ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО

ПО ТЕХНИЧЕСКОМУ РЕГУЛИРОВАНИЮ И МЕТРОЛОГИИ

НАЦИОНАЛЬНЫЙ СТАНДАРТ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ГОСТ Р 70311— 2022

Дороги автомобильные общего пользования

МОСТОВЫЕ СООРУЖЕНИЯ

Правила устройства и укрепления конусов насыпей подходов

Издание официальное

Москва
Российский институт стандартизации
2022

gost.e-ecolog.ru

Предисловие

1 РАЗРАБОТАН Обществом с ограниченной ответственностью «Транспортный инжиниринг и строительство» (ООО «ТИиС»)

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 14 ноября 2022 г. № 1274-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 в сети Интернет (*gost.e-ecolog.ru

© Оформление. ФГБУ «Институт стандартизации», 2022

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 Общие положения 3
5 Конструктивные требования к участкам примыкания насыпей подходов к устоям 5
6 Требования к материалам гидрологических и инженерно-геологических изысканий 6
7 Требования к грунтам отсыпки конусов 6
Приложение А (справочное). Рекомендации по расчетам устойчивости конусов 8
Библиография 11

НАЦИОНАЛЬНЫЙ СТАНДАРТ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Дороги автомобильные общего пользования

МОСТОВЫЕ СООРУЖЕНИЯ

Правила устройства и укрепления конусов насыпей подходов

Automobile roads of general use. Bridge constructions.
The rules for construction and protection of approach embankment slopes

Дата введения — 2022—12—01

1 Область применения

Настоящий стандарт распространяется на конусы насыпей подходов мостовых сооружений, расположенных на автомобильных дорогах общего пользования (далее — автомобильные дороги), и устанавливает требования к правилам устройства дренирующей засыпки и укрепления откосов конусов при проектировании нового строительства, реконструкции, капитального ремонта или ремонта мостовых сооружений.

Требования стандарта распространяются на мостовые сооружения, предназначенные для эксплуатации в любых климатических условиях и в районах с расчетной сейсмичностью до 9 баллов включительно.

2 Нормативные ссылки

В настоящем стандарте использованы нормативные ссылки на следующие документы:

ГОСТ 5781 Сталь горячекатаная для армирования железобетонных конструкций. Технические условия

ГОСТ 8267 Щебень и гравий из плотных горных пород для строительных работ. Технические условия

ГОСТ 8736—2014 Песок для строительных работ. Технические условия

ГОСТ 25584—2016 Грунты. Методы лабораторного определения коэффициента фильтрации

ГОСТ 25100—2020 Грунты. Классификация

ГОСТ 26633 Бетоны тяжелые и мелкозернистые. Технические условия

ГОСТ 31938 Арматура композитная полимерная для армирования бетонных конструкций. Общие технические условия

ГОСТ 32495 Щебень, песок и песчано-щебеночные смеси из дробленого бетона и железобетона. Технические условия

ГОСТ 32703 Дороги автомобильные общего пользования. Щебень и гравий из горных пород. Технические требования

ГОСТ 32824—2014 Дороги автомобильные общего пользования. Песок природный. Технические требования

ГОСТ 32868 Дороги автомобильные общего пользования. Требования к проведению инженерно-геологических изысканий

ГОСТ 32960 Дороги автомобильные общего пользования. Нормативные нагрузки, расчетные схемы нагружения

ГОСТ 33063 Дороги автомобильные общего пользования. Классификация типов местности и грунтов

Издание официальное

ГОСТ 33100—2014 Дороги автомобильные общего пользования. Правила проектирования автомобильных дорог

ГОСТ 33179 Дороги автомобильные общего пользования. Изыскания мостов и путепроводов. Общие требования

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

ГОСТ 33390—2015 Дороги автомобильные общего пользования. Мосты. Нагрузки и воздействия

ГОСТ Р 55028—2012 Дороги автомобильные общего пользования. Материалы геосинтетические для дорожного строительства. Классификация, термины и определения

ГОСТ Р 56419—2015 Дороги автомобильные общего пользования. Материалы геосинтетические для разделения слоев дорожной одежды из минеральных материалов. Технические требования

ГОСТ Р 59327.1 Дороги автомобильные общего пользования. Полиуретановое вяжущее для укрепления откосов выемок, насыпных сооружений, конусов насыпей мостовых сооружений. Технические условия

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

ГОСТ Р 59692—2021 Дороги автомобильные общего пользования. Материалы геосинтетические для борьбы с эрозией на откосах. Общие технические условия

СП 22.13330.2016 «СНиП 2.02.01-83* Основания зданий и сооружений»

СП 34.13330.2021 «СНиП 2.05.02-85* Автомобильные дороги»

СП 38.13330.2018 «СНиП 2.06.04-82* Нагрузки и воздействия на гидротехнические сооружения (волновые, ледовые и от судов)»

СП 45.13330.2017 «СНиП 3.02.01-87 Земляные сооружения, основания и фундаменты»

СП 47.13330.2016 «СНиП 11-02-96 Инженерные изыскания для строительства. Основные положения»

СП 268.1325800.2016 Транспортные сооружения в сейсмических районах. Правила проектирования

СП 446.1325800.2019 Инженерно-геологические изыскания для строительства. Общие правила производства работ

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.

3 Термины и определения

В настоящем стандарте применены следующие термины с соответствующими определениями:

3.1

несущая способность: Максимальный эффект воздействия, реализуемый в строительном объекте без превышения предельных состояний.

[ГОСТ 27751—2014, статья 2.2.4]

3.2

мост: Мостовое сооружение через реки или водные препятствия, обобщенное название мостового сооружения.

[ГОСТ 33178—2014, статья 3.2]

3.3

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, статья 3.1]

3.4

путепровод: Мостовое сооружение для пропуска одной транспортной магистрали над другой в разных уровнях.

[ГОСТ 33178—2014, статья 3.10]

3.5

геосинтетический материал: Материал из синтетических или природных полимеров, неорганических веществ, контактирующий с грунтом или другими средами, применяемый в дорожном строительстве.

[ГОСТ Р 55028—2012, статья 2.1.1]

3.6

геосотовый материал: Пространственный геосинтетический материал, образованный из геополос, которые располагаются и скрепляются в перпендикулярных плоскостях относительно плоскости материала, образуя сквозные ячейки, поперечный размер которых соизмерим с высотой ребер.

[ГОСТ Р 55028—2012, статья 2.1.8]

3.7

биомат: Проницаемая дискретно-упрочненная пространственная конструкция из полимерных мононитей, волокон и других элементов, содержащая в своей структуре семена растений.

[ГОСТ Р 55028—2012, статья 2.1.8]

3.8 **рисберма:** Каменная защитная призма, устраиваемая в подошве подтопляемого откоса для предотвращения размыва.

3.9

коэффициент фильтрации: Характеристика проницаемости грунта по отношению к конкретной фильтрующей воде; при линейном законе фильтрации равен скорости фильтрации воды при единичном градиенте напора.

[ГОСТ 25584—2016, статья 3.1]

3.10 **разрыв пластических перемещений:** Достижение в нелинейной математической модели предельного состояния, выраженного различными величинами пластических деформаций смежных элементов в одном и том же общем узле.

4 Общие положения

4.1 Проектирование конусов насыпей подходов следует выполнять с расчетным обоснованием устойчивости тела конуса совместно с основанием против глубокого сдвига согласно 4.2, 4.3 и приложению А. При этом необходимо использовать достоверные величины расчетных параметров прочностных и деформационных свойств грунтов.

Проектирование укрепления выполняют с расчетным обоснованием устойчивости конструкций укрепления на откосе и упора в основании конуса по сдвигу согласно 5.4.

Нагрузки и воздействия, учитываемые в расчетах конусов, принимают по приложению А.

Сейсмические воздействия определяют с учетом изменения свойств грунтов согласно 6.3. Коэффициенты сочетания временных подвижных и сейсмических нагрузок принимают по А.9.

4.2 Для устоев диванного типа, а также во всех случаях, когда поверхность скольжения проходит под фундаментом устоя или нижними концами свай, устойчивость конусов и оснований обсыпных

устоев против глубокого сдвига должна быть обеспечена без учета уменьшения сдвигающих усилий от совместной работы с конструкциями опор (фундамент, тело опоры, ригель, шкафная стенка и т.п.).

4.3 При выполнении расчетов устойчивости конусов и оснований против глубокого сдвига коэффициент запаса устойчивости следует принимать не менее 1,3.

При расчетах по круглоцилиндрическим поверхностям скольжения (А.1, а и А.12, а) коэффициент запаса устойчивости, как правило, принимают не менее отношения коэффициента надежности по назначению к коэффициенту условий работы по ГОСТ 33384—2015 (пункт 7.4).

4.4 Если минимальный коэффициент запаса устойчивости (при расчете по наиболее опасной поверхности скольжения) ниже значения, указанного в 4.3, для его увеличения возможно использование следующих мероприятий:

- изменение геометрии конуса (уменьшение крутизны откоса, добавление берм и т.п.);
- достижение необходимых значений прочностных и деформационных свойств верхних слоев основания (замена грунта, укрепление слабого грунта основания с учетом требований СП 34.13330.2021 (пункт 7.31) и рекомендаций [1] и т.п.);
- применение дренирующего грунта засыпки с достоверно установленными по данным лабораторных исследований или статического зондирования отсыпанного и уплотненного грунта с завершенной осадкой повышенными значениями основных физико-механических свойств (нормативный удельный вес грунта γ_n, кН/м^3, нормативное сцепление c_n, кПа, нормативный угол внутреннего трения φ_n, в градусах) с учетом требований раздела 7;
- применение в теле конуса армирующих прослоек из геосинтетических материалов с целью усиления конструкции откоса в результате перераспределения напряжений. Армирование грунтов следует производить с учетом требований СП 45.13330.2017 (раздел 18).

4.5 Классификацию конструкций укрепления откосов конусов и определение области их применения проводят согласно рекомендациям [2], 4.6—4.10 и раздела 5.

Для укрепления конусов насыпей подходов, как правило, применяют следующие виды конструкций:

а) монолитный железобетон;

б) сборные бетонные и железобетонные плиты;

в) решетчатые сборные железобетонные конструкции с заполнением ячеек щебнем (гравием) или дерном;

г) покрытие с применением геосотовых материалов с заполнением ячеек щебнем (гравием);

д) каменная наброска;

е) габионные конструкции матрацно-тюфячного типа;

ж) покрытия с применением биоматов;

и) покрытие с применением гибких железобетонных плит;

к) покрытие из гибких бетонных матов;

л) комбинированные конструкции укреплений.

Для видов укрепления в), г), и д) дополнительно возможно применение полиуретанового вяжущего в соответствии с требованиями ГОСТ Р 59327.1.

Технические требования к конструкциям укрепления принимают согласно [2] и разделу 5.

4.6 Выбор конструкции укрепления проводят при разработке проектной документации конкретного сооружения в зависимости от крутизны откоса, условий ледохода, воздействия волн и течения воды при скоростях, отвечающих максимальным расходам во время расчетных паводков, а также исходя из архитектурных требований, условий расположения сооружения, наличия местных строительных материалов и т. п.

4.7 При укреплении конусов насыпей подходов мостов в пределах подтопления на реках со слабым ледоходом (при толщине льда не более 0,2 м) допускается применять типы укреплений 4.5, а); 4.5, е); 4.5, и), 4.5, к). При этом толщина монолитного бетона должна быть не менее 0,12 м, толщина сборных гибких плит — не менее 0,15 м.

4.8 При укреплении конусов насыпей подходов мостов в пределах подтопления на реках при толщине льда, равной или более 0,2 м следует применять укрепление монолитным железобетоном (4.5, а) толщиной не менее 0,16 м.

4.9 Отметку верха укреплений назначают согласно требованиям ГОСТ 33384—2015 (пункт 8.7.7).

4.10 Расчет нагрузок и воздействий волновых и ледовых на конструкции укреплений конусов насыпей подходов следует проводить по СП 38.13330.2018 и рекомендациям [2].

4.11 При необходимости сохранения вечномерзлых грунтов в основаниях устоев при устройстве конусов следует предусматривать меры, исключающие доступ воды к основанию. В случае притока

поверхностной воды со стороны подходов необходимо предусматривать устройства для отвода ее за пределы земляного полотна.

4.12 Раздел проектной документации мостового сооружения, в котором приведены сведения об устройстве конусов насыпей подходов, должен в том числе содержать необходимую информацию согласно СП 45.13330.2017 (раздел 7, приложение М, приложение Н).

5 Конструктивные требования к участкам примыкания насыпей подходов к устоям

5.1 Основные требования к участкам примыкания насыпей подходов к устоям следует принимать по ГОСТ 33384—2015 (пункты 8.7.4, 8.7.6).

5.2 Крутизну откосов конусов насыпей подходов следует определять расчетом устойчивости (с проверкой основания) при выполнении условия для конусов без армирующих прослоек согласно 4.4, г):

$$1 : m \leq \mathrm{tg}\varphi_n, \qquad (1)$$

где $1:m$ — крутизна откоса (тангенс угла наклона откоса к горизонтали);

φ_n — нормативное значение угла внутреннего трения дренирующей засыпки тела конуса, в градусах.

Откосы конусов должны иметь уклоны не круче указанных в ГОСТ 33384—2015 (пункт 8.7.4).

5.3 Все типы укреплений необходимо укладывать на подготовленное спланированное основание, обеспечивающее сохранность защищаемой поверхности от вымывания мелких частиц грунта при изменении уровня воды и проникании атмосферных осадков. Укладка конструкции укрепления непосредственно на укрепляемую поверхность не допускается.

Конструкции основания под укрепление выполняют в виде щебеночной подготовки толщиной не менее 0,1 м из щебня фракций до 70 мм, из геосинтетического водопроницаемого материала или комбинированные. Слой щебеночной подготовки применяется, как правило, при отсыпке конусов щебенистыми или крупнопесчаными грунтами. Водопроницаемый геосинтетический материал применяют, как правило, при отсыпке конусов из крупных или средней крупности песчаных грунтов с большим содержанием (близким к максимально допустимым значениям согласно классификации по ГОСТ 32824—2014, таблица 7, или ГОСТ 8736—2014, таблица 4) пылевидных или глинистых частиц. Комбинированное основание в виде слоя геосинтетического водопроницаемого материала, поверх которого укладывают щебеночную подготовку толщиной не менее 0,1 м, следует применять при отсыпке конусов из мелких или пылеватых песчаных грунтов (при условии обеспечения требуемого коэффициента фильтрации дренирующего грунта в уплотненном состоянии).

В конструкциях оснований под укрепление конусов запрещено применение очень мелких, тонких и очень тонких песков по ГОСТ 32824 и мелких однородных по ГОСТ 33063. Допускается применение щебня по ГОСТ 32495.

5.4 В основании укрепления предусматривают упорные конструкции, предназначенные для обеспечения устойчивости укрепления на откосе и защиты подошвы конуса от размывов, подмывов или понижений от развития эрозии. Заглубление упорной конструкции в грунт принимают не менее 0,5 м (при наличии размывов, подмывов или понижений от развития эрозии — не менее 0,5 м от их наименьшего расчетного уровня. При этом, в случае расположения конуса на недренирующих грунтах необходимо обеспечить отвод воды из зоны упора и его обсыпки).

Упорные конструкции выполняют в виде:

- сборных железобетонных или монолитных бетонных блоков;
- каменных рисберм;
- коробчатых габионов.

Выбор типа и размеров упорной конструкции должен быть обоснован расчетом устойчивости конструкции укрепления на откосе по сдвигу, при этом коэффициент запаса должен быть не менее указанного в 4.3, а коэффициенты трения f конструкции укрепления по поверхности откоса и упора по основанию в плоскости сдвига следует принимать:

- геосинтетический материал, имеющий сквозные ячейки (геосетка, георешетка по ГОСТ Р 55028) по несвязному грунту откоса: $f = 0{,}9\mathrm{tg}\varphi_I$;

- геосинтетический материал с гладкой поверхностью (геомембрана, геополоса, геооболочка по ГОСТ Р 55028) по несвязному грунту откоса: $f = 0{,}45\mathrm{tg}\varphi_I$;
- бетон по песчаному грунту: $f = 0{,}3$;
- бетон по песчано-гравийной подготовке: $f = 0{,}4$;
- бетон по щебеночной подготовке: $f = 0{,}5$;
- бетон по бетону: $f = 0{,}55$;
- каменная наброска по грунту: $f = 0{,}6$;
- каменная наброска по каменной наброске: $f = 0{,}85$.

Здесь φ_I — расчетное значение угла внутреннего трения дренирующей засыпки тела конуса, в градусах.

5.5 В сборных и монолитных конструкциях укрепления следует применять тяжелый или мелкозернистый бетон по ГОСТ 26633, класс прочности на сжатие назначают по ГОСТ Р 59622—2021 (таблица 4), марку по водонепроницаемости принимают не ниже W6. Марку по морозостойкости принимают в зависимости от климатических условий и условий подтопления по ГОСТ Р 59622—2021 (таблица 5).

5.6 В сборных и монолитных конструкциях укрепления следует применять арматуру классов А240 и (или) А400 по ГОСТ 5781. Допускается применение композитной полимерной арматуры по ГОСТ 31938.

5.7 Каменный материал для заполнения решетчатых конструкций и геосотовых материалов, каменной наброски и сетчатых матрасов, а также для щебеночной подготовки оснований под укрепление и упорной призмы (рисбермы) должен иметь марку по морозостойкости по ГОСТ 8267 или ГОСТ 32703 (по результатам испытаний замораживанием и оттаиванием):

- не менее F50 для неподтопляемых зон;
- не менее F100 для подтопляемых зон;
- не менее F200 для упорной призмы (рисбермы).

Каменные материалы должны иметь марку по прочности по ГОСТ 8267 или ГОСТ 32703 не ниже 600.

5.8 Геосинтетические материалы, применяемые в конструкциях укреплений конусов с целью выполнения функций разделения или борьбы с эрозией согласно ГОСТ Р 55028—2012, пункт 4.1, должны соответствовать требованиям:

а) ГОСТ Р 56419—2015 (таблица 1) — при выполнении функций разделения;

б) ГОСТ Р 59692—2021 (таблица 2) — при выполнении функций борьбы с эрозией.

6 Требования к материалам гидрологических и инженерно-геологических изысканий

6.1 Общие требования к изысканиям мостовых сооружений следует принимать по ГОСТ 33179 и СП 47.13330.2016.

6.2 Составление прогноза изменений состояния геологической среды во времени и пространстве проводят согласно требованиям ГОСТ 32868 и СП 446.1325800.2019 (раздел 5, приложение Н).

6.3 Изменение свойств грунта при сейсмических воздействиях следует учитывать согласно СП 268.1325800.2016 (пункт 8.3.20).

6.4 Результаты инженерных изысканий должны содержать данные, необходимые и достаточные для проведения расчетов несущей способности тела конуса (дренирующей засыпки) и грунтов основания по предельным состояниям с учетом прогноза возможных изменений инженерно-геологических условий площадки строительства и свойств грунтов (в том числе насыпных) в процессе строительства и эксплуатации. При отсутствии однозначных и достоверных данных по насыпному грунту тела конуса допускается принимать наихудшие (обеспечивающие наименьшие значения запасов несущей способности) физико-механические характеристики в соответствии с указаниями раздела 7 и приложения А.

Проектирование без соответствующих результатов инженерных изысканий или при их недостаточности, или без достаточного расчетного обоснования не допускается.

7 Требования к грунтам отсыпки конусов

7.1 Грунты, применяемые для отсыпки конусов насыпей подходов, должны обеспечивать их прочность и устойчивость в соответствии с правилами проектирования, указанными в ГОСТ 33100—2014

(пункт 7.20). Как правило, отсыпку конусов проводят из материалов, аналогичных применяемым для отсыпки части насыпи на подходах к мостовому сооружению за крайними опорами (дренирующая засыпка), с аналогичными параметрами уплотнения и фильтрации.

7.2 При оценке коэффициента фильтрации песчаного грунта в карьере должны быть отобраны не менее 3 проб на каждые 500 м^3 непучинистых и не менее 10 проб — на каждые 500 м^3 слабопучинистых песчаных грунтов. Определение коэффициента фильтрации следует проводить по ГОСТ 25584—2016 (пункт 4.5).

7.3 Основными физико-механическими свойствами грунта отсыпки конусов, необходимыми для выполнения расчетов несущей способности по группам предельных состояний, являются нормативный удельный вес грунта γ_n, кН/м^3, нормативное сцепление c_n, кПа, нормативный угол внутреннего трения φ_n, в градусах, модуль деформации грунта E, МПа. Во всех случаях, когда указанные характеристики определяют косвенно (при отсутствии данных лабораторных исследований или статического зондирования грунта отсыпанного конуса с завершенной осадкой), нормативное сцепление насыпного дренирующего грунта следует принимать $c_n = 0$.

7.4 Каждая партия поставляемого для устройства дренирующей засыпки песка должна иметь документ о качестве в соответствии с ГОСТ 8736—2014 (пункт 5.13) или ГОСТ 32824—2014 (пункт 7.7).

Приложение А
(справочное)

Рекомендации по расчетам устойчивости конусов

А.1 Основными расчетными моделями форм нарушения устойчивости откосных грунтовых массивов, к которым относятся конусы насыпей подходов, как правило, являются:

а) обрушение со срезом и вращением;

б) скольжение;

в) покровный оползень.

А.2 Обрушение со срезом и вращением (А.1, а) представляет собой перемещение массивов по поверхности скольжения с некоторым поворотом вокруг горизонтальной оси. Данная форма потери устойчивости характерна, как правило, для относительно простых грунтово-геологических условий:

- отсутствие большого продольного уклона естественной поверхности грунта;
- равномерные по ширине подходной насыпи геологические условия в каждом створе (границы слоев геологических элементов близки к горизонтальному положению в поперечных сечениях насыпи в пределах неблагоприятной поверхности обрушения);
- в пределах линии сдвига вдоль оси моста не происходит резкого изменения геологических условий (замена одних инженерно-геологических элементов на другие со значительным изменением физико-механических свойств).

А.3 Скольжение (А.1, б) представляет собой сдвиг по плоскостям напластований, разломов, древних смещений и тому подобное и, как правило, характерно при ясно выраженной в толще коренных пород потенциальной поверхности скольжения с наклоном в сторону склона.

А.4 Покровные оползни (А.1, в) представляют собой оползание покровных масс по неровной поверхности подстилающей толщи и характерны при залегании обильно увлажняемых покровных масс с уклоном подстилающей толщи в сторону склона.

А.5 При расчетах устойчивости аналитическими методами рекомендуется использовать сертифицированные программы (программные комплексы), реализующие следующие общие положения:

- применение графоаналитического метода с заранее заданной формой тела обрушения;
- основные уравнения выражают условие равновесия сил, действующих на поверхностях скольжения с продольными сечениями в виде кривых или ломаных линий, по закону Кулона;
- заданное тело обрушения разделено вертикальными сечениями на отсеки, в пределах которых углы наклона поверхности скольжения и прочностные характеристики грунтовых слоев не меняют своих значений;
- наименее выгодные (с минимальным коэффициентом запаса) форма и положение тела обрушения определяют перебором (путем многократных повторных расчетов).

Основные требования к аналитическим методам расчета устойчивости приведены в А.12.

А.6 Допускается применять программные комплексы, реализующие метод конечных элементов (МКЭ) и сертифицированные для геотехнических расчетов, позволяющие учитывать этапность строительства и нелинейные свойства грунтов.

Критерием предельного состояния при расчете нелинейной задачи в геотехническом программном комплексе, реализующем МКЭ, как правило, является сходимость итерационного процесса, т.е. такое решение, которое при допустимой невязке свидетельствует о получении статического напряженного состояния, исключающего потерю прочности и устойчивости. При этом расчетная поверхность скольжения может быть получена путем достижения предельного состояния, при котором в массиве возникает непрерывная область разрыва (несовместности) пластических перемещений.

Коэффициент запаса устойчивости при решении нелинейной задачи в геотехническом программном комплексе, реализующем МКЭ, может быть выражен как отношение начальных расчетных значений угла внутреннего трения φ_I и сцепления c_I к конечным значениям тех же параметров, полученных постепенным (одновременным и пропорциональным) их снижением до значений, при которых получено предельное равновесие по расчетной поверхности скольжения.

А.7 В расчетах устойчивости конусов учитывают следующие нагрузки:

а) собственный вес грунтов выше поверхности скольжения;

б) долю нагрузки от собственного веса конструкций сопряжения устоя с насыпью и покрытия на сопряжении, передаваемую участком опирания сопряжения на насыпь, находящимся в пределах призмы обрушения;

в) фильтрационное давление воды (при подтоплении конуса и насыпи) при спаде ее уровней. Уклоны кривой депрессии определяют согласно А.11;

г) временные вертикальные подвижные нагрузки АК и НК, находящиеся в пределах призмы обрушения, принимают согласно ГОСТ 32960. При этом горизонтальные продольные нагрузки от транспортных средств, находящихся на призме обрушения, не учитывают;

д) горизонтальные сейсмические нагрузки (при наличии).

А.8 Коэффициенты надежности по нагрузке и динамические коэффициенты принимают по ГОСТ 33390.

А.9 При выполнении расчетов с учетом сейсмического воздействия коэффициенты сочетания для временных подвижных и сейсмических нагрузок принимают равными:

- 1,0 — для сейсмических нагрузок, действующих совместно с постоянными без учета временных подвижных;
- 0,8 — для сейсмических нагрузок совместно с нагрузками от подвижного состава;
- 0,5 — для временных подвижных нагрузок совместно с сейсмическими.

А.10 Для свайных фундаментов в случае если поверхность скольжения пересекает сваи, то из веса соответствующих отсеков вычитают вес ростверка и грунта над ним.

Если поверхность скольжения проходит под фундаментом устоя или нижними концами свай, то учитывают все нагрузки в пределах соответствующих отсеков (в том числе опорные реакции пролетного строения и вариации расположения подвижной нагрузки на сопряжении и пролетном строении, с выбором наихудшего для коэффициента запаса устойчивости варианта).

А.11 Для всех типов расчетных моделей при наличии подтопления насыпи и (или) уровне грунтовых вод выше нижней точки поверхности скольжения необходимо учитывать силы фильтрационного давления. Учитывая, что в затопленном отсеке тела обрушения касательная (сдвиговая) составляющая отсобственного веса грунта уменьшается из-за взвешивающего действия воды и одновременно увеличивается сдвиговая составляющей от силы фильтрационного давления, для поиска наихудшего случая (наименьшего коэффициента запаса) необходимо выполнить перебор положений уровня воды между наивысшим и наименьшим.

При отсутствии натурных данных значения уклонов кривой депрессии допускается принимать по таблице А.1:

Таблица А.1 — Уклоны кривой депрессии

Наименование грунта, через который проходит поверхность пойменных вод	I_0, ‰
Гравелистые и крупные пески	3—6
Мелкие и пылеватые пески	6—20
Супеси	20—50
Суглинки	50—100
Глины	100—200

Равнодействующая сил фильтрационного давления приложена в центре тяжести затопленной части каждого рассматриваемого отсека в пределах расчетной области обрушения.

А.12 Основными методами аналитического расчета устойчивости откосов являются:

а) метод круглоцилиндрических поверхностей скольжения (КЦПС) применим к расчетной модели А.1, а). Расчетную область обрушения, представляющую собой поверхность скольжения цилиндрической формы, ось вращения и радиус которой определяют перебором (многократными повторными расчетами) с выбором наихудших значений (с минимальным коэффициентом запаса устойчивости), разделяют на отсеки с вертикальными гранями, при этом взаимодействие соседних отсеков по вертикальным граням не учитывают.

Действующие на каждый отсек нагрузки по А.7, а), б) и г), раскладывают на касательную и нормальную составляющие к нижней грани отсека (участок поверхности скольжения цилиндрической формы, угол наклона к горизонту которого принимают постоянным). Нагрузки А.7, в) и д), при их наличии, направлены горизонтально в сторону откоса и приложены в центре тяжести затопленной части отсека и в центре тяжести всего отсека соответственно.

Для обеспечения устойчивости откоса необходимо выполнение неравенства

$$\eta = \frac{M_{уд}}{M_{сд}} \geq \gamma_k, \qquad (А.1)$$

где: η — коэффициент запаса устойчивости, выражающий отношение моментов удерживающих сил к сдвигающим;

$M_{уд}$ — момент удерживающих сил относительно оси вращения, определенной перебором при минимальном значении η. Удерживающими силами являются силы взаимодействия частиц грунта на всей поверхности скольжения, определяемые по закону Кулона; касательные составляющие нагрузок по А.7, а), б) и г), направленные в сторону насыпи на тех участках отсека обрушения, поверхность скольжения которых наклонена в сторону насыпи (если тело обрушения захватывает основание и выходит на поверхность за пределами подошвы конуса); удерживающие силы от воздействия армирующих элементов, пересекаемых поверхностью скольжения (при наличии);

$M_{сд}$ — момент сдвигающих сил относительно оси вращения, определенной перебором при минимальном значении η. Сдвигающими являются касательные составляющие нагрузок по А.7, а), б) и г), направленные в сторону откоса, а также нагрузки А.7, в) и д), при их наличии;

γ_k — минимально допустимое значение коэффициента запаса устойчивости согласно 4.3.

б) Методы горизонтальных сил (метод Маслова — Берера и метод Г.М. Шахунянца) применимы для любых расчетных моделей А.1, а), б) и в), при поверхностях скольжения произвольной формы, которая может включать плоскости с различными углами наклона и участки круглоцилиндрических поверхностей, а также для пространственных задач, в которых учитывают конструктивные особенности конусов насыпей подходов (наличие откосов с трех сторон тела обрушения). Предполагаемые отсеки обрушения разделяют вертикальными сечениями таким образом, чтобы их границы соответствовали местам перелома поверхностей скольжения и в пределах каждого отсека у поверхности скольжения сохранялись постоянные характеристики грунта.

Для обеспечения устойчивости откоса необходимо выполнение неравенства

$$\eta = \frac{\Sigma T}{\Sigma H} \geq \gamma_k, \qquad (A.2)$$

где: η — коэффициент запаса устойчивости;

ΣT — сумма частей распора (давления на стенку соседнего блока) для всех расчетных отсеков, воспринимаемая силами взаимодействия частиц грунта на поверхности скольжения и удерживающими силами от воздействия армирующих элементов, пересекаемых поверхностью скольжения (при наличии);

ΣH — сумма частей распора (давления на стенку соседнего блока) в предположении отсутствия в грунте между блоками трения и сцепления, вычисляемая от касательных к поверхности скольжения составляющих нагрузок по А.7, а), б) и г), а также нагрузок А.7, в) и д), при их наличии;

γ_k — минимально допустимое значение коэффициента запаса устойчивости согласно 4.3.

А.13 Расчет пространственных задач, как правило, приводит к увеличению коэффициента запаса устойчивости, так как перераспределение внешних нагрузок на призме обрушения (например, временной подвижной нагрузки на сопряжении) происходит по более широкой поверхности. Вследствие этого в запас допускается проводить расчет по плоской схеме с условной шириной отсека (перпендикулярно к направлению сдвигающих сил), равной ширине расчетного транспортного средства, находящегося на сопряжении (АК или НК) согласно ГОСТ 33390—2015 (рисунок 1) с учетом ширины колеса.

А.14 При отсутствии данных непосредственных испытаний песчаных грунтов в карьере допускается принимать нормативный угол внутреннего трения φ_n, в градусах, и модуль деформации грунта E, МПа, для грунта в природном сложении по указаниям СП 22.13330.2016 (приложение А) в зависимости от вида грунта и коэффициента пористости e.

Коэффициент пористости грунта в карьере определяют по формуле

$$e = \frac{\rho_s (1+w)}{\rho} - 1, \qquad (A.3)$$

где ρ_s = 2,66 г/см^3 — плотность твердых частиц песчаного грунта;

ρ — фактическая плотность грунта в карьере, г/см^3.

При обеспечении коэффициента уплотнения в теле конуса не ниже 0,98 и отсутствии данных непосредственных испытаний переход от физико-механических характеристик грунта в природном сложении к характеристикам отсыпанного и уплотненного грунта в теле конуса выполняют следующим образом: нормативный угол внутреннего трения φ_n' для уплотненного насыпного грунта принимают равным $\varphi_n' = 0{,}9\varphi_n$, расчетный угол внутреннего трения для уплотненного насыпного грунта $\varphi_I = \varphi_n'/1{,}1$; нормативный удельный вес γ_n' для уплотненного насыпного грунта $\gamma_n' = 0{,}95\gamma_n$, расчетный удельный вес для уплотненного насыпного грунта $\gamma_I = \gamma_n' \cdot \gamma_f$, где коэффициент надежности γ_f принимают равным 1,1 или 0,9 в зависимости от того, какое значение приводит к наихудшему результату выполняемого расчета.

А.15 При отсутствии документа о качестве согласно 7.4 и достоверных данных инженерно-геологических изысканий по дренирующим грунтам конусов допускается в расчетах общей устойчивости конусов принимать γ_n = 17,7 кН/м^3, c_n = 0, φ_n = 35° при обеспечении следующих требований к грунтам засыпки (дополнительно к требованиям 7.1):

- песок для строительных работ по ГОСТ 8736 или ГОСТ 32824;
- применяют кварцевые пески четвертичных отложений: гравелистые и крупные с коэффициентом пористости в карьере не более 0,6 и средней крупности с коэффициентом пористости в карьере не более 0,5, либо песчаный намывной грунт средней крупности, возрастом не менее четырех лет, с коэффициентом пористости не более 0,45;
- насыпная плотность грунта — не более 1,83 г/см^3.

Библиография

[1] ОДМ 218.3.120-2020 Методические рекомендации по расчету насыпей автомобильных дорог на слабых грунтах основания с применением геосинтетических материалов

[2] ОДМ 218.2.078-2016 Методические рекомендации по выбору конструкции укрепления откосов земляного полотна автомобильных дорог общего пользования

УДК 539.4:624.131.439:006.354 ОКС 93.040

Ключевые слова: мостовые сооружения, конусы насыпей подходов, укрепление конусов, правила расчета

Редактор *Н.А. Аргунова*
Технический редактор *В.Н. Прусакова*
Корректор *Л.С. Лысенко*
Компьютерная верстка *И.Ю. Литовкиной*

Сдано в набор 15.11.2022. Подписано в печать 02.12.2022. Формат 60×84⅛. Гарнитура Ариал.
Усл. печ. л. 1,86. Уч-изд. л. 1,70.

Подготовлено на основе электронной версии, предоставленной разработчиком стандарта

Создано в единичном исполнении в ФГБУ «Институт стандартизации»
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