке территории следует определять по формуле

$$u_{cg} = \frac{\gamma}{f} \frac{\gamma}{c} \frac{\epsilon}{h} x, \quad (39)$$

где γ , γ – соответственно коэффициенты надежности по нагрузке и условий работы для относительных горизонтальных деформаций, принимаемые согласно СНиП 2.01.09-91;

ϵ – ожидаемое значение относительной горизонтальной деформации, определяемое по результатам маркшейдерского расчета, мм/м;

h – расстояние от оси рассматриваемой сваи до центральной оси здания (сооружения) с ростверком, устраиваемым на всю длину здания (отсека), или до блока жесткости каркасного здания (отсека) с ростверком, устраиваемым под отдельные колонны, м.

10.10. Свайные фундаменты зданий и сооружений, возводимых на подрабатываемых территориях, следует проектировать исходя из условий необходимости передачи на ростверк минимальных усилий от свай, возникающих в результате деформации земной поверхности.

Для выполнения этого требования необходимо в проектах предусматривать:

а) разрезку здания или сооружения на отсеки для уменьшения влияния горизонтальных перемещений грунта основания;

б) преимущественно висячие сваи для зданий и сооружений с жесткой конструктивной схемой для снижения дополнительно возникающих усилий в вертикальной плоскости от искривления основания;

в) сваи возможно меньшей жесткости, например призматические, квадратного или прямоугольного поперечного сечения, причем сваи прямоугольного сечения следует располагать меньшей стороной в продольном направлении отсека здания;

г) преимущественно податливые конструкции сопряжения свай с ростверком, указанные в [п.10.4](#);

д) выравнивание зданий с помощью домкратов или других выравнивающих устройств.

При разрезке здания или сооружения на отсеки между ними в ростверке следует предусматривать зазоры (деформационные швы), размеры которых определяются как для нижних конструкций зданий и сооружений в соответствии с требованиями СНиП 2.01.09-91.

10.11. Свайные фундаменты следует применять, как правило, на подрабатываемых территориях I - IV групп, в том числе:

а) с висячими сваями - на территориях I - IV групп для любых видов и конструкций зданий и сооружений;

б) со сваями-стойками - на территориях III и IV групп для зданий и сооружений, проектируемых с податливой конструктивной схемой здания при искривлении основания, а для IV группы - также и для зданий и сооружений, проектируемых с жесткой конструктивной схемой.

Примечания: 1. Деление подрабатываемых территорий на группы принято согласно СНиП 2.01.09-91.

2. Сваи-оболочки, набивные и буровые сваи диаметром более 600 мм и другие виды жестких свай допускается применять, как правило, только в свайных фундаментах с податливой схемой при сопряжении их с ростверком через шов скольжения (см. [п.10.4](#)).

3. Заглубление в грунт свай на подрабатываемых территориях должно быть не менее 4 м, за исключением случаев опирания свай на скальные грунты.

10.12. На подрабатываемых территориях Iк - IVк групп с возможным образованием уступов, а также на площадках с геологическими нарушениями применение свайных фундаментов допускается только при наличии специального обоснования.

10.13. Конструкция сопряжения свай с ростверком должна назначаться в зависимости от значения ожидаемого горизонтального перемещения грунта основания, причем предельные значения горизонтального перемещения для свай не должны превышать при сопряжении с ростверком (см. п.10.4), см:

- 2 - жестком;
- 5 - податливом, условно-шарнирном;
- 8 - то же, через шов скольжения.

Примечание. Для снижения значений усилий, возникающих в сваях и ростверке от воздействия горизонтальных перемещений грунта основания, а также для обеспечения пространственной устойчивости свайных фундаментов здания (сооружения) в целом сваи свайного поля в зоне действия небольших перемещений грунта (до 2 см) следует предусматривать с жестким сопряжением, а остальные - с податливым (шарнирным или сопряжением через шов скольжения).

10.14. Свайные ростверки должны рассчитываться на внецентренное растяжение и сжатие, а также на кручение при воздействии на них горизонтальных опорных реакций от свай (поперечной силы и изгибающего момента), вызванных боковым давлением деформируемого при подработке грунта основания.

10.15. При применении свайных фундаментов с высоким ростверком в бетонных полах или других жестких конструкциях, устраиваемых на поверхности грунта, следует предусматривать зазор по всему периметру свай шириной не менее 8 см на всю толщину жесткой конструкции. Зазор следует заполнять пластичными или упругими материалами, не образующими жесткой опоры для свай при воздействии горизонтальных перемещений грунта основания.

11. Особенности проектирования свайных фундаментов в сейсмических районах

11.1. При проектировании свайных фундаментов в сейсмических районах кроме требований настоящих норм следует соблюдать также требования СНиП II-7-81*; при этом в дополнение к материалам инженерных изысканий для проектирования свайных фундаментов должны быть использованы данные сейсмического микрорайонирования площадки строительства.

11.2. Свайные фундаменты зданий и сооружений с учетом сейсмических воздействий должны рассчитываться на особое сочетание нагрузок по предельным состояниям первой группы. При этом необходимо предусматривать:

а) определение несущей способности сваи на сжимающую и выдергивающую нагрузки в соответствии с требованиями [разд.4](#);

б) проверку устойчивости грунта по условию ограничения давления, передаваемого на грунт боковыми поверхностями свай, в соответствии с требованиями рекомендуемого [приложения 1](#);

в) расчет свай по прочности материала на совместное действие расчетных усилий (продольной силы, изгибающего момента и поперечной силы), значения которых определяются по указаниям рекомендуемого приложения 1 в зависимости от расчетных значений сейсмических нагрузок.

При указанных в подпунктах "а" - "в" расчетах должны выполняться также требования, приведенные в пп.11.3 - 11.8.

Примечание. При определении расчетных значений сейсмических нагрузок, действующих на здание или сооружение, высокий свайный ростверк следует рассматривать как каркасный нижний этаж.

11.3. При расчете несущей способности свай на сжимающую или выдергивающую нагрузку F_{eq} значения R и f_i следует умножить на понижающие коэффициенты условий работы грунта основания γ_{eq1} и γ_{eq2} , приведенные в [табл.18](#).

Значения R следует также умножить на коэффициент условий работы γ_{eq3} , принимаемый: $\gamma_{eq3} = 1$ при $\bar{l} \geq 3$ и $\gamma_{eq3} = 0,9$ при $\bar{l} <$

3 , где \bar{l} - приведенная длина сваи, определяемая по указаниям рекомендуемого [приложения 1](#).

Кроме того, сопротивление грунта f_i на боковой поверхности сваи до расчетной глубины h_d (см.

п.11.4) следует принимать равным нулю.

11.4. Расчетная глубина h_d , до которой не учитывается сопротивление грунта на боковой поверхности сваи, определяется по формуле (40), но принимается не более $3/\alpha_{\text{эпсилон}}$:

"Формула (40)"

11.5. Определение расчетной глубины h_d при воздействии сейсмических нагрузок следует производить, принимая значения расчетного угла внутреннего трения ϕ_I , уменьшенными для расчетной сейсмичности 7 баллов - на 2° , 8 баллов - на 4° , 9 баллов - на 7° .

11.6. При расчете свайных фундаментов мостов влияние сейсмического воздействия на условия заделки свай в водонасыщенных пылеватых песках, в пылевато-глинистых грунтах с показателем текучести $I_L > 0,5$ следует учитывать путем понижения на 30% значений коэффициентов пропорциональности K , приведенных для этих грунтов в рекомендуемом [приложении 1](#).

В расчетах несущей способности свай при действии горизонтальной нагрузки следует учитывать кратковременный характер воздействия сейсмической нагрузки путем повышения коэффициента α_2 в [формуле \(24\)](#) рекомендуемого приложения 1. При расчетах однорядных фундаментов на нагрузки, действующие в плоскости, перпендикулярной ряду, значение коэффициента α_2 увеличивается на 10%, в остальных случаях - на 30%.

Таблица 18

Расчетная сейсмичность зданий и сооружений, баллы	Коэффициент условий работы γ_{eq1} для корректировки значений R при грунтах					Коэффициент условий работы γ_{eq2} для корректировки значений f при грунтах i					
	песчаных плотных		песчаных средней плотности		пылевато-глинистых при показателе текучести	песчаных плотных и средней плотности		пылевато-глинистых при показателе текучести			
	мало-влажных и влажных	насыщенных водой	мало-влажных и влажных	насыщенных водой		мало-влажных и влажных	насыщенных водой	$I < 0$	$0 \leq I < 0,75$	$0,75 \leq I < 1$	$I \geq 1$
7	1	0,9	0,95	0,8	1	0,95	0,95	0,9	0,95	0,85	0,75
	0,9	-	0,85	-	1	0,9	0,85	-	-	0,8	0,7
8	0,9	0,8	0,85	0,7	0,95	0,9	0,85	0,8	0,9	0,8	0,7
	0,8	-	0,75	-	0,95	0,8	0,75	-	0,8	0,7	0,65
9	0,8	0,7	0,75	-	0,9	0,85	0,75	0,7	0,85	0,7	0,8
	0,7	-	0,6	-	0,85	0,7	0,65	-	0,65	0,6	-

Примечания: 1. Значения γ_{eq1} и γ_{eq2} , указанные над чертой, относятся к забивным сваям, под чертой - к набивным.

2. Значения коэффициентов γ_{eq1} и γ_{eq2} следует умножать на 0,85, 1,0 или 1,15 для зданий и сооружений, возводимых в районах с пов-

торяемостью 1, 2, 3 соответственно (кроме транспортных и гидротехнических).

3. Определение несущей способности свай-стоек, опирающихся на скальные и крупнообломочные грунты, производится без введения дополнительных коэффициентов условий работы γ_{eq1} и γ_{eq2} .

$$\gamma_{eq1} \quad \gamma_{eq2}$$

11.7. Несущая способность сваи F_{eq} , кН (тс), работающей на вертикальную сжимающую и выдергивающую нагрузки, по результатам полевых испытаний должна определяться с учетом сейсмических воздействий по формуле

$$F_{eq} = k_{eq} F_d, \quad (41)$$

где k_{eq} - коэффициент, учитывающий снижение несущей способности сваи

при сейсмических воздействиях, определяемый расчетом как отношение значения несущей способности сваи, вычисленного в соответствии с указаниями [пп.11.2 - 11.4](#) с учетом сейсмических воздействий, и значения несущей способности сваи, определенной согласно требованиям [разд.4](#), без учета сейсмических воздействий;

F_d - несущая способность сваи, кН(тс), определенная по результатам статических или динамических испытаний либо по данным статического зондирования грунта в соответствии с указаниями [разд.5](#) (без учета сейсмических воздействий).

11.8. Расчет свай в просадочных и набухающих грунтах на особое сочетание нагрузок с учетом сейсмических воздействий должен производиться при природной влажности, если замачивание грунта невозможно, и при полностью водонасыщенном грунте, имеющем показатель текучести, определяемый по [формуле \(31\)](#), если замачивание грунта возможно; при этом определение несущей способности свай в грунтовых условиях II типа по просадочности производится без учета возможности развития отрицательных сил трения грунта.

Примечание. Расчет свай на сейсмические воздействия не исключает необходимости выполнения их расчета в соответствии с [разд.8 - 10](#).

11.9. Для свайных фундаментов в сейсмических районах следует применять сваи всех видов, кроме свай без поперечного армирования и булавовидных.

Применение буронабивных свай допускается только в устойчивых грунтах, не требующих закрепления стенок скважин, при этом диаметр свай должен быть не менее 40 см, а отношение длины сваи к ее диаметру - не более 25.

Примечание. Как исключение допускается прорезка водонасыщенных грунтов набивными и буровыми сваями с применением извлекаемых обсадных труб.

11.10. При проектировании свайных фундаментов в сейсмических районах опирание конца свай следует предусматривать на скальные, крупнообломочные, плотные и средней плотности песчаные и пылевато-глинистые грунты с показателем текучести $IL \leq 0,5$.

Опирание нижних концов свай на рыхлые водонасыщенные пески, пылевато-глинистые грунты с показателем текучести $IL > 0,5$ не допускается.

11.11. Заглубление в грунт свай в сейсмических районах должно быть не менее 4 м, а при наличии в основании нижних концов свай водонасыщенных песчаных грунтов средней плотности - не менее 8 м. Допускается уменьшение заглубления свай при соответствующем обосновании, полученном в результате полевых испытаний свай имитированными сейсмическими воздействиями.

Для одноэтажных сельскохозяйственных зданий, не содержащих ценного оборудования, и в случае опирания свай на скальные грунты их заглубление в грунт принимается таким же, как в несейсмических районах.

11.12. Ростверк свайного фундамента под несущими стенами здания в пределах отсека должен быть

непрерывным и расположенным в одном уровне. Верхние концы свай должны быть заделаны в ростверк на глубину, определяемую расчетом, учитывающим сейсмические нагрузки.

Устройство безростверковых свайных фундаментов зданий и сооружений не допускается.

11.13. При соответствующем технико-экономическом обосновании допускается применять свайные фундаменты с промежуточной подушкой из сыпучих материалов (щебня, гравия, песка крупного и средней крупности). Такие фундаменты не следует применять в биогенных грунтах, просадочных грунтах II типа, на подрабатываемых территориях, геологически неустойчивых площадках (на которых имеются или могут возникнуть оползни, сели, карсты и т.п.) и на площадках, сложенных нестабилизированными грунтами.

Для свайных фундаментов с промежуточной подушкой следует применять такие же виды свай, как и в несейсмических районах.

11.14. Расчет свай, входящих в состав свайного фундамента с промежуточной подушкой, на горизонтальные нагрузки не производится. Несущую способность таких свай, работающих на сжимающую нагрузку с учетом сейсмических воздействий, следует определять в соответствии с требованиями п.11.3; при этом сопротивление грунта необходимо учитывать вдоль всей боковой поверхности свай, т.е. $h_d = 0$, а коэффициент условий работы нижнего конца свай при сейсмических воздействиях $\gamma_{eq1} = 1,2$.

11.15. При расчете свайных фундаментов с промежуточной подушкой по деформациям осадку фундамента следует вычислять как сумму осадки условного фундамента, определяемой в соответствии с требованиями разд.6, и осадки промежуточной подушки.

12. Особенности проектирования свайных фундаментов опор воздушных линий электропередачи

12.1. Свайные фундаменты опор воздушных линий электропередачи (ЛЭП) и открытых распределительных устройств (ОРУ) подстанций допускается применять во всех видах грунтов, в которых обеспечиваются возможность их погружения и экономическая целесообразность.

12.2. Для свайных фундаментов опор воздушных линий электропередачи не допускается применение булавовидных, пирамидальных и ромбовидных свай.

12.3. Глубина погружения свай в грунт, воспринимающих выдергивающие или горизонтальные нагрузки, должна быть не менее 4,0 м, а для фундаментов деревянных опор - не менее 3,0 м.

12.4. Деревянные сваи для фундаментов деревянных опор воздушных линий электропередачи допускается применять независимо от наличия и положения уровня подземных вод. При этом в зоне переменной влажности необходимо предусматривать усиленную защиту древесины от гниения.

12.5. Несущую способность забивных сваях и набивных свай, работающих на сжимающую нагрузку, следует определять соответственно по формулам (8) и (11) с учетом указаний, приведенных в пп.12.7 и 12.8; при этом коэффициент условий работы γ в формулах (8) и (11) следует принимать:

для нормальных промежуточных опор.....	1,2
в остальных случаях	1,0

12.6. Несущую способность забивных и набивных свай, работающих на выдергивание, следует определять по формулам (10) и (14) с учетом дополнительных указаний, приведенных в пп.12.7 - 12.9; при этом коэффициент условий работы γ_s в формулах (10) и (14) следует принимать для опор:

нормальных и промежуточных.....	1,2
анкерных и угловых.....	1,0
больших переходов:	
если удерживающая сила веса свай и ростверка равна расчетной выдергивающей нагрузке.....	1,0
если удерживающая сила составляет 65% и менее расчетной выдергивающей нагрузки.....	0,6
в остальных случаях	по интерполяции

12.7. Расчетные сопротивления грунта под нижним концом забивных свай R и расчетные сопротивления на боковой поверхности забивных свай f_i в фундаментах опор воздушных линий электропередачи принимаются по табл.1 и 2, причем в фундаментах нормальных опор расчетные значения f_i для пылевато-глинистых грунтов при их показателе текучести $I_L \geq 0,3$ следует повышать на 25%.

12.8. Расчетные сопротивления грунта на боковой поверхности забивных свай f_i , вычисленные в соответствии с требованиями п.12.7, должны быть умножены на дополнительные коэффициенты условий работы γ_s , приведенные в табл.19.

Вид фундамента, характеристика грунта и нагрузки	Дополнительные коэффициенты условий работы γ при длине свай c				
	$l \geq 25d$	$l < 25d$ и отношении			
		$\frac{H}{N} \leq 0,1$	$\frac{H}{N} = 0,4$	$\frac{H}{N} = 0,6$	
<p>1. Фундамент под нормальную промежуточную опору при расчете:</p> <p>а) одиночных свай на выдергивающие нагрузки:</p> <p>в песчаных грунтах и супесях в глинах и суглинках при $I < 0,6$ L то же, при $I > 0,6$ L</p> <p>б) одиночных свай на сжимающие нагрузки и свай в составе куста на выдергивающие нагрузки:</p> <p>в песчаных грунтах и супесях в глинах и суглинках при $I < 0,6$ L то же, при $I > 0,6$ L</p> <p>2. Фундамент под анкерную, угловую концевую опоры, под опоры больших переходов при расчете:</p> <p>а) одиночных свай на выдергивающие нагрузки:</p> <p>в песчаных грунтах и супесях в глинах и суглинках</p> <p>б) свай в составе куста на выдергивающие нагрузки:</p> <p>в песчаных грунтах и супесях в глинах и суглинках</p> <p>в) на сжимающие нагрузки во всех грунтах</p> <p>В табл.19 приняты обозначения: d – диаметр круглого, сторона квадратного или большая сторона прямоугольного сечения свай; H – горизонтальная составляющая расчетной нагрузки; N – вертикальная составляющая расчетной нагрузки.</p> <p>Примечание. При погружении одиночной сваи с наклоном в сторону действия горизонтальной составляющей нагрузки при угле наклона к вертикали более 10° дополнительный коэффициент условий работы следует принимать как для вертикальной сваи, работающей в составе куста (по поз.1,б или 2,б).</p>	0,9 1,15	0,9 1,15	0,8 1,05	0,55 0,7	
		1,5	1,5	1,35	0,9
		0,9 1,15	0,9 1,15	0,9 1,15	0,9 1,15
		1,5	1,5	1,5	1,5
		0,8 1,0	0,8 1,0	0,7 0,9	0,6 0,6
		0,8 1,0	0,8 1,0	0,8 1,0	0,8 1,0
		1,0	1,0	1,0	1,0

12.9. При расчете на выдергивающие нагрузки сваи, работающей в свайном кусте из четырех свай и менее, расчетную несущую способность сваи следует уменьшить на 20%.

12.10. Для свай, воспринимающих выдергивающие нагрузки, допускается предусматривать погружение их в лидерные скважины, при этом разница между поперечным размером сваи и диаметром лидерной скважины должна быть не менее 0,15 м.

0,70	6600 (660)	3200 (320)	2100 (210)	1300 (130)	5500 (550)	3300 (330)	1800 (180)	1000 (100)	550 (55)	250 (25)
1,00	-	-	-	-	3300 (330)	2000 (200)	1100 (110)	700 (70)	350 (35)	200 (20)

Примечание. Для промежуточных значений I и e значения R определяются интерполяцией.

Таблица 21

Средняя глубина расположения грунта h_i , м	Коэффициент пористости грунта в слое e	Расчетные сопротивления грунта на боковой поверхности забивных свай, в том числе таврового и двутаврового сечений, f_i , кПа (тс/м ²)								
		песчаного			пылевато-глинистого при показателе текучести I_L , равном					
		крупного и средней крупности	мелкого	пылеватого	0,0	0,2	0,4	0,6	0,8	1,0
1	$\leq 0,55$	80 (8,0)	55 (5,5)	45 (4,5)	46 (4,6)	39 (3,9)	32 (3,2)	25 (2,5)	18 (1,8)	11 (1,1)
	0,7	60 (6,0)	40 (4,0)	30 (3,0)	45 (4,5)	37 (3,7)	30 (3,0)	23 (2,3)	16 (1,6)	9 (0,9)
	1,00	-	-	-	-	32 (3,2)	23 (2,3)	15 (1,5)	10 (1,0)	6 (0,6)
2-3	$\leq 0,55$	85 (8,5)	60 (6,0)	50 (5,0)	68 (6,8)	53 (5,3)	40 (4,0)	29 (2,9)	20 (2,0)	13 (1,3)
	0,7	65 (6,5)	45 (4,5)	35 (3,5)	65 (6,5)	50 (5,0)	37 (3,7)	26 (2,6)	18 (1,8)	11 (1,1)
	1,0	-	-	-	60 (6,0)	45 (4,5)	32 (3,2)	21 (2,1)	13 (1,3)	7 (0,7)

Примечание. Для промежуточных значений h_i , e и I_L значения f_i определяются интерполяцией.

Таблица 22

Грунты	Коэффици-	Расчетные сопротивления под нижним концом забивных и буровых свай R , кПа (тс/м ²), при глубине их погружения 2 - 3 м и расчетные сопротивления под консолями свай-колонн R_{con} , кПа (тс/м ²)

	коэффициент пористости e	песчаных грунтов			
		крупных	средней крупности	мелких	пылеватых
		пылевато-глинистых грунтов при показателе текучести I_L , равном			
		0,0	0,2	0,4	0,6
		Пески средней плотности	0,55-0,8	2000 (200)	1500 (150)
Супеси и суглинки	0,5	800 (80)	650 (65)	550 (55)	450 (45)
	0,7	650 (65)	550 (55)	450 (45)	350 (35)
	1,0	550 (55)	450 (45)	350 (35)	250 (25)
Глины	0,5	1400 (140)	1100 (110)	900 (90)	700 (70)
	0,6	1100 (110)	900 (90)	750 (75)	600 (60)
	0,8	700 (70)	600 (60)	500 (50)	400 (40)

13.5. Несущую способность сваи-колонны с погружаемыми в грунт железобетонными консолями, работающей на сжимающую нагрузку, следует определять как сумму сопротивлений грунта под нижним ее концом, под консолями и на боковой поверхности по формуле

"Формула (42)"

13.6. Несущую способность свай таврового и двутаврового сечений при действии вертикальной составляющей нагрузки следует определять по [формуле \(8\)](#), принимая в ней значения f_i на боковой поверхности полки и стенки по [табл.21](#).

Примечание. При расчете несущей способности свай таврового и двутаврового сечений, используемых для зданий с каркасом из трехшарнирных рам, допускается учитывать влияние горизонтальной составляющей распора на расчетные сопротивления на боковой поверхности свай.

13.7. Для свайных фундаментов и свай-колонн одноэтажных сельских зданий необходимо производить проверку устойчивости фундаментов при действии сил морозного пучения грунтов.

13.8. Расчетные характеристики грунтов при определении несущей способности свай по [пп.13.3 - 13.6](#) следует принимать для наиболее неблагоприятного случая их сезонного изменения в процессе строительства и эксплуатации здания.

* В скобках даны значения γ_k в случае, когда несущая способность сваи определена по результатам полевых испытаний статической нагрузкой или расчетом по результатам статического зондирования грунтов.

** Здесь и далее класс ответственности зданий и сооружений принят согласно "Правилам учета степени ответственности зданий и сооружений при проектировании конструкций", утвержденным Госстроем СССР.

Приложение 1
Рекомендуемое

**Расчет свай на совместное действие
вертикальной и горизонтальной сил и момента**

1. При расчете свай на совместное действие вертикальной и горизонтальной сил и момента в соответствии со схемой, приведенной на чертеже, следует различать две стадии напряженно-деформированного состояния системы "свая - грунт".

"Схема нагрузок на сваю"

В первой стадии грунт, окружающий сваю, рассматривается как упругая линейно-деформируемая среда, характеризуемая коэффициентом постели $c_{\text{дзета}}$, кН/м³ (тс/м³).

Расчетные значения коэффициента постели $c_{\text{дзета}}$ грунта на боковой поверхности сваи допускается определять по формуле

$$c = \frac{K}{z \cdot \text{гамма}_c}, \quad (1)$$

где K - коэффициент пропорциональности, кН/м⁴ (тс/м⁴), принимаемый в зависимости от вида грунта, окружающего сваю, по [табл. 1](#);

z - глубина расположения сечения сваи в грунте, м, для которой определяется коэффициент постели, по отношению к поверхности грунта при высоком ростверке или к подошве ростверка при низком ростверке;

гамма_c - коэффициент условий работы.

c

Во второй стадии в верхней части грунта, окружающего сваю, образуется зона предельного равновесия (пластическая зона), характеризуемая прочностным коэффициентом пропорциональности a .

Расчет свай в случае многорядного их расположения в фундаменте с ростверком, опирающимся на грунт, при отсутствии сейсмических воздействий допускается производить с учетом возможности последовательного развития первой и второй стадий напряженно-деформированного состояния грунта. В этом случае производится двухстадийный расчет свай, а коэффициент условий работы гамма_c в [формуле \(1\)](#) принимается $\text{гамма}_c = 1$. Во всех остальных случаях следует производить одностадийный расчет свай применительно к условиям возможного развития только первой стадии напряженно-деформированного состояния системы "свая - грунт", принимая коэффициент условий работы гамма_c в формуле (1) равным 3.

2. Расчет свай на совместное действие вертикальной и горизонтальной сил и момента должен включать:

а) расчет несущей способности свай в случае возможности развития второй стадии напряженно-деформированного состояния грунта в соответствии с условием

$$N \leq \frac{F}{\text{гамма}_k}, \quad (2)$$

где N - расчетное значение поперечной силы, кН (тс), действующей на одну сваю;

F - несущая способность сваи, определяемая в соответствии с d требованиями [п.10](#);

гамма_k - коэффициент надежности, принимаемый равным 1,4;

k

б) проверку устойчивости грунта, согласно [п.13](#), в случае, когда расчет ведется с допущением развития только первой стадии напряженно-деформированного состояния грунта;

в) расчет свай по деформациям, включающий проверку соблюдения условий допустимости расчетных значений горизонтального перемещения головы сваи u_p и угла ее поворота ψ_p :

$$u \leq u, \quad (3)$$

$$\frac{p_{р}}{p_{у}} \leq \frac{p_{р}}{p_{у}} ; \quad (4)$$

где $u_{р}$, $p_{р}$ - расчетные значения соответственно горизонтального перемещения головы сваи, м, и угла ее поворота, рад, определяемые согласно указаниям п.5;

$u_{у}$, $p_{у}$ - предельные значения соответственно горизонтального перемещения головы сваи, м, и угла ее поворота, рад, устанавливаемые в задании на проектирование здания или сооружения;

г) проверку сечений свай по сопротивлению материала по предельным состояниям первой и второй групп (по прочности, по образованию и раскрытию трещин) на совместное действие расчетных усилий - вертикальной силы, изгибающего момента и поперечной силы; указанный расчет выполняется в зависимости от материала сваи согласно требованиям п.3.6; расчетные значения изгибающих моментов и поперечных сил, действующих в различных сечениях свай, должны определяться согласно требованиям пп.8 и 9 в случае возможности допущения развития второй стадии напряженно-деформированного состояния грунта, а в остальных случаях - согласно требованиям пп.14 и 15.

Таблица 1

Грунты, окружающие сваи, и их характеристики	Коэффициент пропорциональности K, кН/м4 (тс/м4)	Прочностный коэффициент пропорциональности а, кН/м3 (тс/м3)
Пески крупные ($0,55 \leq e \leq 0,7$); глины и суглинки твердые ($I < 0$) L	18 000-30 000 (1800-3000)	71-92 (7,1-9,2)
Пески мелкие ($0,6 \leq e \leq 0,75$); пески средней крупности ($0,55 \leq e \leq 0,7$), супеси твердые ($I < 0$); глины и суглинки тугопластичные и полутвердые ($0 \leq I \leq 0,75$) L	12 000-18 000 (1200-1800)	60-71 (6,0-7,1)
Пески пылеватые ($0,6 \leq e \leq 0,8$); супеси пластичные ($0 \leq I \leq 1$); глины и суглинки мягкопластичные ($0,5 \leq I \leq 0,75$) L	7000-12000 (700-1200)	44-60 (4,4-6,0)
Глины и суглинки текучепластичные ($0,75 < I \leq 1$) L	4000-7000 (400-700)	26-44 (2,6-4,4)
Пески гравелистые ($0,55 \leq e \leq 0,7$); крупнообломочные грунты с песчаным заполнителем	50 000-100 000 (5000-10 000)	100-120 (10-12)

Примечания: 1. Меньшие значения коэффициента K соответствуют более высоким значениям показателя текучести I глинистых и коэффициентов по-

ристости e песчаных грунтов, указанным в скобках, а большие значения коэффициента K - соответственно более низким значениям I и e . Для грунтов с промежуточными значениями характеристик I и e значения коэффициента K определяются интерполяцией.

2. Коэффициент K для плотных песков должен приниматься на 30% выше, чем наибольшие значения указанных в [табл.1](#) коэффициентов K для данного вида грунта.

3. При расчете с допущением развития второй стадии напряженно-деформируемого состояния грунта за предельное состояние системы "свая - грунт" принимается образование на глубине z (в пределах или на границе пластической зоны) пластического шарнира, в котором возникает момент M_u , кН x м (тс x м), равный предельному изгибающему моменту, воспринимаемому поперечным сечением сваи. В случае заделки сваи в ростверк последовательно образуются два пластических шарнира: первый - в месте заделки сваи в ростверк, второй - в пределах или на границе пластической зоны. За предельное состояние системы принимается момент образования второго пластического шарнира.

4. Расчет свай по предельным состояниям двух групп выполняется с использованием следующих параметров: приведенной глубины расположения сечения сваи в грунте z , приведенной глубины погружения сваи в грунт l , а в случае учета возможности развития второй стадии напряженно-деформированного состояния грунта, кроме того, приведенной глубины пластической зоны z_i , приведенных расчетных значений поперечной силы \bar{N} и изгибающего момента \bar{M} , действующих со стороны ростверка на голову сваи, приведенного значения граничной поперечной силы $\bar{N}_{ei} = \bar{N}$, соответствующего границе упругой работы системы "свая - грунт" при $z = 0$, приведенных значений граничного горизонтального перемещения \bar{u}_{e1} и граничного угла поворота ψ_{e1} при низком ростверке в уровне его подошвы при $z_i = 0$, приведенных значений перемещений \bar{u}_{e1} и угла поворота ψ сваи, которые определяются по формулам:

"Формулы (5-11) к приложению 1"

5. Расчетные значения горизонтального перемещения сваи в уровне подошвы ростверка u_p , м, и угол ее поворота ψ_p , рад, следует определять по формулам:

"Формулы (12) и (13) к приложению 1"

Примечание. В настоящем приложении считаются положительными:

момент и горизонтальная сила, приложенные к голове сваи, если момент и сила направлены соответственно по часовой стрелке и вправо;

изгибающий момент и поперечная сила в сечении сваи, если момент и сила, передающиеся от верхней условно отсеченной части сваи на нижнюю, направлены соответственно по часовой стрелке и вправо;

горизонтальное смещение сечения сваи и его поворот, если они направлены соответственно вправо и по часовой стрелке.

6. Горизонтальная сила N , кН (тс), соответствующая границе упругой работы системы "свая - грунт", при двухстадийном расчете определяются по формуле

"Формула (14) к приложению 1"

7. Горизонтальное перемещение u_0 , м, и угол поворота ψ_0 , рад, при двухстадийном расчете следует определять по формулам:

а) при $H \leq H_{el}$

"Формулы (15-18) к приложению 1"

Примечание. При приведенной длине свай $\bar{l} < 2,6$ следует пользоваться

табл.2 и 3 для $\bar{l} = 2,6$, при этом значение допускаемого перемещения сваи в уровне поверхности грунта не должно превышать 2 см.

8. Расчетный изгибающий момент M_z , кН х м (т х см), поперечную силу H_z , кН (тс), действующие на глубине z в сечении сваи, следует определять при допущении двух стадий работы системы "свая - грунт" в пределах упругой зоны грунта по формулам:

"Формулы (19) и (20) к приложению 1"

Таблица 2

Приведенная длина участка сваи \bar{l}	Параметры для расчета свай при шарнирном их сопряжении с ростверком							
	\bar{H}	дзета i	\bar{u}	пси	\bar{u}_0	пси f_0	\bar{H}_0	\bar{M}_0
2,6	0,316	0,00	1,000	0,642	1,000	-0,642	0,316	0,000
	0,388	0,30	1,238	0,802	1,238	-0,801	0,392	0,000
	0,478	0,60	1,603	1,032	1,602	-1,030	0,513	-0,010
	0,578	0,90	2,174	1,377	2,170	-1,359	0,730	-0,067
	0,682	1,20	3,108	1,904	3,082	-1,804	1,155	-0,279
	0,785	1,50	4,772	2,767	4,631	-2,340	2,086	-0,960
2,8	0,344	0,00	1,000	0,643	1,000	-0,643	0,344	0,000
	0,422	0,30	1,236	0,795	1,236	-0,795	0,426	0,000
	0,520	0,60	1,594	1,020	1,593	-1,018	0,555	-0,010
	0,631	0,90	2,142	1,349	2,139	-1,331	0,778	-0,065
	0,748	1,20	2,997	1,826	2,973	-1,734	1,191	-0,260
	0,864	1,50	4,389	2,541	4,266	-2,168	2,009	-0,840
3,0	0,366	0,00	1,000	0,644	1,000	-0,644	0,366	0,000
	0,450	0,30	1,237	0,797	1,237	-0,797	0,454	0,000
	0,556	0,60	1,593	1,022	1,593	-1,020	0,591	-0,010
	0,678	0,90	2,134	1,347	2,131	-1,329	0,823	-0,064
	0,808	1,20	2,955	1,806	2,932	-1,717	1,238	-0,252
	0,939	1,50	4,216	2,454	4,103	-2,110	2,007	-0,780
3,2	0,383	0,00	1,000	0,648	1,000	-0,648	0,383	0,000
	0,472	0,30	1,238	0,803	1,238	-0,803	0,475	0,000
	0,585	0,60	1,598	1,031	1,598	-1,029	0,619	-0,010
	0,716	0,90	2,141	1,360	2,138	-1,342	0,862	-0,064
	0,860	1,20	2,956	1,819	2,932	-1,730	1,287	-0,250
	1,008	1,50	4,167	2,446	4,056	-2,114	2,046	-0,755
3,4	0,395	0,00	1,000	0,653	1,000	-0,653	0,395	0,000
	0,487	0,30	1,241	0,810	1,241	-0,810	0,491	0,000

	0,606	0,60	1,604	1,043	1,604	-1,141	0,641	-0,010
	0,746	0,90	2,155	1,379	2,152	-1,361	0,893	-0,065
	0,903	1,20	2,978	1,848	2,955	-1,759	1,333	-0,251
	1,067	1,50	4,183	2,480	4,075	-2,150	2,102	-0,750
3,6	0,403	0,00	1,000	0,658	1,000	-0,658	0,403	0,000
	0,497	0,30	1,243	0,817	1,243	-0,817	0,501	0,000
	0,620	0,60	1,611	1,054	1,611	-1,052	0,656	-0,010
	0,768	0,90	2,170	1,398	2,167	-1,381	0,916	-0,065
	0,935	1,20	3,009	1,881	2,985	-1,791	1,370	-0,254
	1,115	1,50	4,233	2,531	4,124	-2,199	2,160	-0,757
3,8	0,407	0,00	1,000	0,661	1,000	-0,661	0,407	0,000
	0,503	0,30	1,244	0,823	1,244	-0,823	0,507	0,000
	0,629	0,60	1,616	1,064	1,616	-1,062	0,665	-0,010
	0,782	0,90	2,183	1,415	2,108	-1,397	0,932	-0,066
	0,967	1,20	3,038	1,910	3,014	-1,819	1,398	-0,258
	1,150	1,50	4,321	2,583	4,181	-2,247	2,211	-0,768
4,0	0,409	0,00	1,000	0,664	1,000	-0,664	0,409	0,000
	0,507	0,30	1,245	0,827	1,245	-0,827	0,510	0,000
	0,634	0,60	1,620	1,070	1,620	-1,068	0,670	-0,010
	0,790	0,90	2,193	1,427	2,189	-1,409	0,941	-0,067
	0,941	1,20	3,061	1,933	3,037	-1,841	1,417	-0,260
	1,174	1,50	4,342	2,626	4,231	-2,285	2,250	-0,778

Таблица 3

Приведенная длина участ- ка сваи \bar{l}	Параметры для расчета свай при их жесткой заделке в ростверк							
	\bar{H}	\bar{zeta}_i	\bar{u}	\bar{M}	\bar{u}_0	\bar{f}_0 пси	\bar{f}_0 Н	\bar{f}_0 М
2,6	0,927	0,00	1,000	-0,943	1,000	0,000	0,927	-0,943
	0,963	0,30	1,039	-0,980	1,039	0,000	0,964	-0,981
	1,061	0,60	1,158	-1,089	1,158	0,000	1,074	-1,094
	1,210	0,90	1,374	-1,275	1,372	0,009	1,281	-1,308
	1,407	1,20	1,733	-1,552	1,718	0,054	1,644	-1,700
	1,656	1,50	2,337	-1,960	2,258	0,234	2,314	-2,471
2,8	0,947	0,00	1,000	-0,938	1,000	0,000	0,947	-0,938
	0,984	0,30	1,039	-0,975	1,039	0,000	0,985	-0,975
	1,083	0,60	1,156	-1,081	1,156	0,000	1,096	-1,086
	1,232	0,90	1,365	-1,260	1,363	0,008	1,301	-1,292
	1,425	1,20	1,709	-1,522	1,692	0,052	1,652	-1,663
	1,660	1,50	2,256	-1,890	2,183	0,217	2,273	-2,365
3,0	0,972	0,00	1,000	-0,940	1,000	0,000	0,972	-0,940
	1,010	0,30	1,039	-0,977	1,039	0,000	1,011	-0,977
	1,111	0,60	1,155	-1,083	1,155	0,000	1,124	-1,087
	1,263	0,90	1,361	-1,259	1,359	0,008	1,331	-1,291
	1,457	1,20	1,690	-1,512	1,676	0,050	1,678	-1,649
	1,687	1,50	2,202	-1,856	2,133	0,204	2,268	-2,304
3,2	0,998	0,00	1,000	-0,947	1,000	0,000	0,998	-0,947
	1,036	0,30	1,039	-0,984	1,039	0,000	1,037	-0,984
	1,141	0,60	1,156	-1,092	1,156	0,000	1,154	-1,096
	1,298	0,90	1,361	-1,269	1,359	0,008	1,365	-1,300

	1,496	1,20	1,684	-1,519	1,670	0,049	1,714	-1,655
	1,729	1,50	2,174	-1,852	2,108	0,197	2,291	-2,286
3,4	1,021	0,00	1,000	-0,957	1,000	0,000	1,021	-0,957
	0,061	0,30	1,040	-0,995	1,040	0,000	1,062	-0,995
	1,169	0,60	1,157	-1,105	1,574	0,000	1,182	-1,109
	1,331	0,90	1,363	-1,285	1,361	0,008	1,398	-1,316
	1,537	1,20	1,685	-1,538	1,672	0,049	1,755	-1,673
	1,777	1,50	2,168	-1,870	2,102	0,194	2,333	-2,298
3,6	1,040	0,00	1,000	-0,968	1,000	0,000	1,040	-0,968
	1,081	0,30	1,040	-1,007	1,040	0,000	1,082	-1,007
	1,192	0,60	1,159	-1,118	1,159	0,000	1,206	-1,123
	1,360	0,90	1,367	-1,303	1,365	0,008	1,428	-1,334
	1,574	1,20	1,692	-1,562	1,678	0,049	1,794	-1,698
	1,825	1,50	2,174	-1,900	2,109	0,194	2,382	-2,328
3,8	1,054	0,00	1,000	-0,977	1,000	0,000	1,054	-0,977
	1,096	0,30	1,040	-1,017	1,040	0,000	1,097	-1,017
	1,210	0,60	1,160	-1,131	1,160	0,000	1,224	-1,136
	1,383	0,90	1,371	-1,320	1,369	0,008	1,452	-1,352
	1,606	1,20	1,700	-1,586	1,686	0,050	1,827	-1,723
	1,867	1,50	2,188	-1,933	2,122	0,195	2,429	-2,364
4,0	1,064	0,00	1,000	-0,982	1,000	0,000	1,064	-0,985
	1,107	0,30	1,041	-1,026	1,041	0,000	1,108	-1,026
	1,223	0,60	1,162	-1,142	1,162	0,000	1,237	-1,146
	1,400	0,90	1,375	-1,334	1,373	0,009	1,470	-1,366
	1,629	1,20	1,708	-1,606	1,694	0,050	1,853	-1,775
	1,901	1,50	2,203	-1,964	2,137	0,197	2,469	-2,399

Во второй стадии работы сваи расчетный изгибающий момент M_{zi} кН х м (тс х м), поперечную силу H_{zi} , кН (тс), действующие на глубине z_i в пределах пластической зоны грунта, следует определять по формулам:

"Формулы (21) и (22) к приложению 1"

где z_i - глубина расположения сечения сваи в грунте, м, в пределах пластической зоны по отношению к подошве низкого ростверка.

9. В случае жесткой заделки сваи в ростверк, если исключается возможность поворота ее головы (например, в жесткий ростверк с двумя рядами свай или более, установленных в направлении действия горизонтальной силы), в формуле (21) вместо M следует принимать расчетный момент заделки M_f , действующий в месте сопряжения сваи с ростверком.

Расчетный момент заделки M_f , кН х м (тс х м), определяется по формуле

"Формула (23) к приложению 1"

10. Несущая способность системы "свая - грунт" при действии горизонтальной силы определяется по формулам:

1) для сваи, не имеющей жесткой заделки в ростверк,

"Формула (24-26) к приложению 1"

а) особо ответственных сооружений, для которых $l \leq 2,6$

принимается $n = 4$ и при $l \geq 5$ принимается $n = 2,5$; при промежуточных

значениях \bar{l} значение \bar{n} определяется интерполяцией;

б) фундаментов с однорядным расположением свай на внецентренно приложенную вертикальную сжимающую нагрузку, для которых следует

принимать $\bar{n} = 4$ независимо от значения \bar{l} ;

2) для свай, имеющей жесткую заделку в низкий ростверк, несущую способность F_d следует определять по формуле

"Формула (27) к приложению 1"

11. При статическом расчете свай в составе куста, если допускается возможность развития второй стадии напряженно-деформированного состояния системы "свая - грунт", следует учитывать их взаимодействие. В этом случае расчет производится как для одиночной сваи, но коэффициенты пропорциональности K и a умножаются на понижающий коэффициент альфа_i, определяемый по формуле

"Формулы (28) и (29) к приложению 1"

12. При одностадийном расчете свай горизонтальное перемещение u_0 , м, и угол поворота ψ_0 , рад, следует определять по формулам:

"Формулы (30-34) к приложению 1"

При значении \bar{l} , соответствующем промежуточному значению, указанному в [табл.5](#), его следует округлить до ближайшего табличного значения.

Таблица 4

Начало таблицы. (См. [окончание](#))

Приведенная глубина расположения сечения свай В	Коэффициенты					
	А ₁	В ₁	С ₁	Д ₁	А ₃	В ₃
0,0	1,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
0,1	1,000	0,100	0,005	0,000	0,000	0,000
0,2	1,000	0,200	0,020	0,001	-0,001	0,000
0,3	1,000	0,300	0,045	0,005	-0,005	-0,001
0,4	1,000	0,400	0,080	0,011	-0,011	-0,002
0,5	1,000	0,500	0,125	0,021	-0,021	-0,005
0,6	0,999	0,600	0,180	0,036	-0,036	-0,011
0,7	0,999	0,700	0,245	0,057	-0,057	-0,020
0,8	0,997	0,799	0,320	0,085	-0,085	-0,034
0,9	0,995	0,899	0,405	0,121	-0,121	-0,055
1,0	0,992	0,997	0,499	0,167	-0,167	-0,083
1,1	0,987	1,095	0,604	0,222	-0,222	-0,122
1,2	0,979	1,192	0,718	0,288	-0,287	-0,173
1,3	0,969	1,287	0,841	0,365	-0,365	-0,238
1,4	0,955	1,379	0,974	0,456	-0,455	-0,319
1,5	0,937	1,468	1,115	0,560	-0,559	-0,420
1,6	0,913	1,553	1,264	0,678	-0,676	-0,543

1,7	0,882	1,633	1,421	0,812	-0,808	-0,691
1,8	0,843	1,706	1,584	0,961	-0,956	-0,867
1,9	0,795	1,770	1,752	1,126	-1,118	-1,074
2,0	0,735	1,823	1,924	1,308	-1,295	-1,314
2,2	0,575	1,887	2,272	1,720	-1,693	-1,906
2,4	0,347	1,874	2,609	2,195	-2,141	-2,663
2,6	0,033	1,755	2,907	2,724	-2,621	-3,600
2,8	-0,385	1,490	3,128	3,288	-3,103	-4,718
3,0	-0,928	1,037	3,225	3,858	-3,540	-6,000
3,5	-2,928	-1,272	2,463	4,980	-3,919	-9,544
4,0	-5,853	-5,941	-0,927	4,548	-1,614	-11,731

Окончание таблицы. (См. начало)

Приведенная глубина расположения сечения сваи в грунте — z	Коэффициенты					
	C 3	D 3	A 4	B 4	C 4	D 4
0,0	1,000	0,000	0,000	0,000	0,000	1,000
0,1	1,000	0,100	-0,005	0,000	0,000	1,000
0,2	1,000	0,200	-0,020	-0,003	0,000	1,000
0,3	1,000	0,300	-0,045	-0,009	-0,001	1,000
0,4	1,000	0,400	-0,080	-0,021	-0,003	1,000
0,5	0,999	0,500	-0,125	-0,042	-0,008	0,999
0,6	0,998	0,600	-0,180	-0,072	-0,016	0,997
0,7	0,996	0,699	-0,245	-0,114	-0,030	0,994
0,8	0,992	0,799	-0,320	-0,171	-0,051	0,989
0,9	0,985	0,897	-0,404	-0,243	-0,082	0,980
1,0	0,975	0,994	-0,499	-0,333	-0,125	0,967
1,1	0,960	1,090	-0,603	-0,443	-0,183	0,946
1,2	0,938	1,183	-0,716	-0,575	-0,259	0,917
1,3	0,907	1,273	-0,838	-0,730	-0,356	0,876
1,4	0,866	1,358	-0,967	-0,910	-0,479	0,821
1,5	0,811	1,437	-1,105	-1,116	-0,630	0,747
1,6	0,739	1,507	-1,248	-1,350	-0,815	0,652
1,7	0,646	1,566	-1,396	-1,613	-1,036	0,529
1,8	0,530	1,612	-1,547	-1,906	-1,299	0,374
1,9	0,385	1,640	-1,699	-2,227	-1,608	0,181
2,0	0,207	1,646	-1,848	-2,578	-1,966	-0,057
2,2	-0,271	1,575	-2,125	-3,360	-2,849	-0,692
2,4	-0,949	1,352	-2,339	-4,228	-3,973	-1,592
2,6	-1,877	0,917	-2,437	-5,140	-5,355	-2,821
2,8	-3,108	0,197	-2,346	-6,023	-6,990	-4,445
3,0	-4,688	-0,891	-1,969	-6,765	-8,840	-6,520
3,5	-10,340	-5,854	1,074	-6,789	-13,692	-13,826
4,0	-17,919	-15,076	9,244	-0,358	-15,611	-23,140

Таблица 5

Приведенная глубина погружения	При опирании сваи на нескальный грунт	При опирании сваи на скалу	При заделке сваи в скалу
--------------------------------	---------------------------------------	----------------------------	--------------------------

ния сваи \bar{l}									
	А 0	В 0	С 0	А 0	В 0	С 0	А 0	В 0	С 0
0,5	72,004	192,026	576,243	48,006	96,037	192,291	0,042	0,125	0,500
0,6	50,007	111,149	278,069	33,344	55,609	92,942	0,072	0,180	0,600
0,7	36,745	70,023	150,278	24,507	35,059	50,387	0,114	0,244	0,699
0,8	28,140	46,943	88,279	18,775	23,533	29,763	0,170	0,319	0,798
0,9	22,244	33,008	55,307	14,851	16,582	18,814	0,241	0,402	0,896
1,0	18,030	24,106	36,486	12,049	12,149	12,582	0,329	0,494	0,992
1,1	14,916	18,160	25,123	9,983	9,196	8,836	0,434	0,593	1,086
1,2	12,552	14,041	17,944	8,418	7,159	6,485	0,556	0,698	1,176
1,3	10,717	11,103	13,235	7,208	5,713	4,957	0,695	0,807	1,262
1,4	9,266	8,954	10,050	6,257	4,664	3,937	0,849	0,918	1,342
1,5	8,101	7,349	7,838	5,498	3,889	3,240	1,014	1,028	1,415
1,6	7,154	6,129	6,268	4,887	3,308	2,758	1,186	1,134	1,480
1,7	6,375	5,189	5,133	4,391	2,868	2,419	1,361	1,232	1,535
1,8	5,730	4,456	4,299	3,985	2,533	2,181	1,532	1,321	1,581
1,9	5,190	3,878	3,679	3,653	2,277	2,012	1,693	1,397	1,617
2,0	4,737	3,418	3,213	3,381	2,081	1,894	1,841	1,460	1,644
2,2	4,032	2,756	2,591	2,977	1,819	1,758	2,080	1,545	1,675
2,4	3,526	2,327	2,227	2,713	1,673	1,701	2,240	1,586	1,685
2,6	3,163	2,048	2,013	2,548	1,600	2,687	2,330	1,596	1,687
2,8	2,905	1,869	1,889	2,453	1,572	1,693	2,371	1,593	1,687
3,0	2,727	1,758	1,818	2,406	1,568	1,707	2,385	1,586	1,691
3,5	2,502	1,641	1,757	2,394	1,597	1,739	2,389	1,584	1,711
>=4,0	2,441	1,621	1,751	2,419	1,618	1,750	2,401	1,600	1,732

13. Расчет устойчивости основания, окружающего сваю, должен производиться по условию (35) ограничения расчетного давления σ_z , оказываемого на грунт боковыми поверхностями свай:

"Формула (35) к приложению 1"

Примечание. Если расчетные горизонтальные давления на грунт σ_z не удовлетворяют условию (35), но при этом несущая способность свай по материалу недоиспользована и перемещения свай меньше

предельно допускаемых значений, то при приведенной глубине свай $z > 2,5$ расчет следует повторить, приняв уменьшенное значение коэффициента пропорциональности K. При новом значении K необходимо проверить прочность свай по материалу, ее перемещения, а также соблюдение условия (35).

14. Расчетное давление σ_z , кПа (тс/м²), на грунт по контакту с боковой поверхностью свай, возникающее на глубине z , а также расчетный изгибающий момент M_z , кН х м (тс х м), поперечную силу H_z , кН (тс), и продольную силу N , кН (тс), действующие на глубине z в сечении свай, при одностадийном расчете свай следует определять по формулам:

"Формулы (36-39) к приложению 1"

15. Расчетный момент заделки M_f , кН х м (тс х м), учитываемый при одностадийном расчете свай, имеющих жесткую заделку в ростверк, который обеспечивается невозможностью поворота головы свай, следует определять по формуле

"Формула (40) к приложению 1"

где все буквенные обозначения те же, что и в предыдущих формулах.

При этом знак "минус" означает, что при горизонтальной силе H , направленной слева направо, на голову свай со стороны заделки передается момент, направленный против часовой стрелки.

**Расчет несущей способности пирамидальных свай
с наклоном боковых граней $i_p > 0,025$**

Несущую способность F_d , кН (кгс), пирамидальных свай с наклоном боковых граней $i_p > 0,025$ допускается определять как сумму сил расчетных сопротивлений грунта основания на боковой поверхности сваи и под ее нижним концом по формуле

"Формула (1) к приложению 2"

Сопротивления грунта под острием сваи p_i и на ее боковой поверхности p'_i , кПа (кгс/см²), определяются по формуле

"Формулы (2-4) к приложению 2"

Кoeff- фициент	Угол внутреннего трения грунта $\phi_{I,i}$, град.									
	4	8	12	16	20	24	28	32	36	40
n_1	0,53	0,48	0,41	0,35	0,30	0,24	0,20	0,15	0,10	0,06
n_2	0,94	0,88	0,83	0,78	0,73	0,69	0,65	0,62	0,58	0,54
$k_{си}$	0,06	0,12	0,17	0,22	0,26	0,29	0,32	0,35	0,37	0,39

Примечание. Для промежуточных значений угла внутреннего трения $\phi_{I,i}$ значения коэффициентов n_1 , n_2 и $k_{си}$ определяются интерполяцией.

Определение осадки ленточных свайных фундаментов

Осадка s , м (см), ленточных свайных фундаментов с одно- и двухрядным расположением свай (при расстоянии между сваями 3-4d) определяется по формуле

"Формула определения осадки s , м (см), ленточных свайных фундаментов"

Значения коэффициента z_0 определяются по номограмме следующим образом. На номограмме через точку, соответствующую вычисленному значению приведенной глубины сжимаемой толщи, проводится прямая, параллельная оси абсцисс, до пересечения с линией приведенной ширины фундамента b и опускается перпендикуляр до линии коэффициента Пуассона грунта ν . Из точки пересечения проводится линия, параллельная оси абсцисс до пересечения с осью ординат, на которой приведены значения коэффициента z_0 .

"Номограмма для определения значений z_0 "

Определение осадки одиночной сваи

Расчет осадок одиночных свай, прорезающих слой грунта с модулем сдвига G_1 , МПа (тс/м²), и коэффициентом Пуассона ν_1 и опирающихся на грунт, рассматриваемый как линейно-деформируемое полупространство, характеризуемое модулем сдвига G_2 и коэффициентом Пуассона ν_2 , допускается производить при $N \leq F_d/\gamma_k$ и при условии $l/d > 5$, $G_1 l/G_2 d > 1$ (где $l/d > 5$ - длина сваи, м, d - диаметр или сторона поперечного сечения сваи, м) по формулам:

а) для одиночной сваи без уширения

"Формулы расчета осадок одиночных свай"

Характеристики G_1 и ν_1 принимаются осредненными для всех слоев грунта в пределах глубины погружения сваи, а G_2 и ν_2 - в пределах 10 диаметров сваи или уширения (для сваи с уширением) при условии, что под нижними концами свай отсутствуют торфы, илы и грунты текучей консистенции.