ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО

ПО ТЕХНИЧЕСКОМУ РЕГУЛИРОВАНИЮ И МЕТРОЛОГИИ

НАЦИОНАЛЬНЫЙ СТАНДАРТ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

**ГОСТ Р 59619— 2021**

# Дороги автомобильные общего пользования

# МОСТОВЫЕ СООРУЖЕНИЯ

## Правила проектирования опор

Издание официальное

Москва
Российский институт стандартизации
2021

gost.e-ecolog.ru

## Предисловие

1 РАЗРАБОТАН Обществом с ограниченной ответственностью «Мастерская Мостов» (ООО «Мастерская Мостов»)

2 ВНЕСЕН Техническим комитетом по стандартизации ТК 418 «Дорожное хозяйство»

3 УТВЕРЖДЕН И ВВЕДЕН В ДЕЙСТВИЕ Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 1 декабря 2021 г. № 1666-ст

4 ВВЕДЕН ВПЕРВЫЕ

*Правила применения настоящего стандарта установлены в статье 26 Федерального закона от 29 июня 2015 г. № 162-ФЗ «О стандартизации в Российской Федерации». Информация об изменениях к настоящему стандарту публикуется в ежегодном (по состоянию на 1 января текущего года) информационном указателе «Национальные стандарты», а официальный текст изменений и поправок — в ежемесячном информационном указателе «Национальные стандарты». В случае пересмотра (замены) или отмены настоящего стандарта соответствующее уведомление будет опубликовано в ближайшем выпуске ежемесячного информационного указателя «Национальные стандарты». Соответствующая информация, уведомление и тексты размещаются также в информационной системе общего пользования — на официальном сайте Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии (*gost.e-ecolog.ru

© Оформление. ФГБУ «РСТ», 2021

Настоящий стандарт не может быть полностью или частично воспроизведен, тиражирован и распространен в качестве официального издания без разрешения Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии

## Содержание

1 Область применения . . . . . 1
2 Нормативные ссылки . . . . . 1
3 Термины и определения . . . . . 2
4 Обозначения . . . . . 4
5 Основные положения . . . . . 5
6 Материалы и полуфабрикаты . . . . . 5
7 Основные конструктивные требования . . . . . 5
7.1 Общие конструктивные требования к телу опор . . . . . 5
7.2 Общие конструктивные требования к фундаментам опор . . . . . 5
8 Нагрузки и воздействия . . . . . 7
9 Расчет опор . . . . . 7
9.1 Общие положения . . . . . 7
9.2 Расчет оснований и фундаментов опор . . . . . 8
Приложение А (обязательное) Расчетное сопротивление грунтов основания осевому сжатию . . . . . 11
Приложение Б (обязательное) Методика определения равнодействующей нормативного горизонтального (бокового) давления от собственного веса грунта на опоры мостов . . . . . 14
Приложение В (обязательное) Устойчивость опор против опрокидывания и сдвига . . . . . 17
Приложение Г (обязательное) Устойчивость фундаментов против глубокого сдвига . . . . . 18
Приложение Д (обязательное) Методика определения дополнительных давлений на основание устоя от веса примыкающей части подходной насыпи . . . . . 19
Приложение Е (обязательное) Методика проверки несущей способности по грунту фундамента из свай или опускного колодца как условного фундамента мелкого заложения . . . . . 21
Приложение Ж (обязательное) Методика проверки несущей способности подстилающего слоя грунта . . . . . 25
Библиография . . . . . 27

НАЦИОНАЛЬНЫЙ СТАНДАРТ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

**Дороги автомобильные общего пользования**

**МОСТОВЫЕ СООРУЖЕНИЯ**

**Правила проектирования опор**

Automobile roads of general use. Bridge constructions. Design code for piers

**Дата введения — 2022—01—01**

## 1 Область применения

Настоящий стандарт устанавливает требования к правилам проектирования опор новых, реконструируемых и подвергаемых капитальному ремонту мостовых сооружений постоянного типа, расположенных на автомобильных дорогах общего пользования, в том числе при прохождении автомобильных дорог общего пользования по территории населенных пунктов, а также пешеходных мостов через автомобильные дороги общего пользования.

Настоящий стандарт не распространяется на проектирование:

- совмещенных мостов;
- коммуникационных сооружений, не предназначенных для пропуска транспортных средств и пешеходов.

## 2 Нормативные ссылки

В настоящем стандарте использованы нормативные ссылки на следующие документы:

ГОСТ 25100 Грунты. Классификация

ГОСТ 27751 Надежность строительных конструкций и оснований. Основные положения

ГОСТ 33178 Дороги автомобильные общего пользования. Классификация мостов

ГОСТ 33384—2015 Дороги автомобильные общего пользования. Проектирование мостовых сооружений. Общие требования

ГОСТ 33390 Дороги автомобильные общего пользования. Мосты. Нагрузки и воздействия

ГОСТ Р 59622—2021 Дороги автомобильные общего пользования. Мостовые сооружения. Проектирование железобетонных элементов

ГОСТ Р 59623 Дороги автомобильные общего пользования. Мостовые сооружения. Проектирование стальных элементов

ГОСТ Р 59627 Дороги автомобильные общего пользования. Мостовые сооружения. Смотровые ходы и агрегаты. Общие технические условия

СП 22.13330 «СНиП 2.02.01-83* Основания зданий и сооружений»

СП 24.13330.2011 «СНиП 2.02.03-85 Свайные фундаменты»

СП 25.13330 «СНиП 2.02.04-88 Основания и фундаменты на вечномерзлых грунтах»

СП 45.13330 «СНиП 3.02.01-87 Земляные сооружения, основания и фундаменты»

СП 46.13330.2012 «СНиП 3.06.04-91 Мосты и трубы»

СП 48.13330 «СНиП 12-01-2004 Организация строительства»

СП 126.13330 «СНиП 3.01.03-84 Геодезические работы в строительстве»

СП 446.1325800 Инженерно-геологические изыскания для строительства. Общие правила производства работ

**Издание официальное**

Примечание — При пользовании настоящим стандартом целесообразно проверить действие ссылочных стандартов (сводов правил) в информационной системе общего пользования — на официальном сайте Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии в сети Интернет или по ежегодному информационному указателю «Национальные стандарты», который опубликован по состоянию на 1 января текущего года, и по выпускам ежемесячного информационного указателя «Национальные стандарты» за текущий год. Если заменен ссылочный документ, на который дана недатированная ссылка, то рекомендуется использовать действующую версию этого документа с учетом всех внесенных в данную версию изменений. Если заменен ссылочный документ, на который дана датированная ссылка, то рекомендуется использовать версию этого документа с указанным выше годом утверждения (принятия). Если после утверждения настоящего стандарта в ссылочный документ, на который дана датированная ссылка, внесено изменение, затрагивающее положение, на которое дана ссылка, то это положение рекомендуется применять без учета данного изменения. Если ссылочный документ отменен без замены, то положение, в котором дана ссылка на него, рекомендуется применять в части, не затрагивающей эту ссылку. Сведения о действии сводов правил целесообразно проверить в Федеральном информационном фонде стандартов.

## 3 Термины и определения

В настоящем стандарте применены следующие термины с соответствующими определениями:

3.1 **армогрунтовая система:** Система, состоящая из грунта основания, уплотняемых слоев грунта насыпи и армирующих элементов в виде металлических стержней, полос, арматурных каркасов или геосинтетических тканей, решеток, сеток, закладываемых между слоями грунта насыпи с определенным вертикальным шагом, и облицовок различных конструкций.

3.2 **геомассив:** Ограниченная часть геосреды, влияющая на сооружения посредством гидрогеологических и геодинамических процессов.

3.3

**горизонтальные перемещения:** Горизонтальные составляющие деформаций основания, связанные с действием горизонтальных нагрузок на основание (фундаменты распорных систем, подпорные стены и т. д.) или со значительными деформациями поверхности при оседаниях, просадках грунтов от собственного веса и т. п.

[ГОСТ 24846—2019, пункт 3.4]

3.4

**горизонтальные перемещения зданий и элементов конструкций:** Горизонтальные составляющие деформаций от крена фундаментов, ветровой нагрузки и температурных климатических воздействий.

[ГОСТ 24846—2019, пункт 3.5]

3.5 **защитные мероприятия:** Комплекс организационно-технических мероприятий по защите окружающей застройки от сверхнормативных деформаций и прочих недопустимых воздействий, оказываемых негативным влиянием строительства или реконструкции.

3.6 **компенсационные мероприятия:** Мероприятия, направленные на сохранение или восстановление напряженно-деформированного состояния оснований реконструируемых сооружений или сооружений окружающей застройки и гидрогеологического режима.

3.7 **окружающая застройка:** Существующие здания и сооружения, инженерные и транспортные коммуникации, расположенные вблизи объектов нового строительства или реконструкции.

3.8 **опора моста:** Несущий элемент мостового сооружения, передающий усилия с пролетного строения на грунт в основании опоры.

3.9

**мостовое сооружение:** Инженерное дорожное сооружение (мост, путепровод, эстакада и др.), устраиваемое при пересечении транспортного пути с естественными или искусственными препятствиями; часто заменяется термином «мост».

[ГОСТ 33178—2014, пункт 3.1]

3.10 **несущая способность свай по грунту:** Предельное сопротивление основания одиночной сваи по условию ограничения развития в нем деформаций сдвига в соответствии с заранее заданным условием.

3.11 **оголовок:** Верхняя часть массивной опоры, на которой расположены подферменные площадки.

3.12 **осадка:** Вертикальные составляющие деформаций основания, происходящие в результате внешних воздействий и в отдельных случаях от собственного веса массива грунта, не сопровождающиеся изменением его структуры.

3.13 **основание сваи:** Часть массива грунта, воспринимающая нагрузку, передаваемую сваей, и взаимодействующая со сваей.

3.14 **основание сооружения:** Массив грунта, воспринимающий нагрузку от сооружения.

3.15 **открылок (крыло) устоя:** Консольные боковые стенки устоев, предназначенные для удержания грунта в насыпи прохода за устоем.

3.16 **отрицательные (негативные) силы трения:** Силы, направленные вниз, возникающие на боковой поверхности свай в случае, когда осадка околосвайного грунта превышает осадку свай.

3.17 **подферменная площадка:** Железобетонный выступ на оголовке опоры, предназначенный для установки опорной части пролетного строения.

3.18 **поровая жидкость:** Жидкость, содержащаяся в скелете нескальных грунтов.

3.19 **поровое давление:** Давление в поровой жидкости грунта.

3.20 **просадки:** Вертикальные составляющие деформаций основания сооружения, происходящие в результате уплотнения грунта и коренного изменения структуры грунта под воздействием как внешних нагрузок и собственного веса грунта, так и дополнительных факторов, таких как, например, замачивание просадочного грунта, оттаивание ледовых прослоек в замерзшем грунте и т. п.

3.21 **расчетная нагрузка, передаваемая на сваю:** Нагрузка, равная продольному усилию, возникающему в свае от проектных воздействий на фундамент при наиболее невыгодных их сочетаниях.

3.22 **ригель:** Верхний элемент опоры, объединяющий вертикальные стойки, столбы, сваи, воспринимающий и распределяющий на них нагрузки от пролетного строения через подферменные площадки.

3.23 **ростверк:** Распределительная плита, объединяющая головы свай и перераспределяющая на них нагрузку от вышерасположенных конструкций.

3.24 **свайный фундамент:** Комплекс свай, объединенных в единую конструкцию, передающую нагрузку на основание.

3.25 **свая:** Погруженная в грунт или изготовленная в грунте вертикальная или наклонная конструкция, предназначенная для передачи нагрузки на основание.

3.26 **свая-оболочка:** Тонкостенная полая свая большого диаметра — свыше 0,8 м с замкнутым поперечным сечением.

3.27 **одиночная свая:** Свая, передающая нагрузку на грунт в условиях отсутствия влияния на нее других свай.

3.28 **сопряжение с подходами:** Конструктивное выполнение узла примыкания мостового сооружения к насыпи подхода за устоем.

3.29 **шкафная стенка:** Элемент верхней части устоя, отделяющий торец пролетного строения и зону расположения опорных частей от грунта насыпи подхода или от зоны расположения армогрунтовой насыпи в случае устоя с раздельными функциями.

3.30 **тело опоры:** Конструкции опоры, расположенные выше фундамента.

3.31 **устой диванного типа:** Устой в виде уголкового блока (дивана), опирающегося горизонтальной полкой на грунт насыпи.

3.32 **обсыпной устой:** Устой, большая часть которого находится в грунте конуса насыпи, выступающего за переднюю поверхность устоя.

3.33 **устой (береговая опора):** Крайняя опора моста в сопряжении его с геомассивом берегового склона и подходной насыпи, воспринимающая нагрузки от пролетного строения и переходной плиты и давления грунта геомассива берегового склона и насыпи (за исключением устоя с раздельными функциями).

3.34 **устой с раздельными функциями:** Крайняя опора моста, воспринимающая только нагрузки от пролетного строения и переходной плиты. При этом давление грунта воспринимается армогрунтовой системой, полностью изолирующей опору от взаимодействия с грунтом насыпи.

3.35 **фундамент опоры:** Часть опоры мостового сооружения, которая служит для передачи нагрузки от сооружения на основание.

## 4 Обозначения

В настоящем стандарте применены следующие обозначения:

$A$ — площадь подошвы фундамента;

$F_h$ — равнодействующая нормативного горизонтального (бокового) давления;

$I_L$ — показатель текучести грунта;

$I_p$ — показатель пластичности грунта;

$M$ — момент сил;

$M_c$ — момент от $F_h$ в уровне расчетной поверхности грунта;

$M_u$ — момент опрокидывающих сил относительно оси возможного поворота (опрокидывания);

$M_z$ — момент удерживающих сил относительно оси возможного поворота (опрокидывания);

$N$ — нормальная сила к подошве фундамента;

$N_c$ — нормальная составляющая давления на грунт основания;

$Q_z$ — удерживающая сила, равная сумме проекции удерживающих сил на направление возможного сдвига;

$Q_\tau$ — сдвигающая сила, равная сумме проекции сдвигающих сил на направление возможного сдвига;

$R$ — расчетное сопротивление грунта основания;

$R_c$ — предел прочности на одноосное сжатие образцов скального грунта;

$R_{nc}$ — предел прочности на одноосное сжатие образцов глинистого грунта природной влажности;

$R_0$ — условное сопротивление грунта;

$W$ — момент сопротивления;

$b$ — ширина опоры;

$c_b$ — коэффициент постели грунта;

$d$ — глубина заложения фундамента;

$d_\omega$ — глубина воды;

$e_0$ — эксцентриситет равнодействующей нагрузок относительно центральной оси подошвы фундамента;

$h$ — толщина слоя;

$l$ — длина сваи;

$p$ — давления на грунт основания;

$p_h$ — нормативное горизонтальное (боковое) давление грунта;

$r$ — радиус ядра сечения;

$z$ — плечо равнодействующей;

$\gamma$ — удельный вес грунта;

$\gamma_c$ — коэффициент условий работы;

$\gamma_g$ — коэффициент надежности по грунту;

$\gamma_{nn}$ — коэффициент надежности по назначению сооружения;

$\varepsilon$ — коэффициент пористости грунта;

$\tau$ — коэффициент нормативного горизонтального (бокового) давления грунта;

$\varphi$ — угол внутреннего трения грунта;

$\varphi_m$ — среднее значение расчетного угла внутреннего трения грунтов, прорезанных сваями или опускным колодцем.

## 5 Основные положения

5.1 Опоры мостовых сооружений должны удовлетворять требованиям, представленным в ГОСТ 33384, [1] (статья 3) и настоящем стандарте.

5.2 Конструктивные, архитектурные и объемно-планировочные решения опор мостовых сооружений, применяемые материалы и изделия должны быть технологически целесообразными и исполнимыми при строительстве, текущем содержании в период эксплуатации, при капитальных ремонтах, ремонтах и реконструкции.

5.3 Проектные решения должны обеспечивать невозможность наступления какого-либо предельного состояния по ГОСТ 27751.

5.4 Осадки опор не должны вызывать появления в продольном профиле дополнительных углов перелома, превышающих разность продольных уклонов проезжей части смежных пролетов более чем на 2 ‰ в соответствии с ГОСТ 33384.

5.5 Все видимые поверхности опор должны быть доступны для осмотра и ухода. Смотровые ходы и приспособления следует проектировать согласно ГОСТ Р 59627.

5.6 Для выбора типа фундаментов опор мостовых сооружений, назначения расчетной схемы взаимодействия конструкций сооружения с основанием, уточнения требований к предельным деформациям основания фундаментов проектируемого сооружения, геотехнического прогноза его влияния на окружающую застройку и т. д. необходимо учитывать конструктивные решения проектируемого мостового сооружения, способы и последовательность его возведения, а также условия последующей эксплуатации.

5.7 Фундаменты опор мостовых сооружений следует проектировать в соответствии с требованиями СП 22.13330, СП 24.13330, СП 25.13330 с учетом требований настоящего стандарта.

При проектировании фундаментов опор мостовых сооружений необходимо соблюдать требования СП 48.13330, СП 45.13330, СП 126.13330, СП 46.13330, СП 446.1325800, [2].

5.8 Классификацию грунтов оснований необходимо проводить в соответствии с ГОСТ 25100.

5.9 Значения физическо-механических характеристик грунтов, необходимые для вычисления расчетных сопротивлений оснований под подошвой фундаментов мелкого заложения или фундаментов из опускных колодцев, следует определять согласно требованиям СП 22.13330 и приложения А.

5.10 Гидравлические характеристики следует принимать в соответствии с ГОСТ 33384—2015 (раздел 6).

5.11 Все засыпаемые грунтом поверхности железобетонных элементов рекомендуется защищать гидроизоляцией в случае нахождения в зоне переменного уровня воды и нахождения тела ростверка в зоне промерзания грунта. В качестве гидроизоляции также допускается использование марки бетона по водопроницаемости *W* не менее 10.

## 6 Материалы и полуфабрикаты

6.1 Материалы для проектирования железобетонных опор и фундаментов следует принимать по ГОСТ Р 59622.

6.2 Материалы для проектирования металлических опор и фундаментов следует принимать по ГОСТ Р 59623.

## 7 Основные конструктивные требования

### 7.1 Общие конструктивные требования к телу опор

7.1.1 Общие конструктивные требования к телу опор должны соответствовать требованиям ГОСТ 33384—2015 (подраздел 8.6).

7.1.2 Сопряжение устоев с подходами к мостовому сооружению должно соответствовать требованиям ГОСТ 33384—2015 (подраздел 8.7).

### 7.2 Общие конструктивные требования к фундаментам опор

7.2.1 Фундаменты опор мостовых сооружений следует закладывать в грунт на глубине, определяемой расчетами несущей способности оснований и фундаментов согласно разделу 9 и принимаемой

не менее значений, требуемых СП 22.13330, СП 25.13330 и [3] для фундаментов мелкого заложения, СП 24.13330, СП 25.13330 и [3] для свай и ростверков. Минимальные расстояния между сваями в плане следует назначать согласно СП 24.13330 и СП 25.13330.

Глубина заложения фундаментов, вычисленная в соответствии с СП 22.13330, должна быть не менее расчетной глубины промерзания грунта, все фундаменты следует заглублять не менее чем на 0,25 м ниже расчетной глубины промерзания грунта. При этом за расчетную глубину промерзания принимают ее нормативное значение.

В пределах водотоков фундаменты мостов должны быть заложены в грунт ниже уровня общего и местного размывов, определяемых согласно ГОСТ 33384.

7.2.2 Размеры в плане ростверка свайных фундаментов следует принимать исходя из расстояний между осями свай по СП 24.13330, а также из необходимости обеспечения между сваями и вертикальными гранями ростверка расстояния в свету не менее 25 см, при сваях-оболочках диаметром свыше 2 м — не менее 0,10 м.

Тампонажный слой бетона, уложенный подводным способом, запрещается использовать в качестве рабочей (несущей) части ростверка.

7.2.3 На обрезе фундамента при его расположении в пределах колебаний уровней воды и льда следует предусматривать устройство фаски размером не менее 0,3×0,3 м, а фундаменту придавать обтекаемую форму.

7.2.4 При необходимости устройства уступов фундамента их размеры должны быть обоснованы расчетом.

Наклон к вертикали боковых граней опускного колодца (или отношение суммарной ширины уступов колодца к глубине заложения), как правило, не должен превышать 1:20. Наклон более указанного допускается при условии принятия мер, обеспечивающих погружение колодцев с заданной точностью.

7.2.5 Сваи должны быть заделаны в ростверк (выше слоя бетона, уложенного подводным способом) на длину, определяемую расчетом и принимаемую не менее половины периметра призматических свай и 1,2 м — для свай диаметром 0,6 м и более.

Допускается заделка свай в ростверке с помощью выпусков стержней продольной арматуры длиной, определяемой расчетом по ГОСТ Р 59622, но не менее 30 диаметров стержней при арматуре периодического профиля и 40 диаметров стержней при гладкой арматуре. При этом сваи должны быть заведены в ростверк не менее чем на 0,10 м.

Свободное опирание свай на ростверк не допускается.

7.2.6 Железобетонный ростверк и сваи необходимо армировать по расчету согласно требованиям настоящего раздела и раздела 9.

7.2.7 Диаметр проволочной арматуры класса $B_p$ для хомутов арматуры свай следует принимать не менее 5 мм.

Диаметр хомутов свай и свай-оболочек следует принимать не менее 6 мм.

Распределительная арматура и хомуты во всех армируемых элементах при продольной арматуре диаметром 28 мм и более должны иметь диаметр не менее четверти диаметра продольных стержней.

7.2.8 Толщина защитного слоя бетона от его наружной поверхности до поверхности арматурного элемента (кроме реконструируемых мостовых сооружений) должна быть не менее:

а) в полых сваях-оболочках — 2 см;

б) в наружных блоках сборных опор — 4 см;

в) у наружных поверхностей монолитных опор:

1) в ледорезной части опоры — 7 см;

2) на остальных участках опоры — 5 см;

3) в сваях, колодцах и блоках сборных фундаментов — 3 см;

г) в опорных плитах фундаментов из монолитного железобетона:

1) при наличии бетонной подготовки — 4 см;

2) при отсутствии бетонной подготовки — 7 см.

7.2.9 Прочность раствора, применяемого для заделки свай или свай-столбов в скважинах, пробуренных в скальных грунтах, должна быть не ниже 9,8 МПа, в остальных грунтах — не ниже 4,9 МПа.

7.2.10 Бетон заполнения внутренних полостей сборно-монолитных опор и свай-оболочек следует принимать классом по прочности на сжатие не менее В20.

7.2.11 Минимальную толщину стенок железобетонных полых свай и свай-оболочек следует принимать при наружном диаметре 0,4 м — 0,08 м; от 0,6 м до 0,8 м — 0,10 м; от 1,0 м до 3,0 м — 0,12 м.

7.2.12 Для свайных фундаментов опор допускается применение стальных свай из цилиндрической электросварной прямошовной трубы диаметром до 3000 мм, погружаемых с открытым концом без выемки грунта. Диаметр и толщина стенки должны быть достаточны для обеспечения прочности, устойчивости и долговечности трубы, а также несущей способности сваи по грунту основания при действии нагрузок, возникающих в процессе проведения работ и эксплуатации с учетом их коррозионного износа. Сваи должны быть жестко объединены с железобетонным ростверком. Объединение допускается выполнять путем устройства со стороны головы сваи железобетонного сердечника, заполняющего внутреннюю полость трубы, с выпусками арматуры в ростверк. Длину сердечника вдоль сваи следует определять расчетом и включать в совместную работу со стальной трубой.

7.2.13 Заглубление забивных свай в грунты, принятые за основание, должно составлять: в глинистые грунты с показателем текучести 0,1, а также в крупнообломочные, гравелистые, крупные песчаные грунты — не менее 0,5 м; в прочие нескальные — не менее 1,0 м. Опирание нижних концов буровых свай на рыхлые пески и глинистые грунты с показателем текучести более 0,6 не допускается.

7.2.14 Для контроля выбранной длины свай и подтверждения принятых технических решений в рабочей документации могут предусматриваться статические испытания свай в соответствии с СП 46.13330.2012 (таблица 5).

7.2.15 Назначение в проектной документации свай разной длины, объединенных одним ростверком, не допускается. В процессе строительства их длина может уточняться по результатам испытаний.

7.2.16 Перегрузка свай свайного фундамента не допускается.

## 8 Нагрузки и воздействия

8.1 Опоры и фундаменты мостовых сооружений следует рассчитывать на нагрузки и воздействия и их сочетания, принимаемые в соответствии с ГОСТ 33390 и настоящим стандартом.

8.2 Нагрузки и воздействия на основания, передаваемые фундаментами сооружений, следует устанавливать расчетом исходя из рассмотрения совместной работы сооружения и основания, с учетом их возможного изменения на различных стадиях возведения и эксплуатации сооружения.

8.3 Следует учитывать в расчетах, что одни и те же нагрузки и воздействия могут оказывать как неблагоприятное, так и благоприятное влияние при анализе тех или иных предельных состояний. В тех случаях, когда нагрузки и воздействия оказывают благоприятное влияние, коэффициент надежности по нагрузке следует принимать меньшим единицы.

Примером может служить собственный вес конструкций или вес грунта обратной засыпки при расчете сооружения на всплытие.

8.4 При проектировании фундаментов следует учитывать длительность передаваемых на них нагрузок и воздействий в соответствии с СП 22.13330.

Длительность нагрузок и воздействий на основание следует рассматривать для учета изменений свойств грунтов и порового давления во времени, особенно для глинистых грунтов, склонных к длительным деформациям.

## 9 Расчет опор

### 9.1 Общие положения

9.1.1 Расчет опор мостовых сооружений следует проводить в соответствии с методикой предельных состояний в соответствии с ГОСТ 27751, ГОСТ 33384 на нагрузки, указанные в разделе 8.

9.1.2 Опоры рассчитывают по группам предельных состояний I и II:

- группа I — по несущей способности оснований, устойчивости фундаментов против опрокидывания и сдвига, устойчивости фундаментов при воздействии сил морозного пучения грунтов, прочности и устойчивости конструкций тела опор;
- группа II — по деформациям оснований и фундаментов (осадкам, кренам, горизонтальным перемещениям, углам перелома в плане), положению равнодействующей для фундаментов мелкого заложения и трещиностойкости железобетонных конструкций.

9.1.3 При расчете опор мостовых сооружений следует учитывать их пространственную работу.

9.1.4 Горизонтальное давление грунта на устои следует определять в соответствии с методикой, приведенной в приложении Б.

9.1.5 Для определения горизонтального давления от транспортных средств на устои при опирании переходных плит на лежень или щебеночную призму их следует рассматривать как балку на двух опорах. Давление от подвижной нагрузки над переходной плитой на лежень или щебеночную призму и на устой передается в соответствии с распределением опорных реакций в данной условной балке.

9.1.6 Расчет опор на сдвиг и против опрокидывания следует проводить в соответствии с приложением В.

9.1.7 Для промежуточных опор, расположенных на косогорах, и для устоев во всех случаях проверку устойчивости против глубинного сдвига следует проводить согласно приложению Г.

9.1.8 Расчет фундаментов опор проводят согласно 9.2.

9.1.9 Расчет сечений железобетонных элементов опор, а также бетонных элементов в металлической оболочке следует проводить по ГОСТ Р 59622.

9.1.10 Расчет сечений металлических элементов следует проводить по ГОСТ Р 59623.

### 9.2 Расчет оснований и фундаментов опор

9.2.1 Взвешивающее действие воды на грунты и части сооружения, расположенные ниже уровня поверхностных или подземных вод, необходимо учитывать в расчетах по несущей способности оснований и по устойчивости положения фундаментов, если фундаменты заложены в песках, супесях, илах. При заложении фундаментов в суглинках, глинах и скальных грунтах взвешивающее действие воды требуется учитывать в случаях, когда оно создает более неблагоприятные расчетные условия. Уровень поверхностных или подземных вод принимают в самом невыгодном положении: наинизший или наивысший.

9.2.2 Для оснований из нескальных грунтов под фундаментами мелкого заложения, рассчитываемыми без учета заглубления в грунт, положение равнодействующей расчетных нагрузок (по отношению к центру тяжести площади подошвы фундаментов), характеризуемое относительным эксцентриситетом, должно быть ограничено значениями, указанными в таблице 1.

Таблица 1

| Классификация мостов | Наибольший относительный эксцентриситет ($e_0/r$) для | | | |
|---|---|---|---|---|
| | промежуточных опор при действии | | устоев при действии | |
| | только постоянных нагрузок | постоянных и временных нагрузок в наиболее невыгодном сочетании | только постоянных нагрузок | постоянных и временных нагрузок в наиболее невыгодном сочетании |
| Большие и средние | 0,1 | 1,0 | 0,8 | 1,0 |
| Малые | 0,1 | 1,0 | 0,8 | 1,2 |

Эксцентриситет $e_0$ и радиус ядра сечения фундамента $r$ (у его подошвы) определяют по формулам:

$$e_0 = \frac{M}{N}, \quad (1)$$

$$r = \frac{W}{A}, \quad (2)$$

где $M$ — момент сил, действующих относительно главной центральной оси подошвы фундамента, кН·м;

$N$ — равнодействующая вертикальных сил, кН;

$W$ — момент сопротивления подошвы фундамента для менее напряженного ребра, м$^3$;

$A$ — площадь подошвы фундамента, м$^2$.

Проверку положения равнодействующей нагрузок в уровне подошвы фундаментов устоев при высоте подходной насыпи свыше 12 м следует проводить с учетом вертикального давления от веса примыкающей части насыпи по приложению Д для фундаментов мелкого заложения и от 10 м и свыше — для

фундаментов глубокого заложения (сваи, буровые столбы). В этом случае относительный эксцентриситет в сторону пролета должен составлять не более чем 20 % значений, указанных в таблице 1.

Если относительный эксцентриситет свыше единицы, максимальное давление подошвы фундамента на основание следует определять исходя из треугольной формы эпюры, построенной в пределах сжимаемой части основания.

9.2.3 При расчете устоев с фундаментами глубокого заложения (сваи, буровые столбы) следует учитывать дополнительное горизонтальное давление грунта основания на фундаменты от веса подходной насыпи, определяемые методами теории упругости для линейно-деформируемого полупространства.

При расчете устоев следует также учитывать дополнительное горизонтальное давление насыпи на фундамент любого типа.

9.2.4 Несущая способность основания под подошвой фундаментов мелкого заложения или фундаментов из опускных колодцев при раздельном расчете опор на временные нагрузки, действующие вдоль и поперек моста, должна удовлетворять условиям

$$p \le \frac{R}{\gamma_{nn}}, \tag{3}$$

$$p_{max} \le \frac{\gamma_c R}{\gamma_{nn}}, \tag{4}$$

где $p$, $p_{max}$ — соответственно среднее и максимальное давления подошвы фундамента на основание, кПа;

$R$ — расчетное сопротивление основания из нескальных или скальных грунтов осевому сжатию, кПа, определяемое согласно приложению А;

$\gamma_{nn}$ — коэффициент надежности по назначению сооружения, принимаемый равным 1,4;

$\gamma_c$ — коэффициент условий работы, принимаемый равным: 1,0 — при определении несущей способности нескальных оснований в случаях действия временных нагрузок № 7 — 9; 1,2 — при определении несущей способности скальных оснований во всех случаях и нескальных оснований в случаях действия (кроме временных нагрузок № 7 — 9) одной или нескольких временных нагрузок № 10 — 5 и № 17 согласно ГОСТ 33390.

9.2.5 В расчетах по несущей способности оснований фундаментов мелкого заложения и фундаментов из опускных колодцев возникающие в грунте под их подошвой напряжения от нагрузок № 10 — 14 согласно ГОСТ 33390 следует определять отдельно вдоль и поперек оси моста, а наиболее неблагоприятные из них суммировать с напряжениями от постоянных и временных вертикальных нагрузок.

В свайных фундаментах усилия, которые возникают в сваях от указанных выше нагрузок, действующих вдоль и поперек оси моста, необходимо суммировать.

9.2.6 В расчетах (по грунту и материалу) конструкций свайных фундаментов и фундаментов из опускных колодцев (за исключением расчетов несущей способности оснований) за расчетную поверхность грунта следует принимать: для фундаментов устоев — естественную поверхность грунта; для фундаментов промежуточных опор — поверхность грунта у опор на уровне срезки (планировки) или общего и местного размыва, определяемого согласно ГОСТ 33384.

Для устоев и береговых промежуточных опор со свайными фундаментами, ростверки которых расположены над грунтом, а сваи погружены сквозь отсыпанную или намытую часть насыпи, расчетную поверхность грунта допускается принимать с учетом заделки свай в этой части насыпи по завершению срока консолидации согласно СП 22.13330, но не менее 15 лет.

9.2.7 Несущую способность одиночной сваи в немерзлых грунтах при действии осевого сжимающего или выдергивающего усилия следует определять согласно СП 24.13330, в мерзлых грунтах — согласно СП 25.13330 и [3].

9.2.8 При расчете буровых свай с уширением, устраиваемых путем механического разбуривания грунта, коэффициент надежности по сопротивлению грунта под нижним концом сваи при бетонировании насухо следует принимать равным 1,0, при бетонировании подводным способом — 0,9.

9.2.9 Несущую способность основания в уровне низа свай следует проверять как для условного фундамента согласно приложению Е.

Указанная проверка не требуется:

а) для однорядных фундаментов в любых грунтовых условиях;

б) многорядных свайных фундаментов, сваи которых работают как стойки при опирании их:

1) на скальные грунты,

2) крупнообломочные грунты с песчаным заполнителем,

3) глинистые грунты твердой консистенции и мерзлые грунты, используемые по принципу I в соответствии с СП 25.13330.

9.2.10 Если под несущим слоем грунта, воспринимающим давление подошвы фундамента или нижних концов свай, залегает слой менее прочного немерзлого или оттаивающего вечномерзлого грунта, необходимо проверить несущую способность этого слоя согласно приложению Ж.

9.2.11 Осадку и крен фундаментов мелкого заложения следует рассчитывать на немерзлых грунтах согласно СП 22.13330, на вечномерзлых грунтах — согласно СП 25.13330 и [3].

В расчете осадки устоев при высоте насыпи свыше 12 м необходимо учитывать дополнительное вертикальное давление на основании от веса примыкающей части подходной насыпи, определяемое согласно приложению Д.

9.2.12 Осадку фундамента из свай или из опускного колодца следует определять в соответствии с 9.2.13, рассматривая такой фундамент как условный в форме прямоугольного параллелепипеда размерами, принимаемыми согласно приложению Е.

Осадку свайного фундамента допускается принимать равной осадке одиночной сваи по данным статических испытаний ее в тех же грунтах при соблюдении одного из следующих условий:

- сваи работают как стойки;
- число продольных рядов свай не более трех.

9.2.13 При определении осадок фундаментов в соответствии с 9.2.11 и 9.2.12 за расчетную поверхность грунта допускается принимать его естественную поверхность (без учета срезки или возможности размыва).

Осадки фундаментов на немерзлых грунтах допускается не определять для всех мостов при опирании фундаментов на скальные, крупнообломочные грунты с песчаным заполнителем и твердые глины (при коэффициенте пористости $e < 0,8$).

9.2.14 При расчете фундаментов мостовых сооружений динамический коэффициент к подвижным нагрузкам на пролетное строение не учитывается.

9.2.15 Учитываемые в определении несущей способности сваи расчетные значения сопротивления грунтов под нижним концом и на боковой поверхности, полученные по результатам численного моделирования, не должны превышать табличных значений СП 24.13330.2011 (подраздел 7.2) более чем на 10 %.

9.2.16 Сваям, армированным напрягаемой стержневой арматурой и напрягаемой высокопрочной проволокой диаметром 4 мм и более, а также напрягаемыми арматурными канатами класса К7, следует назначать категорию требований по трещиностойкости 2б в соответствии с ГОСТ Р 59622—2021 (таблица 24).

9.2.17 При определении ширины трещин в предварительно напряженных сваях допускается учитывать всю арматуру растянутой зоны.

9.2.18 При вычислении перемещений столбов, свай-оболочек (в том числе заполненных бетоном) независимо от определяемой ширины трещин сечения жесткость допускается определять по ГОСТ Р 59622—2021 [формула (105)].

9.2.19 Расчетную длину свай при отсутствии дополнительных поперечных связей следует принимать равной:

- $0,7l$ — при закреплении свайных насадок (ростверков) от смещений в горизонтальной плоскости посредством забивки наклонных свай и при полной заделке свай в грунт;
- $l$ — при закреплении свайных насадок (ростверков) от смещений в горизонтальной плоскости и неполной (шарнирной) заделке свай в грунт (наличие сроста свай);
- $2l$ — при отсутствии закрепления насадок (ростверков) от смещений в горизонтальной плоскости и обеспечении полной заделки свай в грунт,

где $l$ — теоретическая длина свай, принимаемая равной расстоянию от головы сваи (низа ростверка или насадки) до сечения ее заделки (или шарнира) в грунт с учетом размыва.

## Приложение А
## (обязательное)

## Расчетное сопротивление грунтов основания осевому сжатию

А.1 Расчетное сопротивление основания из нескального грунта осевому сжатию $R$, кПа, под подошвой фундамента мелкого заложения или фундамента из опускного колодца вычисляют по формуле

$$R = 1{,}7\ \{R_0[1 + k_1(b - 2)] + k_2\gamma(d - 3)\}, \qquad (А.1)$$

где $R_0$ — условное сопротивление грунта, кПа, принимаемое по таблицам А.1—А.3 настоящего приложения;

$b$ — ширина (меньшая сторона или диаметр) подошвы фундамента, м; при ширине более 6 м принимают равной 6 м;

$d$ — глубина заложения фундамента, м, принимаемая по А.2 настоящего приложения;

$\gamma$ — осредненное по слоям расчетное значение удельного веса грунта, расположенного выше подошвы фундамента, вычисленное без учета взвешивающего действия воды; допускается принимать $\gamma = 19{,}62$ кН/м;

$k_1$, $k_2$ — коэффициенты, принимаемые по таблице А.4 настоящего приложения.

Таблица А.1

| Грунты | Коэффициент пористости $e$ | Условное сопротивление $R_0$ пылевато-глинистых (непросадочных) грунтов основания, кПа, в зависимости от показателя текучести $I_L$ | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 0 | 0,1 | 0,2 | 0,3 | 0,4 | 0,5 | 0,6 |
| Супеси при $I_p \le 5$ | 0,5 | 343 | 294 | 245 | 196 | 147 | 98 | — |
| | 0,7 | 294 | 245 | 196 | 147 | 98 | — | — |
| Суглинки при $10 \le I_p \le 15$ | 0,5 | 392 | 343 | 294 | 245 | 196 | 147 | 98 |
| | 0,7 | 343 | 294 | 245 | 196 | 147 | 98 | — |
| | 1,0 | 294 | 245 | 196 | 147 | 98 | — | — |
| Глины при $I_p \ge 20$ | 0,5 | 588 | 441 | 343 | 294 | 245 | 196 | 147 |
| | 0,6 | 490 | 343 | 294 | 245 | 196 | 147 | 98 |
| | 0,8 | 392 | 294 | 245 | 196 | 147 | 98 | — |
| | 1,1 | 294 | 245 | 196 | 147 | 98 | — | — |

Примечания

1 Для промежуточных значений $I_L$ и $eR_0$ определяют по интерполяции.

2 При значениях числа пластичности $I_p$ в пределах 5—10 и 15—20 следует принимать средние значения $R_0$ соответственно для супесей, суглинков и глин.

Таблица А.2

| Песчаные грунты и их влажность | Условное сопротивление $R_0$ песчаных грунтов средней плотности в основаниях, кПа |
|---|---|
| Гравелистые и крупные независимо от их влажности | 343 |
| Средней крупности: | |
| маловлажные | 294 |
| влажные и насыщенные водой | 245 |
| Мелкие: | |
| маловлажные | 196 |
| влажные и насыщенные водой | 147 |
| Пылеватые: | |
| маловлажные | 196 |
| влажные | 147 |
| насыщенные водой | 98 |

Примечание — Для плотных песков приведенные значения $R_0$ следует увеличивать на 100 %, если их плотность определена статическим зондированием, и на 60 %, если их плотность определена по результатам лабораторных испытаний грунтов.

Таблица А.3

| Грунт | Условное сопротивление $R_0$ крупнообломочных грунтов в основаниях, кПа |
|---|---|
| Галечниковый (щебенистый) из обломков пород: | |
| кристаллических | 1470 |
| осадочных | 980 |
| Гравийный (дресвяной) из обломков пород: | |
| кристаллических | 785 |
| осадочных | 490 |

Примечание — Условные сопротивления $R_0$ приведены для крупнообломочных грунтов с песчаным заполнителем. Если в крупнообломочном грунте содержится свыше 40 % глинистого заполнителя, то значения $R_0$ для такого грунта следует принимать по таблице А.1 в зависимости от $I_p$, $I_L$ и $e$ заполнителя.

Таблица А.4

| Грунт | Коэффициенты | |
|---|---|---|
| | $k_1$, м$^{-1}$ | $k_2$ |
| Гравий, галька, песок гравелистый крупный и средней крупности | 0,10 | 3,0 |
| Песок мелкий | 0,08 | 2,5 |
| Песок пылеватый, супесь | 0,06 | 2,0 |
| Суглинок и глина твердые и полутвердые | 0,04 | 2,0 |
| Суглинок и глина тугопластичные и мягкопластичные | 0,02 | 1,5 |

Условное сопротивление $R_0$ для твердых супесей, суглинков и глин ($I_L < 0$) вычисляют по формуле

$$R_0 = 1{,}5\ R_{пс} \qquad (А.2)$$

и принимать: для супесей — не более 981 кПа; для суглинков — 1962 кПа; для глин — 2943 кПа, где $R_{пс}$ — предел прочности на одноосное сжатие образцов глинистого грунта природной влажности.

Расчетное сопротивление осевому сжатию оснований из невыветрелых скальных грунтов $R$, кПа, вычисляют по формуле

$$R = \frac{R_c}{\gamma_g}, \qquad (А.3)$$

где $R_c$ — предел прочности на одноосное сжатие образцов скального грунта, кПа;

$\gamma_g$ — коэффициент надежности по грунту, принимаемый равным 1,4.

Если основания состоят из однородных по глубине слабовыветрелых, выветрелых или сильновыветрелых скальных грунтов, их расчетное сопротивление осевому сжатию следует определять, пользуясь результатами статических испытаний грунтов штампом. При отсутствии таких результатов допускается значение $R$ принимать для слабовыветрелых и выветрелых скальных грунтов по формуле (А.3), принимая значение $R_c$ с понижающим коэффициентом, равным соответственно 0,6 и 0,3; для сильновыветрелых скальных грунтов — по формуле (А.1) и таблице А.3 как для крупнообломочных грунтов.

А.2 При определении расчетного сопротивления оснований из нескальных грунтов по формуле (А.1) заглубление фундамента мелкого заложения или фундамента из опускного колодца следует принимать:

а) для промежуточных опор мостов — от поверхности грунта у опоры на уровне срезки в пределах контура фундамента, а в русле рек — от дна водотока у опоры после понижения его уровня на глубину общего и половину местного размыва грунта при расчетном расходе;

б) для обсыпных устоев — от естественной поверхности грунта с увеличением на половину высоты конуса насыпи у передней грани фундамента по оси моста.

А.3 Расчетные сопротивления, вычисленные по формуле (А.1) для глин или суглинков в основаниях фундаментов мостов, расположенных в пределах постоянных водотоков, следует повышать на величину, равную $14{,}7d_\omega$, кПа, где $d_\omega$ — глубина воды, м, от наинизшего уровня межени до уровня, принимаемого по А.2, перечисление а).

## Приложение Б
## (обязательное)

## Методика определения равнодействующей нормативного горизонтального (бокового) давления от собственного веса грунта на опоры мостов

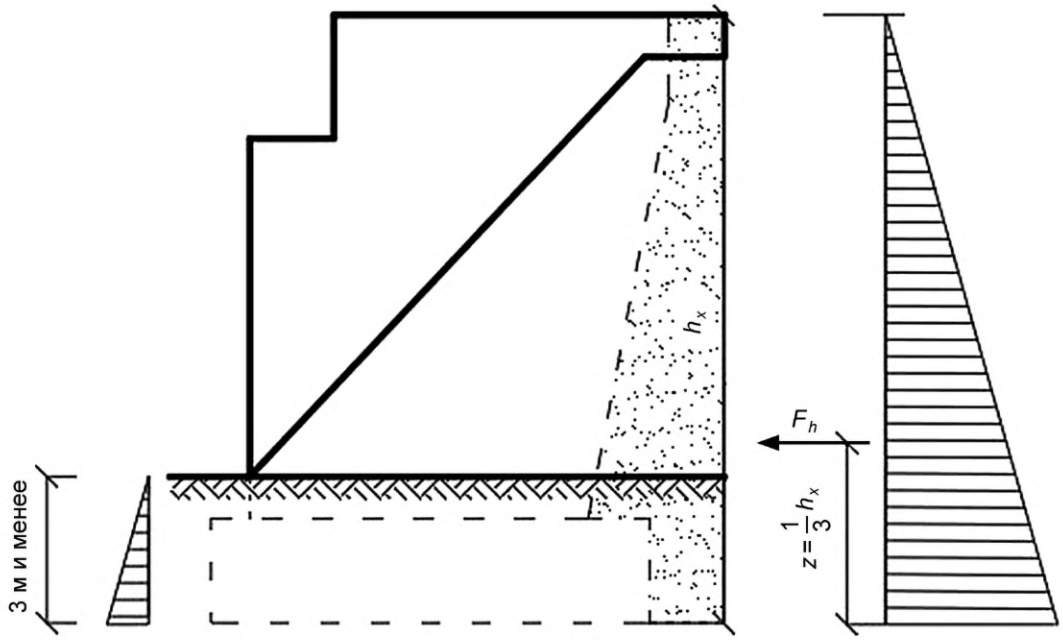
Б.1 Равнодействующую нормативного горизонтального (бокового) давления $F_h$ на опоры мостов от собственного веса насыпного грунта, а также грунта, лежащего ниже естественной поверхности земли при глубине заложения подошвы фундамента 3 м и менее [рисунок Б.1а)], вычисляют по формуле

$$F_h = \frac{1}{2} p_h h_x b, \qquad (Б.1)$$

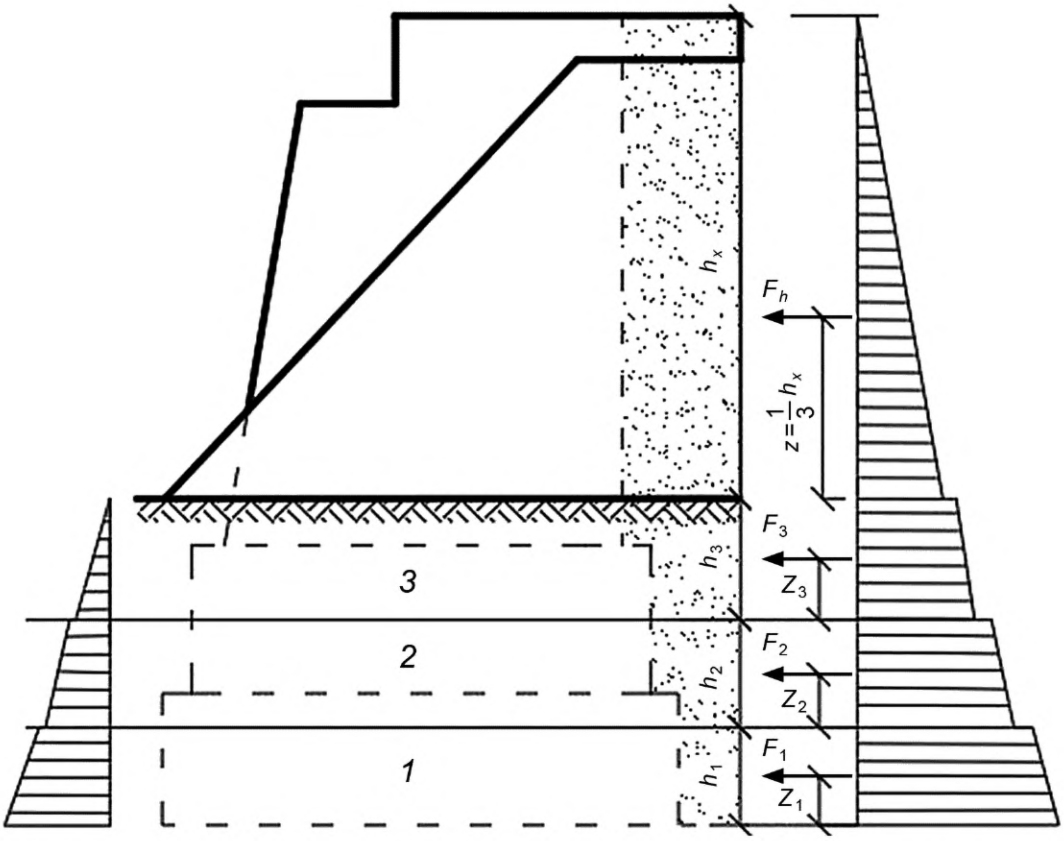
где $p_h$ — нормативное горизонтальное (боковое) давление грунта на уровне нижней поверхности рассматриваемого слоя, принимаемое согласно ГОСТ 33390;

$h_x$ — высота засыпки, считая от верха дорожного покрытия, м;

$b$ — приведенная (средняя по высоте $h_x$) ширина опоры в плоскости задних граней, на которую распределяется горизонтальное (боковое) давление грунта, м.




а) Схема эпюр давления при глубине заложения подошвы фундамента 3 м и менее




б) Схема эпюр давления при глубине заложения подошвы фундамента свыше 3 м

*1* — первый слой; *2* — второй слой; *3* — третий слой

Рисунок Б.1 — Схема эпюр давления грунта на опоры моста для определения равнодействующей нормативного горизонтального (бокового) давления на опоры

Плечо равнодействующей давления $F_h$ от подошвы фундамента следует принимать равным

$$z = \frac{1}{3}h_x. \quad (Б.2)$$

Для массивных (в том числе с обратными стенками) и пустотелых (с продольными проемами) устоев, если ширина проема $b_1$ равна или менее двойной ширины обратной стенки $b_2$, а также для сплошных (без проемов) фундаментов ширину $b$ следует принимать равной расстоянию между внешними гранями конструкций.

Для пустотелых (с продольными проемами) устоев или для раздельных (с проемами) фундаментов, если $b_1 > 2b_2$, ширину следует принимать равной удвоенной суммарной ширине стенок или раздельных фундаментов.

Для свайных или стоечных устоев, если суммарная ширина свай (стоек) равна или более половины всей ширины, за ширину $b$ следует принимать расстояние между внешними гранями свай (стоек); если суммарная ширина свай (стоек) менее половины всей ширины опоры, то за ширину следует принимать для каждой сваи (стойки) ее двойную ширину.

Примечания

1 Величины $\gamma_n$ и $\varphi_n$ при определении давления $p_h$ на всю высоту $h_x$ допускается принимать как для дренирующего грунта засыпки.

2 Для свай, забитых в ранее возведенную (уплотненную) насыпь, горизонтальное (боковое) давление учитывать не следует.

3 Горизонтальное (боковое) давление грунта на опоры моста со стороны пролета следует учитывать, если в проекте сооружения предусматриваются мероприятия, гарантирующие стабильность воздействия этого грунта при строительстве и эксплуатации моста.

4 Наклон задней грани устоя и силы трения между грунтом засыпки и этой гранью при определении силы $F_h$ учитывать не следует.

Б.2 При глубине заложения подошвы фундамента свыше 3 м равнодействующую нормативного горизонтального (бокового) давления каждого *i*-го (снизу) слоя грунта, расположенного ниже естественной поверхности земли, $F_i$ вычисляют по формуле

$$F_i = \frac{1}{2}\gamma_i h_i \tau_i \left(h_i + 2h_{0i}\right) b, \quad (Б.3)$$

где $\gamma_i$ — удельный вес грунта рассматриваемого слоя, кН/м$^3$;

$h_i$ — толщина рассматриваемого слоя, м;

$\tau_i$ — коэффициент нормативного горизонтального (бокового) давления грунта для *i*-го слоя, вычисляемый по формуле

$$\tau_i = \mathrm{tg}^2\left(45° - \frac{\varphi_i}{2}\right), \quad (Б.4)$$

здесь $\varphi_i$ — нормативное значение угла внутреннего трения слоя грунта, град;

$h_{0i}$ — приведенная к удельному весу грунта засыпки общая толщина слоев грунта, лежащих выше верхней поверхности рассматриваемого слоя, м.

Например, для нижнего (первого) слоя приведенная на рисунке Б.1б) толщина составляет:

$$h_{0i} = \frac{\gamma_x h_x + \gamma_2 h_2 + \gamma_3 h_3}{\gamma_x}. \quad (Б.5)$$

Плечо равнодействующей давления *i*-го слоя $F_i$ от нижней поверхности рассматриваемого слоя следует принимать равным:

$$z_i = \frac{h_i}{3} \cdot \frac{h_i + 3h_{0i}}{h_i + 2h_{0i}}. \quad (Б.6)$$

## Приложение В
## (обязательное)

## Устойчивость опор против опрокидывания и сдвига

В.1 Расчеты устойчивости опор против опрокидывания и сдвига выполняют по следующим неравенствам:

$$M_u \le \frac{\gamma_c}{\gamma_{nn}} M_z; \quad (В.1)$$

$$Q_\tau \le \frac{\gamma_c}{\gamma_{nn}} Q_z, \quad (В.2)$$

где $M_u$ — момент опрокидывающих сил относительно оси возможного поворота (опрокидывания), как правило, относительно наружной грани опоры в сечении, кН·м;

$M_z$ — момент удерживающих сил относительно той же оси, кН·м;

$Q_\tau$ — сдвигающая сила, равная сумме проекции сдвигающих сил на направление возможного сдвига, кН;

$Q_z$ — удерживающая сила, равная сумме проекции удерживающих сил на направление возможного сдвига, кН;

$\frac{\gamma_c}{\gamma_{nn}}$ — отношение коэффициента условий работы к коэффициенту надежности по назначению, принимаемое по таблице В.1.

Таблица В.1

| Расчет | | Отношение $\frac{\gamma_c}{\gamma_{nn}}$ в расчетах устойчивости против | |
|---|---|---|---|
| | | опрокидывания | сдвига |
| В стадии эксплуатации | по сечению бетонной опоры или фундамента | 0,82 | 0,82 |
| | по подошве фундамента на скальном основании | 0,82 | 0,82 |
| | по подошве фундамента на нескальном основании | 0,73 | 0,82 |
| При строительстве | по сечению бетонной опоры или фундамента | 0,9 | 0,9 |
| | по подошве фундамента на скальном основании | 0,9 | 0,9 |
| | по подошве фундамента на нескальном основании | 0,8 | 0,9 |
| Примечание — При расчете устойчивости против сдвига значения коэффициентов трения принимают по В.2. | | | |

В.2 Расчет по устойчивости фундаментов мелкого заложения на немерзлых или оттаивающих вечномерзлых грунтах против опрокидывания или плоского сдвига (скольжения) необходимо проводить, приняв в расчете на сдвиг следующие значения коэффициентов трения кладки о поверхность скальных грунтов с омыливающейся поверхностью (глинистые известняки, сланцы и т. п.) и глин:

а) 0,25 — во влажном состоянии;

б) 0,30 — в сухом состоянии:

1) 0,30 — суглинков и супесей;

2) 0,40 — песков;

3) 0,50 — гравийных и галечниковых грунтов;

4) 0,60 — скальных грунтов с неомыливающейся поверхностью.

## Приложение Г
## (обязательное)

## Устойчивость фундаментов против глубокого сдвига

Г.1 Расчет по устойчивости фундаментов на немерзлых или оттаивающих вечномерзлых грунтах против глубокого сдвига (смещения совместно с грунтом по наиболее неблагоприятной поверхности скольжения) следует выполнять для промежуточных опор, расположенных на косогорах, и для устоев при насыпях высотой свыше 12 м — во всех случаях, при насыпях высотой от 6 до 12 м — в случаях расположения в основании фундаментов слоя немерзлого или оттаивающего глинистого грунта или прослойки водонасыщенного песка, подстилаемого глинистым грунтом.

Г.2 Расчет устойчивости выполняют по следующему неравенству:

$$\Sigma Q_{\tau} \le \frac{\gamma_c}{\gamma_{nn}} Q_z, \qquad (Г.1)$$

где $Q_{\tau}$ — сдвигающая сила, равная сумме проекции сдвигающих сил на направление возможного сдвига, кН;

$Q_z$ — удерживающая сила, равная сумме проекции удерживающих сил на направление возможного сдвига, кН;

$\frac{\gamma_c}{\gamma_{nn}}$ — отношение коэффициента условий работы к коэффициенту надежности по назначению, принимаемое по приложению В.

**Приложение Д**
**(обязательное)**

## Методика определения дополнительных давлений на основание устоя от веса примыкающей части подходной насыпи

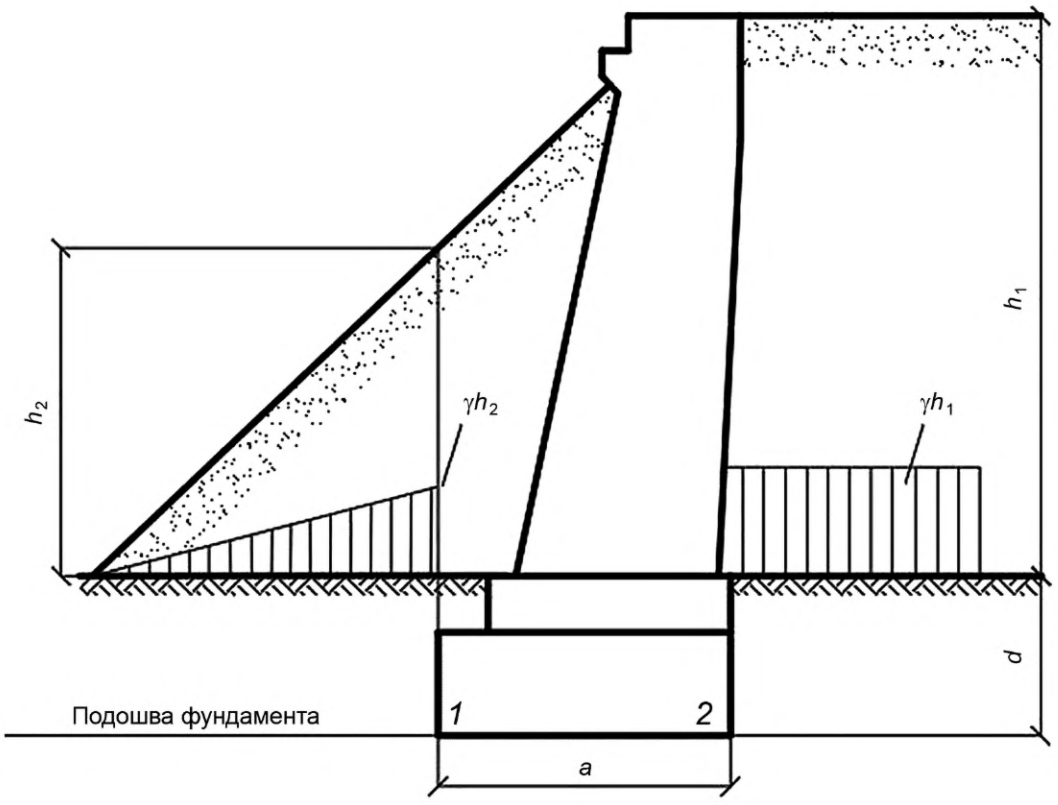
Д.1 Дополнительное давление на грунты основания под задней гранью устоя (в уровне подошвы фундамента) от веса подходной насыпи (см. рисунок Д.1) $p'_1$, кПа, вычисляют по формуле

$$p'_1 = \alpha_1 \gamma h_1, \quad (Д.1)$$

где $\alpha_1$ — коэффициент, принимаемый по таблице Д.1;

$\gamma$ — расчетный удельный вес насыпного грунта, допускается принимать равным $\gamma = 17{,}7$ кН/м$^3$;

$h_1$ — высота насыпи, м.




*1* — передняя грань; *2* — задняя грань; *a* — длина подошвы фундамента, м

Рисунок Д.1 — Дополнительные давления от веса подходной насыпи на грунты основания обсыпного устоя

Для обсыпного устоя дополнительное давление на грунты основания под передней гранью устоя от веса конуса устоя $p'_2$, кПа, вычисляют по формуле

$$p'_2 = \alpha_2 \gamma h_2, \quad (Д.2)$$

где $\alpha_2$ — коэффициент, принимаемый по таблице Д.2;

$h_2$ — высота конуса над передней гранью фундамента, м.

Давления $p_1$ и $p_2$ следует определять суммированием по соответствующим граням фундамента давления от расчетных нагрузок с добавлением $p'_1$ и $p'_2$.

Таблица Д.1

| Глубина заложения фундамента $d$, м | Высота насыпи $h_1$, м | Значение коэффициента $\alpha_1$ | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | для задней грани | для передней грани устоя при длине подошвы фундамента $a$, м | | |
| | | | до 5 | 10 | 15 |
| 5 | 10 | 0,45 | 0,10 | 0 | 0 |
| | 20 | 0,50 | 0,10 | 0,05 | 0 |
| | 30 | 0,50 | — | 0,06 | 0 |
| 10 | 10 | 0,40 | 0,20 | 0,05 | 0 |
| | 20 | 0,45 | 0,25 | 0,10 | 0,05 |
| | 30 | 0,50 | — | 0,10 | 0,05 |
| 15 | 10 | 0,35 | 0,20 | 0,10 | 0,05 |
| | 20 | 0,40 | 0,25 | 0,15 | 0,10 |
| | 30 | 0,45 | — | 0,20 | 0,15 |
| 20 | 10 | 0,30 | 0,20 | 0,15 | 0,10 |
| | 20 | 0,35 | 0,30 | 0,20 | 0,15 |
| | 30 | 0,40 | — | 0,20 | 0,15 |
| 25 | 10 | 0,25 | 0,20 | 0,20 | 0,15 |
| | 20 | 0,30 | 0,30 | 0,20 | 0,20 |
| | 30 | 0,35 | — | 0,20 | 0,20 |
| 30 | 10 | 0,20 | 0,20 | 0,20 | 0,15 |
| | 20 | 0,25 | 0,25 | 0,25 | 0,20 |
| | 30 | 0,30 | 0,30 | 0,25 | 0,20 |

Примечания

1 Для промежуточных значений $d$, $h_1$ и $a$ коэффициент $\alpha_1$ следует определять по интерполяции.

2 При расчете фундамент глубокого заложения рассматривается как условный, ограниченный контуром, принимаемым согласно приложению А настоящего стандарта.

Таблица Д.2

| Глубина заложения фундамента $d$, м | Значение коэффициента $\alpha_2$ при высоте конуса $h_2$, м | | |
|---|---|---|---|
| | 10 | 20 | 30 |
| 5 | 0,4 | 0,5 | 0,6 |
| 10 | 0,3 | 0,4 | 0,5 |
| 15 | 0,2 | 0,3 | 0,4 |
| 20 | 0,1 | 0,2 | 0,3 |
| 25 | 0 | 0,1 | 0,2 |
| 30 | 0 | 0 | 0,1 |

Примечание — Для промежуточных значений $d$ и $h_2$ коэффициент $\alpha_2$ следует определять по интерполяции.

Д.2 Относительный эксцентриситет равнодействующей нагрузок в уровне подошвы фундамента мелкого заложения вычисляют по формуле

$$\frac{e_0}{r} = \frac{p_1 - p_2}{p_1\left(\frac{a}{y} - 1\right) + p_2}, \qquad (Д.3)$$

где $a$ — длина подошвы фундамента, м (см. рисунок Д.1);

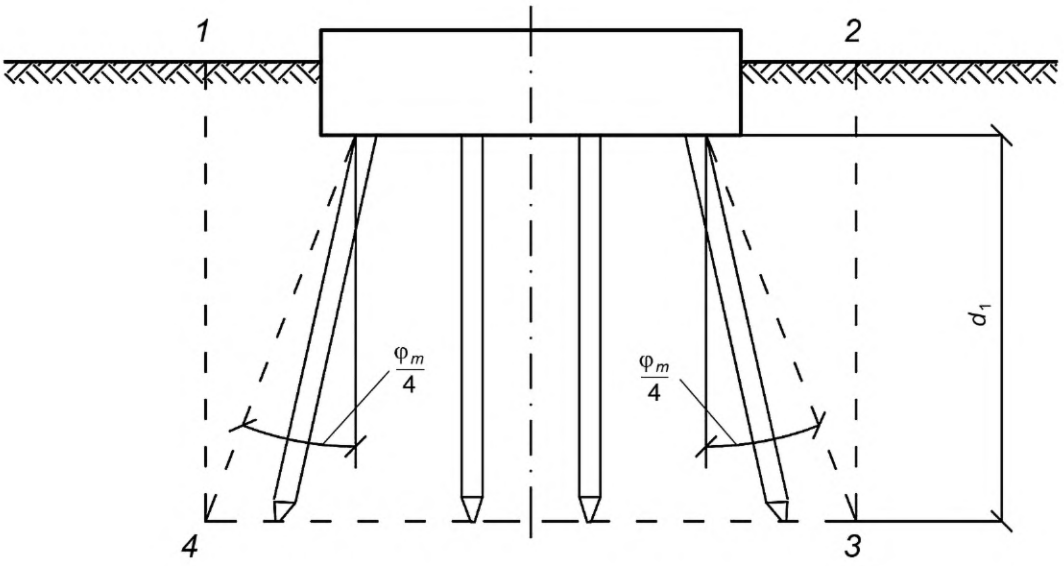
$y$ — расстояние от главной центральной оси подошвы фундамента до более нагруженного ребра, м;

$e_0$, $r$ — те же значения, что и в 9.2.2 настоящего стандарта.

**Приложение Е**
**(обязательное)**

## Методика проверки несущей способности по грунту фундамента из свай или опускного колодца как условного фундамента мелкого заложения

Е.1 Условный фундамент следует принимать в форме прямоугольного параллелепипеда. Его размеры для свайного фундамента с заглубленным в грунт ростверком необходимо определять по рисункам Е.1 и Е.2, с расположенным над грунтом ростверком — по рисункам Е.3 и Е.4, для фундамента из опускного колодца — по рисунку Е.5.




*1 — 4* — контур условного фундамента

$\varphi_m$ — среднее значение расчетного угла внутреннего трения грунтов, прорезанных сваями или опускным колодцем

Рисунок Е.1 — Условный свайный фундамент с ростверком, заглубленным в грунт, при угле наклона свай менее $\varphi_m/4$

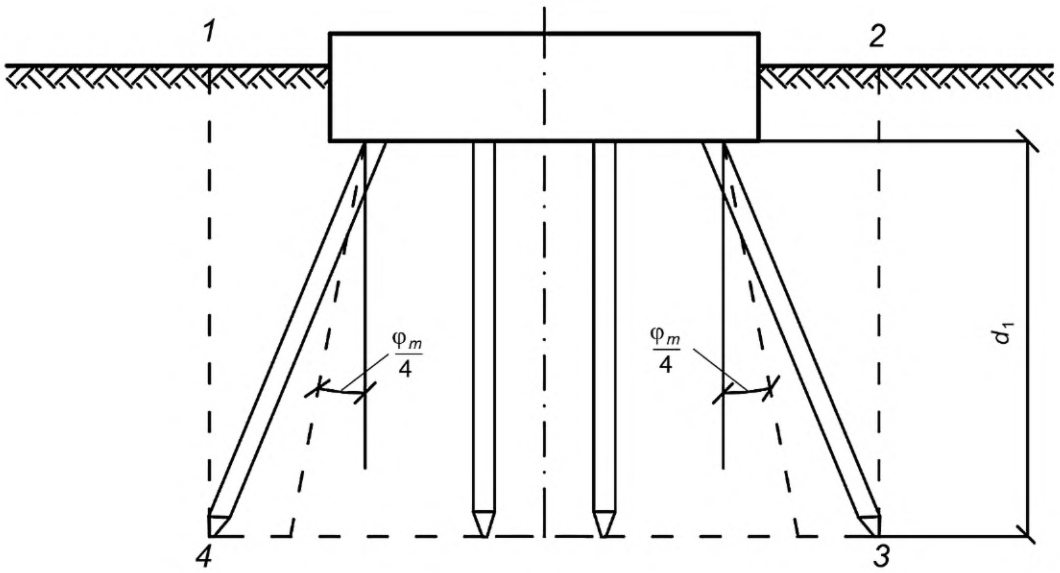



Рисунок Е.2 — Условный свайный фундамент с ростверком, заглубленным в грунт, при угле наклона свай более $\varphi_m/4$

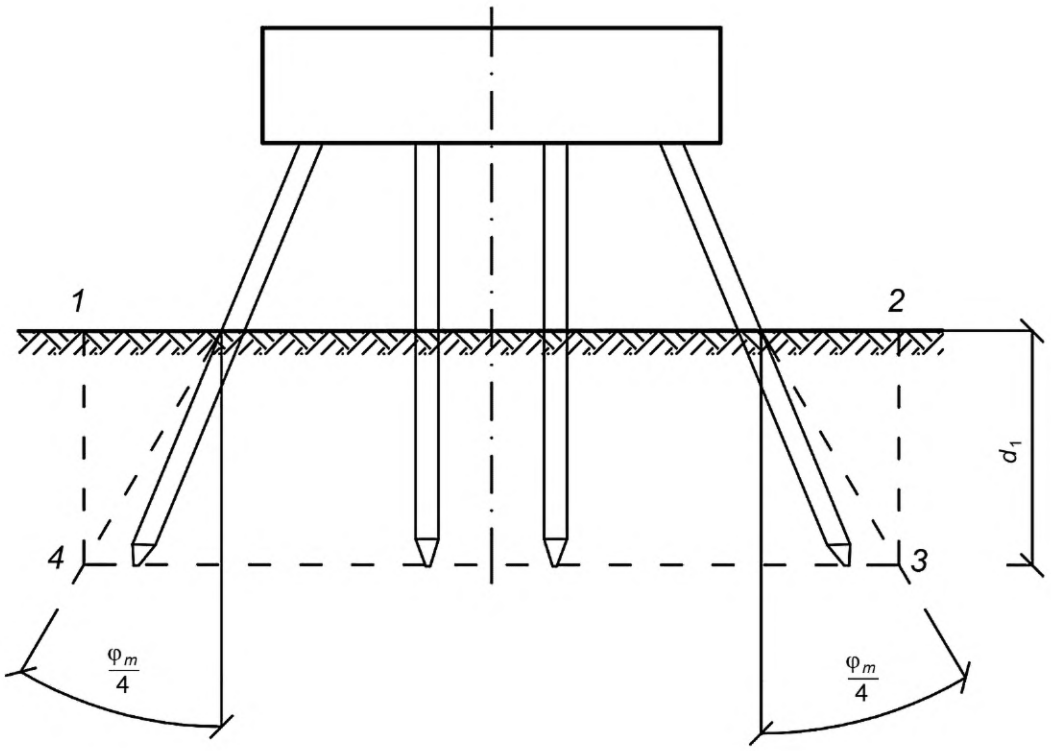



Рисунок Е.3 — Условный свайный фундамент с ростверком, расположенным над грунтом, при угле наклона свай менее $\varphi_m/4$

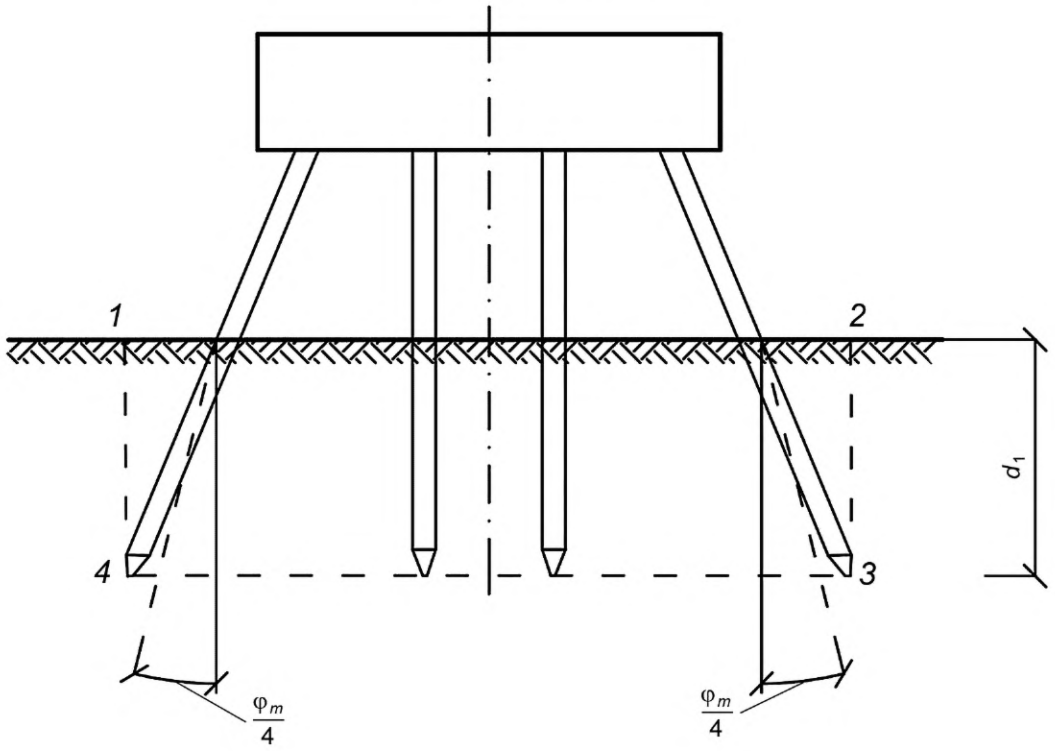
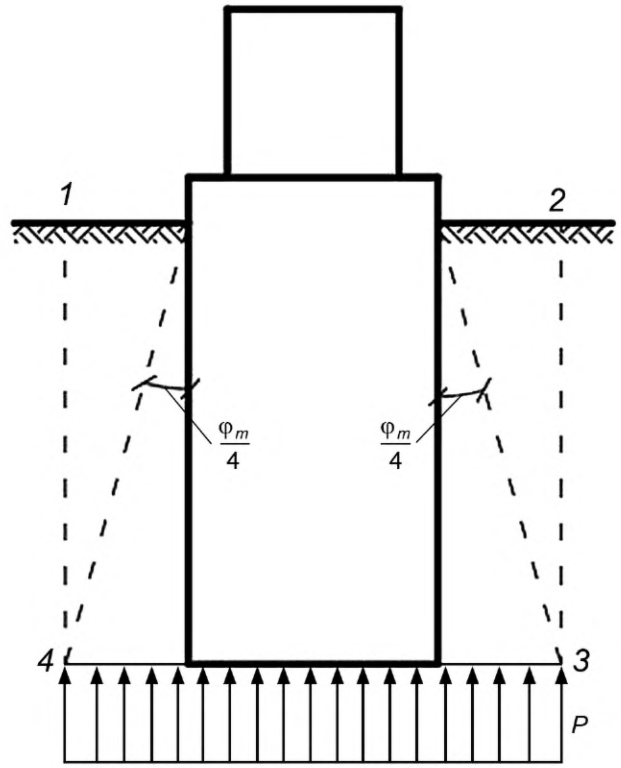
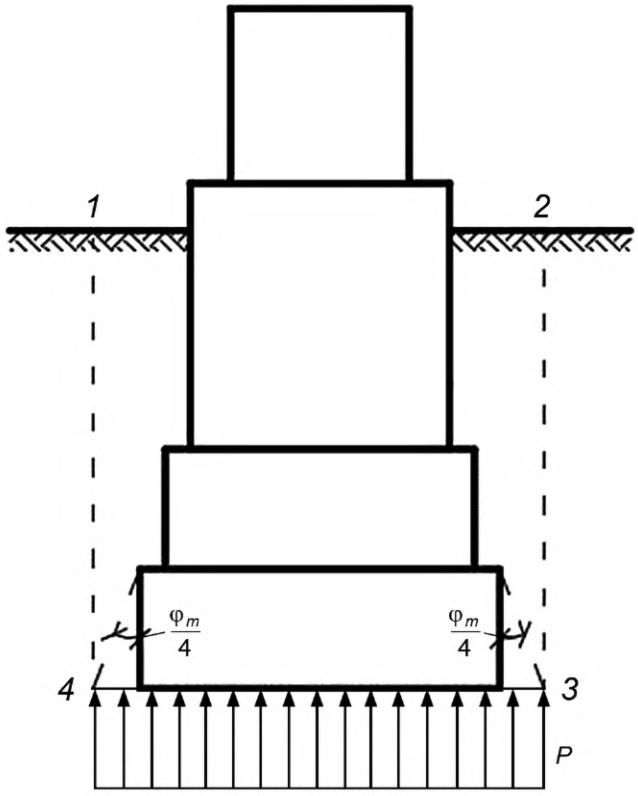



Рисунок Е.4 — Условный свайный фундамент с ростверком, расположенным над грунтом, при угле наклона свай более $\varphi_m/4$




а) Условный фундамент без уступов




б) Условный фундамент с уступами

Рисунок Е.5 — Условный фундамент из опускного колодца

Е.2 Приведенное на рисунках Е.1—Е.5 среднее значение расчетных углов трения грунтов $\varphi_m$, прорезанных сваями, вычисляют по формуле

$$\varphi_m = \frac{\sum \varphi_i h_i}{d}, \quad (Е.1)$$

где $\varphi_i$ — расчетный угол внутреннего трения $i$-го слоя грунта, расположенного в пределах глубины погружения свай в грунт, град;

$h_i$ — толщина этого слоя, м;

$d$ — глубина погружения свай в грунт от подошвы ростверка или расчетной поверхности грунта, м, положение которой следует принимать согласно 9.2.6.

Е.3 Несущую способность основания условного фундамента проверяют согласно 9.2.4, при этом подлежащие проверке среднее $p$, кПа, и максимальное $p_{max}$, кПа, давления на грунт на плоскости *3—4* по подошве условного фундамента (рисунки Е.1—Е.5) следует определять по формулам:

$$p = \frac{N_c}{a_c b_c}; \quad (Е.2)$$

$$p_{max} = \frac{N_c}{a_c b_c} + \frac{6a_c(3M_c + 2F_h d_1)}{b_c\left(\frac{k}{c_b}d_1^4 + 3a_c^3\right)}, \quad (Е.3)$$

где $N_c$ — нормальная составляющая давления условного фундамента на грунт основания, кН, определяемая с учетом веса грунтового массива *1 — 2 — 3 — 4* вместе с заключенными в нем ростверком и сваями или опускным колодцем;

$F_h$, $M_c$ — соответственно горизонтальная составляющая внешней нагрузки, кН, и ее момент относительно главной оси горизонтального сечения условного фундамента в уровне расчетной поверхности грунта, кН·м, принимаемой по 9.2.6;

$d_1$ — глубина заложения условного фундамента по отношению к расчетной поверхности грунта, м (см. рисунки Е.1 — Е.5);

$a_c$, $b_c$ — размеры в плане условного фундамента в направлении, параллельном плоскости действия нагрузки и перпендикулярном ей, м;

$k$ — коэффициент пропорциональности, определяющий нарастание с глубиной коэффициента постели грунта, расположенного выше подошвы фундамента, принимаемый по таблице Е.1;

$c_b$ — коэффициент постели грунта в уровне подошвы условного фундамента, кН/м$^2$, определяемый по формулам:

при $d_1 < 10$ м, $c_b = 10k$;
при $d_1 > 10$ м, $c_b = k\,d_1$.

Таблица Е.1

| Грунт | Коэффициент $k$, кН/м$^4$ |
|---|---|
| Текучепластичные глины и суглинки ($0{,}75 < I_L \le 1$) | 490 — 1960 |
| Мягкопластичные глины и суглинки ($0{,}5 < I_L \le 0{,}75$); пластичные супеси ($0 \le I_L \le 1$); пылеватые пески ($0{,}6 \le e \le 10{,}8$) | 1961 — 3920 |
| Тугопластичные и полутвердые глины и суглинки ($0 \le I_L \le 10{,}5$); твердые супеси ($I_L < 0$); пески мелкие ($0{,}6 \le e \le 0{,}75$) и средней крупности ($0{,}55 \le e \le 0{,}7$) | 3921 — 5880 |
| Твердые глины и суглинки ($I_L < 0$); пески крупные ($0{,}55 \le e \le 0{,}7$) | 5881 — 9800 |
| Гравелистые пески ($0{,}55 \le e \le 0{,}7$) и галька с песчаным заполнителем | 9801 — 19 600 |

## Приложение Ж
## (обязательное)

## Методика проверки несущей способности подстилающего слоя грунта

Ж.1 Проверку несущей способности подстилающего слоя грунта следует проводить исходя из условия

$$\gamma\left(d+z_i\right)+\alpha\left(p-\gamma d\right)\le\frac{R}{\gamma_n}, \qquad (Ж.1)$$

где $\gamma$ — среднее (по слоям) значение удельного веса грунта, расположенного над кровлей проверяемого подстилающего слоя грунта; допускается принимать $\gamma$ = 19,62 кН/м$^2$;

$d$ — заглубление подошвы фундамента мелкого заложения от расчетной поверхности грунта, м, принимаемое согласно приложению А;

$z_i$ — расстояние от подошвы фундамента до поверхности проверяемого подстилающего слоя грунта, м;

$\alpha$ — коэффициент, принимаемый по таблице Ж.1 настоящего приложения;

$p$ — среднее давление на грунт, действующее под подошвой условного фундамента мелкого заложения, кПа;

$R$ — расчетное сопротивление подстилающего грунта, кПа, определяемое по формуле (А.1) для глубины расположения кровли проверяемого слоя грунта;

$\gamma_n$ — коэффициент надежности по назначению сооружения, принимаемый равным 1,4.

Значение коэффициента $\alpha$ принимают по таблице Ж.1 в зависимости от отношения $z_i/b$ для круглого и от отношений $z_i/b$ и $a/b$ для прямоугольного в плане фундаментов, где $a$ — большая сторона прямоугольного в плане фундамента, $b$ — меньшая его сторона или диаметр круглого в плане фундамента.

Таблица Ж.1

| $\frac{z_i}{b}$ | Коэффициент $\alpha$ | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | для круглого в плане фундамента | для прямоугольного в плане фундамента в зависимости от отношения сторон его подошвы | | | | | | | | | | | |
| | | 1 | 1,2 | 1,4 | 1,6 | 1,8 | 2,0 | 2,4 | 2,8 | 3,2 | 4 | 5 | 10 и более |
| 0 | 1,000 | 1,000 | 1,000 | 1,000 | 1,000 | 1,000 | 1,000 | 1,000 | 1,000 | 1,000 | 1,000 | 1,000 | 1,000 |
| 0,2 | 0,949 | 0,960 | 0,968 | 0,972 | 0,974 | 0,975 | 0,976 | 0,976 | 0,977 | 0,977 | 0,977 | 0,977 | 0,977 |
| 0,4 | 0,756 | 0,800 | 0,830 | 0,848 | 0,859 | 0,866 | 0,870 | 0,875 | 0,872 | 0,879 | 0,880 | 0,881 | 0,881 |
| 0,6 | 0,547 | 0,606 | 0,651 | 0,682 | 0,703 | 0,717 | 0,727 | 0,757 | 0,746 | 0,749 | 0,753 | 0,754 | 0,755 |
| 0,8 | 0,390 | 0,449 | 0,496 | 0,532 | 0,558 | 0,578 | 0,593 | 0,612 | 0,623 | 0,630 | 0,636 | 0,639 | 0,642 |
| 1,0 | 0,285 | 0,334 | 0,378 | 0,414 | 0,441 | 0,463 | 0,482 | 0,505 | 0,520 | 0,529 | 0,540 | 0,545 | 0,550 |
| 1,2 | 0,214 | 0,257 | 0,294 | 0,325 | 0,352 | 0,374 | 0,392 | 0,419 | 0,437 | 0,449 | 0,462 | 0,470 | 0,477 |
| 1,4 | 0,165 | 0,201 | 0,232 | 0,260 | 0,284 | 0,304 | 0,321 | 0,350 | 0,369 | 0,383 | 0,400 | 0,410 | 0,420 |
| 1,6 | 0,130 | 0,160 | 0,187 | 0,210 | 0,232 | 0,251 | 0,267 | 0,294 | 0,314 | 0,329 | 0,348 | 0,360 | 0,374 |
| 1,8 | 0,106 | 0,130 | 0,153 | 0,173 | 0,191 | 0,209 | 0,224 | 0,250 | 0,270 | 0,285 | 0,305 | 0,320 | 0,337 |
| 2,0 | 0,087 | 0,108 | 0,127 | 0,145 | 0,161 | 0,176 | 0,189 | 0,214 | 0,233 | 0,241 | 0,270 | 0,285 | 0,304 |
| 2,2 | 0,073 | 0,090 | 0,107 | 0,122 | 0,137 | 0,150 | 0,163 | 0,185 | 0,208 | 0,218 | 0,239 | 0,256 | 0,280 |
| 2,4 | 0,062 | 0,077 | 0,092 | 0,105 | 0,118 | 0,130 | 0,141 | 0,161 | 0,178 | 0,192 | 0,213 | 0,230 | 0,258 |
| 2,6 | 0,053 | 0,066 | 0,079 | 0,091 | 0,102 | 0,112 | 0,123 | 0,141 | 0,157 | 0,170 | 0,191 | 0,208 | 0,239 |
| 2,8 | 0,046 | 0,058 | 0,069 | 0,079 | 0,089 | 0,099 | 0,108 | 0,124 | 0,139 | 0,152 | 0,172 | 0,189 | 0,228 |
| 3,0 | 0,040 | 0,051 | 0,060 | 0,070 | 0,078 | 0,087 | 0,095 | 0,110 | 0,124 | 0,136 | 0,155 | 0,172 | 0,208 |

*Окончание таблицы Ж.1*

| $\frac{z_i}{b}$ | Коэффициент α | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | для круглого в плане фундамента | для прямоугольного в плане фундамента в зависимости от отношения сторон его подошвы | | | | | | | | | | |
| | | 1 | 1,2 | 1,4 | 1,6 | 1,8 | 2,0 | 2,4 | 2,8 | 3,2 | 4 | 5 | 10 и более |
| 3,2 | 0,036 | 0,045 | 0,053 | 0,062 | 0,070 | 0,077 | 0,085 | 0,098 | 0,111 | 0,122 | 0,141 | 0,158 | 0,190 |
| 3,4 | 0,032 | 0,040 | 0,048 | 0,055 | 0,062 | 0,069 | 0,076 | 0,088 | 0,100 | 0,110 | 0,128 | 0,144 | 0,184 |
| 3,6 | 0,028 | 0,036 | 0,042 | 0,049 | 0,056 | 0,062 | 0,068 | 0,080 | 0,090 | 0,100 | 0,117 | 0,133 | 0,175 |
| 3,8 | 0,024 | 0,032 | 0,038 | 0,044 | 0,050 | 0,056 | 0,062 | 0,072 | 0,082 | 0,091 | 0,107 | 0,123 | 0,166 |
| 4,0 | 0,022 | 0,029 | 0,035 | 0,040 | 0,046 | 0,051 | 0,056 | 0,066 | 0,075 | 0,084 | 0,095 | 0,113 | 0,158 |
| 4,2 | 0,021 | 0,026 | 0,031 | 0,037 | 0,042 | 0,048 | 0,051 | 0,060 | 0,069 | 0,077 | 0,091 | 0,105 | 0,150 |
| 4,4 | 0,019 | 0,024 | 0,029 | 0,034 | 0,038 | 0,042 | 0,047 | 0,055 | 0,063 | 0,070 | 0,084 | 0,098 | 0,144 |
| 4,6 | 0,018 | 0,022 | 0,026 | 0,031 | 0,035 | 0,039 | 0,043 | 0,051 | 0,058 | 0,065 | 0,078 | 0,091 | 0,137 |
| 4,8 | 0,016 | 0,020 | 0,024 | 0,028 | 0,032 | 0,036 | 0,040 | 0,047 | 0,054 | 0,060 | 0,072 | 0,085 | 0,132 |
| 5,0 | 0,015 | 0,019 | 0,022 | 0,026 | 0,030 | 0,033 | 0,037 | 0,044 | 0,050 | 0,056 | 0,067 | 0,079 | 0,126 |

Проверку несущей способности подстилающего слоя грунта под фундаментом из свай или из опускного колодца следует проводить как под условным фундаментом.

## Библиография


| | | |
|---|---|---|
| [1] | Технический регламент Таможенного союза ТР ТС 014/2011 | Безопасность автомобильных дорог |
| [2] | СНиП 12-04-2002 | Безопасность труда в строительстве. Часть 2. Строительное производство |
| [3] | СП 32-101-95 | Проектирование и устройство фундаментов опор мостов в районах распространения вечномерзлых грунтов |

УДК 624.15:624.16:006.354 ОКС 93.040

Ключевые слова: автомобильная дорога общего пользования, мостовые сооружения, проектирование опор мостового сооружения, проектирование фундаментов мостового сооружения, автодорожные мосты, расчеты, конструктивные требования

Редактор *Н.В. Таланова*
Технический редактор *И.Е. Черепкова*
Корректор *О.В. Лазарева*
Компьютерная верстка *Г.Д. Мухиной*

Сдано в набор 07.12.2021. Подписано в печать 21.12.2021. Формат 60×84⅛. Гарнитура Ариал.
Усл. печ. л. 3,72. Уч.-изд. л. 3,16.

Подготовлено на основе электронной версии, предоставленной разработчиком стандарта

Создано в единичном исполнении в ФГБУ «РСТ»
для комплектования Федерального информационного фонда стандартов,
117418 Москва, Нахимовский пр-т, д. 31, к. 2.

gost.e-ecolog.ru gost.e-ecolog.ru

gost.e-ecolog.ru