ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО

ПО ТЕХНИЧЕСКОМУ РЕГУЛИРОВАНИЮ И МЕТРОЛОГИИ

ПРЕДВАРИТЕЛЬНЫЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ СТАНДАРТ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ПНСТ 265— 2018

Дороги автомобильные общего пользования

ПРОЕКТИРОВАНИЕ НЕЖЕСТКИХ ДОРОЖНЫХ ОДЕЖД

Издание официальное

Москва
Стандартинформ
2018

gost.e-ecolog.ru

Предисловие

1 РАЗРАБОТАН Автономной некоммерческой организацией «Научно-исследовательский институт транспортно-строительного комплекса» (АНО «НИИ ТСК») при участии ООО «НТЦ «ГЕОТЕХНОЛОГИИ»

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 11 апреля 2018 г. № 3-пнст

Правила применения настоящего стандарта и проведения его мониторинга установлены в ГОСТ Р 1.16—2011 (разделы 5 и 6).

Федеральное агентство по техническому регулированию и метрологии собирает сведения о практическом применении настоящего стандарта. Данные сведения, а также замечания и предложения по содержанию стандарта можно направить не позднее чем за 4 мес до истечения срока его действия разработчику настоящего стандарта по адресу: gost.e-ecolog.ru *Федеральное агентство по техническому регулированию и метрологии по адресу: 109074 Москва, Китайгородский проезд, д. 7, стр. 1.*

*В случае отмены настоящего стандарта соответствующая информация будет опубликована в ежемесячном информационном указателе «Национальные стандарты» и также будет размещена на официальном сайте Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии в сети Интернет (*gost.e-ecolog.ru

© Стандартинформ, оформление, 2018

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 Сокращения 3
5 Общие положения 3
6 Классификация дорожных одежд и видов покрытий 4
7 Конструирование нежестких дорожных одежд 5
8 Расчетные нагрузки 8
9 Расчетные характеристики грунта рабочего слоя и конструктивных слоев дорожной одежды 13
10 Расчет нежестких дорожных одежд на прочность 14
11 Проверка дорожной конструкции на морозоустойчивость 30
12 Осушение дорожных одежд и грунта рабочего слоя 35
13 Расчет дорожных одежд на обочинах и разделительных полосах 42
14 Расчет слоев усиления нежестких дорожных одежд 43
Приложение А (справочное) Расчетные характеристики грунта рабочего слоя 45
Приложение Б (справочное) Расчетные характеристики материалов конструктивных слоев для дорог общего пользования и улиц населенных пунктов 52
Приложение В (справочное) Расчетные характеристики материалов конструктивных слоев для улиц населенных пунктов 58
Приложение Г (справочное) Пример расчета конструкции дорожной одежды капитального типа . . . 61
Приложение Д (справочное) Методика определения типа/вида асфальтобетонной смеси в зависимости от условий движения 71
Библиография 73

ПРЕДВАРИТЕЛЬНЫЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ СТАНДАРТ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Дороги автомобильные общего пользования

ПРОЕКТИРОВАНИЕ НЕЖЕСТКИХ ДОРОЖНЫХ ОДЕЖД

Automobile roads of general use. Flexible pavement design

Срок действия — с 2018—05—15
до 2021—05—15

1 Область применения

Настоящий стандарт распространяется на нежесткие дорожные одежды (далее — дорожные одежды) автомобильных дорог общего пользования (далее — автомобильные дороги).

Настоящий стандарт устанавливает правила проектирования при строительстве, реконструкции, капитальном ремонте и ремонте автомобильных дорог, а также при разработке каталогов и альбомов типовых решений по конструкциям дорожных одежд.

Допускается применение положений настоящего стандарта при проектировании дорожных одежд для улиц населенных пунктов.

Наряду с учетом настоящего стандарта следует руководствоваться указаниями специальных региональных нормативных документов, утвержденных в установленном порядке.

2 Нормативные ссылки

В настоящем стандарте использованы нормативные ссылки на следующие стандарты:

ГОСТ 3344 Щебень и песок шлаковые для дорожного строительства. Технические условия

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

ГОСТ 9128 Смеси асфальтобетонные дорожные, аэродромные и асфальтобетон. Технические условия

ГОСТ 23558 Смеси щебеночно-гравийно-песчаные и грунты, обработанные неорганическими вяжущими материалами, для дорожного и аэродромного строительства. Технические условия

ГОСТ 25607 Смеси щебеночно-гравийно-песчаные для покрытий и оснований автомобильных дорог и аэродромов. Технические условия

ГОСТ 30491 Смеси органоминеральные и грунты, укрепленные органическими вяжущими, для дорожного и аэродромного строительства. Технические условия

ГОСТ 31015 Смеси асфальтобетонные и асфальтобетон щебеночно-мастичные. Технические условия

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

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

ГОСТ 32826 Дороги автомобильные общего пользования. Щебень и песок шлаковые. Технические требования

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

ГОСТ 32965 Дороги автомобильные общего пользования. Методы учета интенсивности движения транспортного потока

Издание официальное

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

ГОСТ 33100 Дороги автомобильные общего пользования. Правила проектирования автомобильных дорог

ГОСТ 33133 Дороги автомобильные общего пользования. Битумы нефтяные дорожные вязкие. Технические требования

ГОСТ 33220 Дороги автомобильные общего пользования. Требования к эксплуатационному состоянию

ГОСТ Р 52056 Вяжущие полимерно-битумные дорожные на основе блоксополимеров типа стирол-бутадиен-стирол. Технические условия

Примечание — При пользовании настоящим стандартом целесообразно проверить действие ссылочных стандартов 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 стандарт, на который дана недатированная ссылка, то рекомендуется использовать действующую версию этого стандарта с учетом всех внесенных в данную версию изменений. Если заменен ссылочный стандарт, на который дана датированная ссылка, то рекомендуется использовать версию этого стандарта с указанным выше годом утверждения (принятия). Если после утверждения настоящего стандарта в ссылочный стандарт, на который дана датированная ссылка, внесено изменение, затрагивающее положение, на которое дана ссылка, то это положение рекомендуется применять без учета данного изменения. Если ссылочный стандарт 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 термины ГОСТ 33100, а также следующие термины с соответствующими определениями:

3.1 **выравнивающий слой:** Слой переменной толщины, устраиваемый между новым покрытием и слоем существующего покрытия или основания для обеспечения технологических и эксплуатационных параметров дорожного покрытия и не учитываемый в расчетах на прочность.

3.2 **дополнительные слои основания дорожной одежды:** Слои между несущим основанием и подстилающим грунтом, предусматриваемые для обеспечения требуемой морозоустойчивости и дренирования конструкции, позволяющие снижать толщину вышележащих слоев из материалов дорожной одежды.

3.3 **капитальная дорожная одежда:** Дорожная одежда, обладающая наиболее высокой работоспособностью, соответствующей условиям движения и срокам службы дорог высоких категорий.

3.4 **защитный слой покрытия дорожной одежды:** Слой, устраиваемый на поверхности верхнего слоя покрытия, предназначенный для его защиты от непосредственного воздействия колес автомобильного транспорта и/или комплекса погодно-климатических факторов и не учитывающийся при расчетах на прочность.

3.5 **коэффициент динамичности:** Коэффициент увеличения нагрузки при динамическом воздействии по сравнению со статическим.

3.6 **максимальный размер зерен минерального заполнителя асфальтобетона:** Размер зерен минерального заполнителя, который на один размер больше номинального максимального размера зерен минерального заполнителя.

3.7 **межремонтный срок проведения работ по капитальному ремонту:** Срок службы между капитальными ремонтами (периодичность проведения работ по капитальному ремонту).

3.8 **межремонтный срок проведения работ по ремонту:** Срок службы между ремонтами (периодичность проведения работ по ремонту).

3.9 **надежность дорожной одежды:** Комплексный показатель способности дорожной конструкции в целом сохранять заданные эксплуатационные характеристики (ровность, прочность, шероховатость) в течение расчетного срока службы.

3.10 **номинальный максимальный размер зерен минерального заполнителя асфальтобетона:** Размер зерен минерального заполнителя, соответствующий размеру ячейки сита, который на один размер больше размера ячейки первого сита, полный остаток минерального заполнителя на котором составляет более 10 %.

3.11 **осевая расчетная нагрузка:** Максимальная нагрузка на наиболее нагруженную ось для двухосных автомобилей или на приведенную ось для многоосных автомобилей, доля которых в составе движения с учетом перспективы изменения к концу межремонтного срока составляет не менее 5 %.

3.12 **относительная влажность грунта:** Отношение естественной влажности к влажности на границе текучести.

3.13 **прочность дорожной одежды:** Способность сопротивляться процессу развития остаточных деформаций и разрушений под воздействием касательных и нормальных напряжений, возникающих в конструктивных слоях и подстилающем грунте от расчетной нагрузки (кратковременной, многократной или длительно действующей однократной), приложенной к поверхности покрытия.

3.14 **рабочий слой земляного полотна (подстилающий грунт):** Верхняя часть земляного полотна в пределах от низа дорожной одежды до уровня, соответствующего 2/3 глубины его промерзания, но не менее 1,5 м, считая от поверхности покрытия дорожной одежды.

3.15 **расчетный период года:** Наиболее неблагоприятный по условиям увлажнения период года, в течение которого прочность дорожных конструкций достигает минимальных значений.

3.16 **слой износа:** Верхний замыкающий слой дорожной одежды, непосредственно воспринимающий воздействие колес автомобильного транспорта и погодно-климатических факторов.

4 Сокращения

АБ ТР ТС — асфальтобетоны, запроектированные на основе межгосударственных стандартов на каменные материалы, включенных в перечень стандартов, в результате применения которых на добровольной основе обеспечивается соблюдение требований технического регламента [1];

АВ — асфальтобетон для верхнего слоя покрытия;

АК — нормативная нагрузка от автотранспортных средств;

АН — асфальтобетон для нижнего слоя покрытия;

АО — асфальтобетон для верхнего слоя основания;

БНД — битум нефтяной дорожный;

ДКЗ — дорожно-климатическая зона;

ПБВ — полимерно-битумное вяжущее;

СПАС — система проектирования асфальтобетонных смесей по методологии «Superpave»;

УГВ — уровень грунтовых вод;

ЩМА — щебеночно-мастичный асфальтобетон;

ЩМА ТР ТС — щебеночно-мастичные асфальтобетоны, запроектированные на основе межгосударственных стандартов на каменные материалы, включенных в перечень стандартов, в результате применения которых на добровольной основе обеспечивается соблюдение требований технического регламента [1];

ЭООН — эквивалентная одноосная нагрузка;

PG — обозначение марки битумного вяжущего, установленное в соответствии с температурным диапазоном эксплуатации дорожного покрытия, определяемого с учетом расчетных температур;

SMA — щебеночно-мастичный асфальтобетон, запроектированный по методу объемного проектирования;

SP — асфальтобетон, запроектированный по методу объемного проектирования по методологии «СПАС».

5 Общие положения

5.1 В районах с влажным и холодным климатом на участках с неблагоприятными грунтово-гидрологическими условиями должны быть предусмотрены меры по осушению и обеспечению морозоустойчивости дорожной одежды и земляного полотна. В соответствии с грунтово-гидрологическими условиями строительства выбирают значения расчетных характеристик грунтов земляного полотна для расчета дорожных одежд на прочность.

5.2 Конструкции дорожных одежд, их общая толщина и толщина отдельных слоев, а также применяемые материалы должны обеспечивать стабильную во времени сплошность, ровность и шероховатость покрытия при воздействии расчетных транспортных нагрузок.

5.3 Запроектированные дорожные одежды должны быть не только прочными и надежными в эксплуатации, но и экономичными и наименее материалоемкими, особенно по расходу дорогостоящих материалов и энергоресурсов, а также должны соответствовать экологическим требованиям. Выбор конструкций дорожных одежд и тип покрытия обосновывают технико-экономическим анализом вариантов.

5.4 При проектировании дорожных одежд необходимо выбирать оптимальные дорожно-строительные материалы и назначать их рациональное размещение в конструкции с учетом грунтово-гидрологических условий земляного полотна.

5.5 Проектирование дорожных одежд ведется комплексно с учетом свойств земляного полотна и представляет собой единый процесс конструирования и расчета их на прочность, морозоустойчивость и осушение, а также технико-экономического обоснования вариантов.

Таким образом, проектирование дорожной одежды состоит из последовательно выполняемых этапов:

- конструирование — предварительное назначение конструкций дорожных одежд;
- расчет — проверка предварительно назначенных дорожных одежд на прочность, морозоустойчивость и осушение;
- технико-экономическое сравнение вариантов дорожных одежд, заключающееся в выборе наиболее целесообразного варианта с учетом строительных и эксплуатационных затрат до следующего капитального ремонта.

5.6 Расчеты дорожных одежд выполняют для однотипных участков дороги, имеющих:

- один тип земляного полотна (насыпь, нулевые отметки или выемка);
- схожие грунтово-гидрологические условия (один вид грунта и одна схема увлажнения рабочего слоя грунта).

5.7 Дорожные одежды по ширине проезжей части проектируют, как правило, равнопрочными, при этом следует учитывать положения 8.2.1.

5.8 При проектировании дорожных одежд для конкретных объектов или при разработке типовых конструкций дорожных одежд наряду с положениями настоящего стандарта следует учитывать данные научно-практического опыта (в том числе в части применения местных материалов, уточнения их расчетных характеристик и т. п.), отраженные в документах, утвержденных в установленном порядке.

6 Классификация дорожных одежд и видов покрытий

Классификация дорожных одежд и видов покрытий в зависимости от капитальности приведена в таблице 1.

Таблица 1 — Классификация типов дорожных одежд и видов покрытий

Тип дорожных одежд	Вид покрытий и применяемые материалы
Усовершенствованные покрытия	
Капитальный	Из асфальтобетонных смесей, в том числе щебеночно-мастичных
Облегченный	Из органоминеральных смесей
	Из щебеночных (гравийных) материалов, обработанных органическим вяжущим
Переходные покрытия	
Переходный	Из щебеночно-гравийно-песчаных смесей
	Из грунтов и малопрочных каменных материалов, укрепленных вяжущими
	Из грунтов, укрепленных различными вяжущими и местными материалами
	Из булыжного и колотого камня (мостовые)

Дорожные одежды низшего типа конструируются и рассчитываются в соответствии с нормативными документами, регламентирующими проектирование дорожных одежд с низкой интенсивностью движения.

7 Конструирование нежестких дорожных одежд

7.1 Задачи конструирования дорожных одежд

Задачами конструирования дорожных одежд являются:

- обоснование типов дорожных одежд и вида покрытия;
- назначение числа конструктивных слоев и выбор материалов для их устройства, размещение их в конструкции в такой последовательности, чтобы с учетом уменьшения по глубине напряжений от колесной нагрузки, климатических и грунтово-гидрологических условий наилучшим образом проявлялись их прочностные, деформативные и теплоизолирующие свойства;
- назначение ориентировочных толщин слоев (при расчете дорожных одежд с использованием специализированных расчетных программ — минимальных, максимальных толщин и шага перебора);
- назначение мероприятий по обеспечению морозоустойчивости дорожной конструкции с учетом дорожно-климатической зоны, типа грунта рабочего слоя земляного полотна и схемы его увлажнения на различных участках;
- назначение мероприятий по осушению дорожных одежд и снижению притока воды.

7.2 Конструирование нежестких дорожных одежд проводят, учитывая следующие факторы:

- категорию дороги;
- интенсивность и состав движения;
- дорожно-климатическую зону и подзону;
- вид грунта рабочего слоя земляного полотна;
- схему увлажнения грунта рабочего слоя земляного полотна;
- наличие и качество дорожно-строительных материалов;
- возможность стадийного усиления дорожной одежды путем устройства сверху новых слоев покрытия по мере увеличения интенсивности движения.

7.3 При конструировании нежестких дорожных одежд необходимо руководствоваться следующим:

- типы дорожных одежд, их конструкция, вид покрытия должны удовлетворять транспортно-эксплуатационным требованиям, предъявляемым к автомобильной дороге соответствующей категории, в зависимости от ожидаемого состава и интенсивности движения с учетом их изменения в течение заданных межремонтных сроков и предполагаемых условий ремонта покрытия и содержания дороги;
- конструкции дорожных одежд могут быть повторного применения (типовыми) или разрабатываться индивидуально для каждого участка или ряда участков дороги, характеризующихся сходными природными условиями (грунт рабочего слоя земляного полотна, условия его увлажнения, климат, обеспеченность местными материалами и др.) и расчетными нагрузками. При выборе конструкции для данных условий предпочтение следует отдавать проверенной на практике типовой конструкции;
- в районах, не обеспеченных стандартными каменными материалами, допускается применять местные каменные материалы, побочные продукты промышленности и грунты, свойства которых могут быть улучшены обработкой их вяжущими (цемент, битум, известь, активные золы уноса и др.). Одновременно надо стремиться к созданию наименее материалоемкой конструкции;
- конструкции дорожных одежд должны быть технологичными и обеспечивать возможность максимальной механизации и индустриализации дорожно-строительных процессов. Для достижения этой цели число слоев и видов материалов в конструкции должно быть минимальным;
- необходимо учитывать реальные условия проведения строительных работ (летняя или зимняя технология и др.).

7.4 Развитие прочности дорожной одежды должно идти за счет увеличения толщины слоев из местных материалов. Из привозных материалов следует назначать верхние слои дорожной одежды минимальной толщины.

Минимальные толщины конструктивных слоев из минеральных материалов в уплотненном состоянии принимают не менее двукратного размера наиболее крупной фракции применяемого минерального материала.

Независимо от результатов расчета на прочность дорожных одежд толщины конструктивных слоев в уплотненном состоянии следует принимать не менее приведенных в таблице 2.

Минимальные толщины конструктивных слоев из различных материалов представлены в таблице 2.

Таблица 2 — Минимальные толщины конструктивных слоев дорожных одежд

Материал покрытий и других слоев дорожных одежд	Минимальная толщина слоя, см
Асфальтобетон для верхнего слоя покрытия из смесей с номинальным максимальным размером минерального заполнителя не более 12,5 мм	4
Асфальтобетон из смесей с номинальным максимальным размером минерального заполнителя более 12,5 мм	Не менее 2,5-кратного номинального максимального размера
Щебеночные (гравийные) материалы, обработанные органическим вяжущим	8
Щебеночные (гравийные) материалы, обработанные неорганическим вяжущим	8
Щебеночные (гравийные) материалы, обработанные комплексным вяжущим	8
Щебень, обработанный органическим вяжущим по способу пропитки	8
Щебеночные и гравийные материалы, не обработанные вяжущим на песчаном основании	15
Щебеночные и гравийные материалы, не обработанные вяжущим на прочном основании (каменном или из укрепленного грунта)	8
Грунты, обработанные органическими или неорганическими вяжущими	10
Песок	20

Примечания

1 В случае применения асфальтобетонных смесей по ГОСТ 9128 и щебеночно-мастичных смесей по ГОСТ 31015 на улицах населенных пунктов минимальную толщину слоя асфальтобетона назначают не менее двукратного размера наиболее крупной фракции.

2 Минимальную толщину слоев из асфальтобетона рекомендуется округлять до 0,5 см в бóльшую сторону.

7.5 Конструирование покрытий и оснований дорожных одежд капитального и облегченного типов

7.5.1 Дорожные одежды капитального типа устраивают на автомобильных дорогах I—IV категорий, облегченного типа — на автомобильных дорогах III—V категорий.

Дорожные одежды капитального и облегченного типов с усовершенствованным покрытием проектируют с таким расчетом, чтобы за межремонтный срок не возникло недопустимых разрушений и остаточных деформаций, превышающих предельные значения, а воздействие природных факторов не приводило к недопустимым изменениям в их структуре.

На поверхности верхнего слоя покрытия для продления срока его службы и восстановления транспортно-эксплуатационных качеств могут быть устроены защитные слои покрытия дорожной одежды, периодически восстанавливаемые и выполняющие функцию слоя износа.

Толщину защитного слоя назначают в зависимости от технологии устройства и рекомендаций по применению и не учитывают в расчете на прочность.

При отсутствии слоя износа его функции выполняет верхний слой покрытия. В этом случае учитываемая при расчете дорожных одежд толщина верхнего слоя должна быть уменьшена на величину максимально допустимой поперечной неровности (колеи) по ГОСТ 33220.

Срок службы верхнего слоя асфальтобетонного покрытия может быть меньше расчетного срока службы дорожной одежды. Допускается восстановление верхнего слоя асфальтобетонного покрытия между капитальными ремонтами дорожной одежды.

При конструировании дорожных одежд необходимо учитывать, что процесс деформирования и прочностные качества материалов, содержащих органическое вяжущее, обусловливающие проявление упруго-вязко-пластических свойств композиции, существенно зависят от температуры и режима нагружения (скорости изменения и продолжительности действия нагрузки), тогда как свойства зернистых материалов (щебеночных, гравийных и подобных им), а также материалов и грунтов, укрепленных неорганическими вяжущими, сравнительно мало зависят от температуры и режима нагружения.

7.5.2 Для устройства асфальтобетонных слоев рекомендуется применять следующие материалы:

а) для верхнего слоя покрытия — АВ:

1) ЩМА ТР ТС: ЩМА-22, ЩМА-16, ЩМА-11 на ПБВ по ГОСТ Р 52056, на БНД по ГОСТ 33133 на битумном вяжущем, классифицируемом по PG;

2) SMA-19 и SMA-12,5 на битумном вяжущем, классифицируемом по PG;

3) АБ ТР ТС: А22В, А16В, А11В на ПБВ по ГОСТ Р 52056, на БНД по ГОСТ 33133 на битумном вяжущем, классифицируемом по PG;

4) асфальтобетонные смеси: SP-19, SP-12 на битумном вяжущем, классифицируемом по PG;

б) для нижнего слоя покрытия — АН:

1) АБ ТР ТС: А32Н, А22Н, А16Н на БНД по ГОСТ 33133 или на битумном вяжущем, классифицируемом по PG;

2) асфальтобетонные смеси: SP-25, SP-19 на битумном вяжущем, классифицируемом по PG.

в) для верхнего слоя основания — АО:

1) АБ ТР ТС: А32О, А22О на БНД по ГОСТ 33133 или на битумном вяжущем, классифицируемом по PG;

2) асфальтобетонные смеси: SP-37, SP-25, SP-19 на битумном вяжущем, классифицируемом по PG.

При проектировании улиц населенных пунктов в течение года с момента вступления в действие настоящего стандарта допускается применение асфальтобетонов по ГОСТ 9128 и ГОСТ 31015.

Для капитальных дорожных одежд толщину асфальтобетонного покрытия и/или основания, устраиваемого из сравнительно дорогих материалов, следует назначать близкой к минимальной конструктивной.

7.5.3 Основание из несвязных материалов должно быть, как правило, двухслойным: несущий слой основания устраивается из фракционированного щебня, уложенного по способу заклинки, щебеночной, щебеночно-, гравийно- или щебеночно-гравийно-песчаной смеси; дополнительный слой — из щебеночно-, гравийно- или щебеночно-гравийно-песчаной смеси и песков различной крупности (I и II классов по ГОСТ 32824).

7.5.4 Нижние слои основания, особенно из зернистых материалов, должны сопротивляться сдвиговым напряжениям. Во многих случаях целесообразно предусматривать их укрепление вяжущим.

При выборе материала для верхнего слоя основания необходимо учитывать капитальность (тип) дорожных одежд, вид покрытия, а также деформационные и теплофизические свойства материалов и грунтов, укрепленных органическими и неорганическими вяжущими.

На дорогах с тяжелым и/или скоростным движением несущие слои основания целесообразно устраивать преимущественно из укрепленных неорганическими или органическими вяжущими материалов.

При использовании в несущих слоях основания щебня или грунта, укрепленного цементом, толщина вышележащих слоев, укрепленных органическим вяжущим, для ограничения появления «отраженных» трещин должна быть не менее толщины слоя основания, укрепленного цементом. При этом минимальная толщина слоев, укрепленных органическими вяжущими, должна быть 18 см для дорожных одежд капитального типа и 12 см — для дорожных одежд облегченного типа.

В случаях применения материалов, обработанных комплексными и медленно твердеющими минеральными вяжущими, толщина слоев, обработанных органическими вяжущими, может быть уменьшена на 20 %, а в условиях жаркого и сухого климата (в IV и V дорожно-климатических зонах) — на 30 %.

7.5.5 Конструкции дорожных одежд в местах остановок общественного транспорта, на регулируемых пересечениях и в других местах изменения скорости или движения на пониженных скоростях должны обеспечить повышенную сдвигоустойчивость при высоких летних температурах. Для обеспечения этого требования в покрытии предусматривают применение асфальтобетонных смесей с повышенной стойкостью к колееобразованию, а в основании — асфальтобетонных смесей с номинальным максимальным размером зерен минерального заполнителя 22,4 мм и более либо каменных материалов, укрепленных цементом.

7.6 Конструирование покрытий и оснований дорожных одежд переходного типа

Одежды переходного типа следует предусматривать на дорогах IV и V категорий.

При проектировании дорожных одежд с покрытием переходного типа необходимо стремиться к тому, чтобы конструкции состояли из одного или двух слоев.

7.7 При проектировании капитального ремонта и реконструкции автомобильных дорог рекомендуется использовать материалы существующих дорожных одежд после их снятия в слоях основания вновь проектируемой конструкции.

7.8 Если крупнопористый материал укладывают непосредственно на грунт земляного полотна, то следует предусматривать прослойку, препятствующую взаимопроникновению материалов смежных слоев. В качестве материалов прослойки можно применять мелкий щебень, высевки, гравийно-песчаные смеси, крупные и средней крупности пески, непылеватые шлаки, непучинистые золошлаки, геосинтетические материалы и т.д. Защитной прослойкой может служить слой из грунта, укрепленного вяжущими.

7.9 Эффективным мероприятием по повышению стабильности земляного полотна является укрепление его верхнего слоя небольшим количеством вяжущего. Укрепление верхнего слоя земляного полотна стабилизирует его физико-механические свойства и повышает модуль упругости, уменьшает расход стандартных материалов на устройство дорожной одежды, повышает ее технико-эксплуатационные параметры.

7.10 Проектирование дорожной одежды с применением геосинтетических материалов выполняют с учетом требований нормативных документов в данной области.

8 Расчетные нагрузки

8.1 Нормативные и расчетные нагрузки

8.1.1 Расчет нежестких дорожных одежд следует выполнять на нормативную нагрузку от одного колеса нагрузки АК согласно ГОСТ 32960. Равномерно распределенную нагрузку q вдоль направления движения не учитывают.

Значения осевой нормативной нагрузки следует принимать на автомобильных дорогах:

- с капитальным типом дорожной одежды — 115 кН;
- с облегченным и переходным типами дорожной одежды — 100 кН.

Давление колеса на покрытие от нормативной нагрузки АК при расчете нежестких дорожных одежд следует считать равномерно распределенным по площади отпечатка колеса, принимаемого в форме круга.

Величину нормативного давления p следует принимать равной:

- p = 0,8 МПа — для автомобильных дорог с капитальными дорожными одеждами;
- p = 0,6 МПа — для автомобильных дорог с облегченными и переходного типа дорожными одеждами.

При расчете на кратковременную нагрузку вводят коэффициент динамичности $k_{дин}$= 1,3.

Расчетные параметры нормативных нагрузок принимаются по таблице 3.

Таблица 3 — Расчетные параметры нагрузок

Группа расчетной нагрузки	Нормативная статическая нагрузка $P_{ст}$, кН		Расчетные параметры нагрузки	
	на ось	на колесо	Давление на покрытие p, МПа	Диаметр $D_д/D_{ст}$, см
А-10	100	50,0	0,6	37/33
А-11,5	115	57,5	0,8	34/30
Примечание — В числителе приведен диаметр $D_д$ для движущегося колеса, в знаменателе $D_{ст}$ — для неподвижного колеса.				

8.1.2 В случае, когда в составе движения проектируемой дороги предусматривается регулярное обращение автомобилей с осевой нагрузкой, превышающей нормативную нагрузку АК более чем на 5 %, в количестве более 5 %, за расчетную осевую нагрузку допускается принимать максимальную нагрузку на наиболее нагруженную ось автомобиля.

В этом случае $D_{ст}$ и $D_д$, см, определяют по формулам:

$$D_{ст} = \sqrt{\frac{40P_{ст}}{\pi p}}; \quad (1)$$

$$D_{Д} = \sqrt{k_{дин}} D_{ст}, \quad (2)$$

где $P_{ст}$ — нагрузка на колесо наиболее загруженной оси, кН;

p — давление на покрытие, МПа;

$k_{дин}$ — коэффициент динамичности, равный 1,3.

8.2 Учет интенсивности движения

8.2.1 При проектировании дорожной одежды целесообразно основываться на среднесуточной интенсивности движения в обоих направлениях, определяемой как сумма интенсивностей в каждом направлении. В случаях, когда разница между интенсивностями по направлениям составляет более 10 %, расчет дорожной одежды можно выполнять для каждого направления движения отдельно с учетом фактической интенсивности движения для каждого направления.

8.2.2 При расчете дорожных одежд используют следующие характеристики, отражающие интенсивность воздействия на нее подвижной нагрузки:

- приведенное к расчетной нагрузке среднесуточное (на конец межремонтного срока проведения работ по капитальному ремонту) число проездов всех колес, расположенных по одному борту расчетного автомобиля, в пределах одной полосы проезжей части (приведенная интенсивность движения к воздействию расчетной нагрузки $N_р$);
- суммарное число приложений приведенной расчетной нагрузки к точке на поверхности покрытия за межремонтный срок проведения работ по капитальному ремонту $\Sigma N_р$.

8.2.3 Приведенную интенсивность движения к воздействию расчетной нагрузки $N_р$ на полосу движения на конец межремонтного срока проведения работ по капитальному ремонту $T_{сл}$ определяют по формуле

$$N_р = f_{пол} \sum_{i=1}^{n} N_i K_i, \quad (3)$$

где $f_{пол}$ — коэффициент распределения интенсивности движения для самой нагруженной полосы движения, зависящий от числа полос движения, принимаемый при отсутствии данных натурных наблюдений по таблице 4;

N_i — число автомобилей *i-й* марки в одном или в обоих направлениях на конец срока службы дорожных одежд, авт/сут;

K_i — коэффициент приведения воздействия на дорожную одежду транспортного средства *i-й* марки с нагрузкой на колесо P_i к расчетной нагрузке.

Таблица 4 — Значения коэффициента распределения интенсивности движения в зависимости от количества полос

Число полос движения в обоих направлениях	Коэффициент распределения интенсивности движения для самой нагруженной полосы движения $f_{пол}$
1	1,0
2	0,55
3	0,50
4	0,45
5	0,40
6 и более	0,35

На перекрестках и подходах к ним (в местах перестройки потока автомобилей для выполнения левых поворотов и др.) при расчете одежды в пределах всех полос движения следует принимать $f_{пол}$ = 0,50, если общее число полос проезжей части проектируемой дороги более трех.

Коэффициенты приведения K_i к расчетной нагрузке определяют по формуле

$$K_i = \left(\frac{P_i}{P_{ст}}\right)^{\beta}, \quad (4)$$

где P_i — нормативная статическая нагрузка на колесо i-го автомобиля, определяемая по паспортным данным;

$P_{ст}$ — нормативная статическая расчетная нагрузка на колесо;

β — показатель степени, принимаемый равным: 4,0 — для дорожных одежд капитального типа; 3,0 — для дорожных одежд облегченного и переходного типов.

8.3 Учет нагрузок от многоосных автомобилей

8.3.1 Для многоосных автомобилей и тягачей с прицепами фактическую номинальную нагрузку на колесо в формуле (4) следует умножать на коэффициент K_c, учитывающий влияние нагрузок от колес соседних осей, расположенных на расстоянии менее 2,5 м, вычисляемый по формуле

$$K_c = a - b\sqrt{B_т - c}, \quad (5)$$

где a, b, c — параметры, определяемые в зависимости от капитальности дорожной одежды и числа осей тележки по таблице 5;

$B_т$ — расстояние между крайними осями автотранспортного средства, м.

Таблица 5 — Параметры, зависящие от капитальности дорожной одежды и числа осей тележки

Тип тележки	Численное значение параметра		
	a	b	c
Двухосная	1,7 1,52	0,43 0,36	0,5 0,5
Трехосная	2,0 1,60	0,46 0,28	1,0 1,0
Примечание — В числителе даны значения для дорожных одежд капитального типа, в знаменателе — для облегченного и переходного типов.			

8.3.2 Допускается не осуществлять расчет коэффициентов приведения транспортных средств к расчетным нагрузкам А-11,5 и А-10 , а принимать их по таблице 6.

Таблица 6 — Коэффициенты приведения транспортных средств по ГОСТ 32965 к расчетным нагрузкам А-11,5 и А-10

Категория транспортного средства	Схема	Тип транспортного средства	K_i для капитального типа дорожной одежды (для нагрузки А-11,5)	K_i для облегченного и переходного типов дорожной одежды (для нагрузки А-10)
B		Легковые автомобили, небольшие грузовики (фургоны) и другие автомобили с прицепом и без него	0,01	0,02
C		Двухосные грузовые автомобили	0,60	1,11
		Трехосные грузовые автомобили	2,49	3,18

Окончание таблицы 6

Категория транспортного средства	Схема	Тип транспортного средства	K_i для капитального типа дорожной одежды (для нагрузки А-11,5)	K_i для облегченного и переходного типов дорожной одежды (для нагрузки А-10)
C		Четырехосные грузовые автомобили	3,62	4,41
		Четырехосные автопоезда (двухосный грузовой автомобиль с прицепом)	1,81	2,98
		Пятиосные автопоезда (трехосный грузовой автомобиль с прицепом)	2,15	4,03
		Трехосные седельные автопоезда (двухосный седельный тягач с полуприцепом)	2,39	3,62
		Четырехосные седельные автопоезда (двухосный седельный тягач с полуприцепом)	4,13	5,56
		Пятиосные седельные автопоезда (двухосный седельный тягач с полуприцепом)	6,48	7,42
		Пятиосные седельные автопоезда (трехосный седельный тягач с полуприцепом)	4,70	6,15
		Шестиосные седельные автопоезда	7,94	8,93
		Автомобили с семью и более осями и др.	8,47	9,94
D		Автобусы	0,75	1,46

Для осевых расчетных нагрузок, отличных от А-11,5 и А-10, а также при расчете для транспортных средств, отличных от приведенных в ГОСТ 32965, расчет коэффициентов приведения следует выполнять по формуле (4) с учетом формулы (5).

8.4 Определение суммарного числа приложений приведенной расчетной нагрузки

Суммарное число приложений приведенной расчетной нагрузки $\Sigma N_р$ к точке на поверхности покрытия за нормативный срок службы дорожных одежд определяют по формуле

$$\Sigma N_р = 0,7 N_р \frac{K_с}{q^{(T_{сл}-1)}} T_{рдг} k_п, \quad (6)$$

где $N_р$ — суммарное расчетное число приложений приведенной расчетной нагрузки на полосу движения за нормативный межремонтный срок службы проведения работ по капитальному ремонту, авт/сут;

$K_с$ — коэффициент суммирования, определяемый по следующей формуле:

$$K_с = \frac{q^{T_{сл}} - 1}{q - 1}; \quad (7)$$

q — показатель изменения интенсивности движения (знаменатель геометрической прогрессии);

$T_{сл}$ — нормативный межремонтный срок службы дорожных одежд между капитальными ремонтами (см. таблицу 8), годы;

$T_{рдг}$ — расчетное число дней в году, зависящее от района проектирования, соответствующее определенному состоянию деформируемости дорожной конструкции, определяемое по таблице 7 и рисунку 1, дни;

k_n — коэффициент, учитывающий вероятность отклонения суммарного движения от среднего ожидаемого (см. таблицу 9).

При значении показателя изменения интенсивности движения $q = 1$ коэффициент $K_с$ принимают равным $T_{сл}$.

Показатель изменения интенсивности движения q определяют по формуле

$$q = 1 + r/100, \quad (8)$$

где r — ежегодный прирост интенсивности движения, %.

Таблица 7 — Рекомендуемые значения $T_{рдг}$ в зависимости от номера района на карте

Номер района на карте	Географические границы районов	Рекомендуемое количество расчетных дней в году $T_{рдг}$
1	Зона распространения вечномерзлых грунтов севернее семидесятой параллели	70
2	Севернее линии, соединяющей Онегу, Архангельск, Мезень, Нарьян-Мар, шестидесятый меридиан, до побережья Европейской части	145
3	Севернее линии, соединяющей Смоленск, Калугу, Рязань, Саранск, сорок восьмой меридиан, до линии, соединяющей Онегу, Архангельск, Мезень, Нарьян-Мар	125
4	Севернее линии, соединяющей Белгород, Воронеж, Саратов, Самару, Оренбург, шестидесятый меридиан, до линии районов 2 и 3	135
5	Севернее линии, соединяющей Ростов-на-Дону, Элисту, Астрахань, Белгород, Воронеж, Саратов, Самару	145
6	Южнее линии Ростов-на-Дону, Элиста, Астрахань для Европейской части, южнее сорок шестой параллели — для остальных территорий	205
7	Восточная и Западная Сибирь, Дальний Восток (кроме Хабаровского и Приморского краев, Камчатской области), ограниченные с севера семидесятой параллелью, с юга — сорок шестой параллелью	130—150 (меньшие значения для центральной части)
8	Хабаровский и Приморский края, Камчатская область	140
Примечание — Значения $T_{рдг}$ на границах районов следует принимать по наибольшему из значений.		

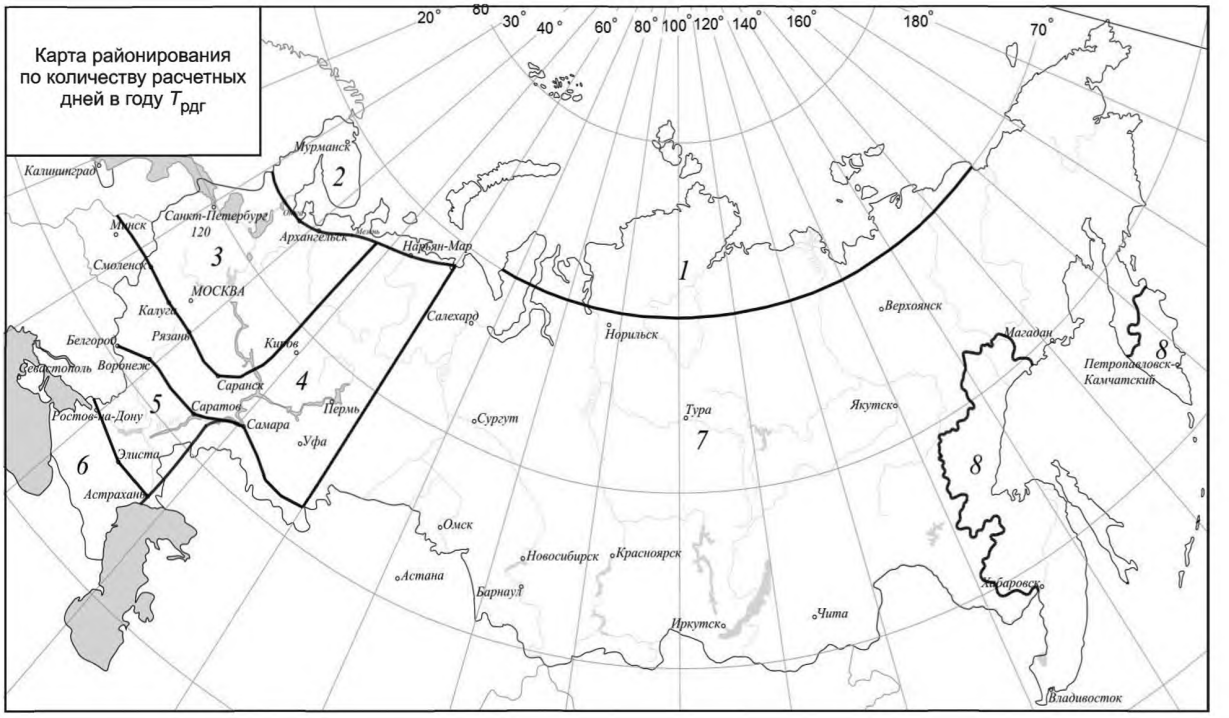


Рисунок 1 — Карта районирования по количеству расчетных дней в году $T_{рдг}$

Таблица 8 — Нормативные межремонтные сроки проведения работ по капитальному ремонту и ремонту

Категория дороги	Нормативный межремонтный срок проведения работ по капитальному ремонту $T_{сл}$	Нормативный межремонтный срок проведения работ по ремонту
I	24 года	12 лет
II	24 года	12 лет
III	24 года	12 лет
IV	24 года	12 лет
V	10 лет	5 лет

Таблица 9 — Значения коэффициента k_n

Тип дорожных одежд	Значение коэффициента k_n для категорий дорог				
	I	II	III	IV	V
Капитальный	1,49	1,49	1,38	1,31	—
Облегченный	—	—	1,32	1,26	1,06
Переходный	—	—	—	1,16	1,04

9 Расчетные характеристики грунта рабочего слоя и конструктивных слоев дорожной одежды

9.1 Характеристики грунтов и песка дренирующего слоя

9.1.1 Расчетные характеристики грунтов и песка дренирующего слоя: модуль упругости $E_{гр}$, угол внутреннего трения $\varphi_{гр}$ и удельное сцепление $c_{гр}$ назначают в следующей последовательности:

- определяют суммарное число приложений приведенной расчетной нагрузки;

- для грунтов вычисляют расчетную влажность W_p по методике, изложенной в А.1 (приложение А);
- затем устанавливают $E_{гр}$, $\varphi_{гр}$ и $c_{гр}$ грунта и песка дренирующего слоя.

9.1.2 Прочностные и деформационные характеристики грунтов определяют:

- модуль упругости $E_{гр}$ — в зависимости от расчетной влажности по таблице А.5 (приложение А);
- сдвиговые характеристики: угол внутреннего трения $\varphi_{гр}$ и удельное сцепление $c_{гр}$ — в зависимости от расчетной влажности и числа приложений приведенной нагрузки за срок службы дорожной одежды по таблице А.6 (приложение А).

9.1.3 Расчетные характеристики песка принимают:

- модуль упругости $E_{гр}$, независимо от расчетной влажности, — одинаковым во всех дорожно-климатических зонах по таблице А.7 (приложение А);
- сдвиговые характеристики: угол внутреннего трения $\varphi_{гр}$ и удельное сцепление $c_{гр}$ — в зависимости от числа приложений приведенной нагрузки за срок службы дорожной одежды по таблице А.8 (приложение А).

9.2 Расчетные характеристики материалов для оснований дорожной одежды

Расчетные характеристики материалов для оснований дорожной одежды, обработанных и не обработанных вяжущими, не зависят от погодно-климатических условий и принимаются при расчетах постоянными во всех климатических зонах при кратковременном и длительном (статическом) нагружении (см. таблицы Б.1—Б.3, приложение Б).

9.3 Расчетные характеристики асфальтобетона

9.3.1 Асфальтобетонное покрытие обладает упруго-вязко-пластическими свойствами, поэтому модули упругости асфальтобетона в значительной мере зависят от температуры, цикличности приложения нагрузки и режима нагружения, а также скорости приложения нагрузки и продолжительности ее действия. При многократном приложении нагрузки в асфальтобетоне развиваются усталостные деформации, приводящие к потере прочности на растяжение при изгибе.

9.3.2 Расчет асфальтобетонного покрытия на прочность необходимо проводить исходя из температурных условий, при которых дорожные одежды в конкретных условиях работают наиболее напряженно.

Расчет по допускаемому упругому прогибу целесообразно выполнять на умеренную весеннюю температуру воздуха, равную для всех регионов 10 °С.

К концу весны при полном оттаивании грунта рабочего слоя модуль упругости асфальтобетона уменьшается, что неблагоприятно сказывается на сопротивлении сдвигу грунта земляного полотна и промежуточных слоев одежды. Поэтому в различных дорожно-климатических зонах температуру асфальтобетона при расчете по критериям сдвигоустойчивости следует принимать: в I и II зонах — 20 °С, III — 30 °С, IV — 40 °С, V — 50 °С.

В районах сезонного промерзания дорожных конструкций, независимо от того, в какой дорожно-климатической зоне они находятся, наиболее неблагоприятные условия для работы покрытия на растяжение при изгибе наступают в начале весны при температуре покрытия, близкой к нулю.

9.3.3 Расчетные значения модулей упругости асфальтобетона зависят от характера приложения нагрузки. При длительном приложении нагрузки (более 10 мин) они значительно меньше, чем при кратковременном приложении нагрузки.

Расчетные характеристики асфальтобетона разных типов и видов, рекомендованных в 7.5.1, при расчете на подвижную нагрузку приведены в таблицах Б.4 и Б.5 (приложение Б), на статическую нагрузку — в таблице Б.6 (приложение Б).

При проектировании улиц населенных пунктов расчетные характеристики материалов допускается принимать по приложению В.

10 Расчет нежестких дорожных одежд на прочность

10.1 Основные критерии расчета нежестких дорожных одежд на прочность

10.1.1 Прочность нежестких дорожных одежд оценивается их способностью сопротивляться процессу развития остаточных деформаций и разрушений под воздействием нормальных и касательных напряжений, возникающих в конструктивных слоях и подстилающем грунте от расчетной нагрузки, приложенной к поверхности покрытия.

10.1.2 Методика оценки прочности нежестких дорожных одежд включает оценку прочности как конструкции в целом, так и напряжений, возникающих в отдельных конструктивных слоях. При расчете дорожных одежд используют решения теории упругости для слоистого пространства, лежащего на упругом основании при сцеплении слоев на границе контакта.

10.1.3 Расчет нежестких дорожных одежд на прочность выполняют по следующим критериям:

- допускаемому упругому прогибу;
- условию сдвигоустойчивости подстилающего грунта и малосвязных конструктивных слоев;
- сопротивлению монолитных слоев покрытия и промежуточных монолитных слоев основания усталостному разрушению на растяжение при изгибе.

Превышение значения одного из критериев (имеющего минимальное значение) должно быть не более 5 % при условии выполнения остальных критериев прочности.

10.1.4 Облегченные и переходные дорожные одежды, рассчитывают только по двум критериям:

- допускаемому упругому прогибу;
- условию сдвигоустойчивости подстилающего грунта и малосвязных конструктивных слоев.

10.1.5 Расчет на прочность по всем критериям можно выполнять в любой последовательности. Однако методически целесообразно при больших перспективных интенсивностях движения и низкой влажности грунтов начинать расчеты по допускаемому упругому прогибу, а при малых интенсивностях и высокой влажности грунтов — по условию сдвигоустойчивости грунта.

10.1.6 Дорожные одежды на перегонах рассчитывают на кратковременное многократное действие подвижных нагрузок, используя прочностные и деформационные характеристики материалов и грунтов при многократном приложении нагрузки длительностью 0,1 с.

Дорожные одежды на остановках и остановочных полосах, расположенных на обочинах, перекрестках, на съездах транспортных развязок и подходах к пересечениям с железнодорожными путями должны быть дополнительно проверены на однократное нагружение длительностью не менее 10 мин, используя статические значения расчетных параметров.

Для дорожных одежд укрепленных полос обочин, парковок, а также тротуаров, пешеходных улиц и площадей в городах расчет выполняют только на однократное нагружение длительностью не менее 10 мин.

Расчет на прочность на однократное нагружение выполняют по условию сдвигоустойчивости в грунте и в слабосвязных материалах.

Расчет на однократное нагружение ведется на нагрузку в соответствии с 8.1.1.

10.2 Уровни надежности и коэффициенты прочности

10.2.1 Дорожные одежды следует проектировать с уровнем надежности, под которым понимают вероятность безотказной работы в течение межремонтного срока.

Отказ нежестких дорожных одежд из-за недостаточной прочности может возникнуть в результате:

- образования необратимых деформаций на поверхности покрытия (просадок, трещин, выбоин и др.) под воздействием многократно прилагаемой нагрузки по полосам наката в связи с общей недостаточной несущей способностью дорожных одежд;
- накопления недопустимых остаточных деформаций под воздействием касательных напряжений, возникающих в конструктивных слоях и подстилающем грунте от транспортной нагрузки, с потерей ровности поверхности покрытия и соответствующего снижения скорости движения до истечения заданного срока службы конструкции;
- усталостных разрушений материала монолитных слоев конструкции под воздействием растягивающих напряжений от многократного приложения транспортной нагрузки с интенсивной потерей транспортно-эксплуатационных свойств.

Уровень надежности (коэффициент надежности) $K_н$ назначается в задании на проектирование в зависимости от категории дороги и типа дорожных одежд или принимается по таблице 10.

Таблица 10 — Уровни надежности дорожных одежд

Категория дороги	Тип дорожных одежд	Коэффициент надежности $K_н$
IA, IБ, IВ	Капитальный	0,98
II	Капитальный	0,95

Окончание таблицы 10

Категория дороги	Тип дорожных одежд	Коэффициент надежности $K_н$
III	Капитальный	0,92
	Облегченный	0,90
IV	Капитальный	0,90
	Облегченный	0,85
	Переходный	0,82
V	Облегченный	0,82
	Переходный	0,65

10.2.2 Требуемые значения коэффициентов прочности $K_{пр}^{тр}$ назначают в зависимости от типа дорожных одежд, категории дороги и критерия расчета на прочность (см. таблицу 11).

Таблица 11 — Коэффициенты прочности дорожных одежд

Тип дорожных одежд	Категория дороги	Требуемый коэффициент прочности $K_{пр}^{тр}$ по критерию	
		упругого прогиба	сдвигоустойчивости и растяжения при изгибе
Капитальный	I	1,50	1,10
	II	1,20	1,00
	III	1,17	1,00
	IV	1,15	1,00
Облегченный	III	1,15	1,00
	IV	1,06	0,94
	V	1,02	0,87
Переходный	IV	1,02	0,87
	V	0,98	0,87

Для городских улиц и дорог уровень надежности и коэффициенты прочности принимают по аналогии с автомобильными дорогами в соответствии с таблицей 12.

Таблица 12 — Соответствие городских улиц и дорог категориям автомобильных дорог общего пользования

Категория улиц и дорог	Аналог категории дороги общего пользования
Магистральные дороги скоростного движения, магистральные улицы общегородского значения непрерывного движения	I
Магистральные дороги регулируемого движения, магистральные улицы общегородского значения регулируемого движения, магистральные улицы районного значения	II
Улицы и дороги местного значения: в общественно-деловых и торговых зонах, в производственных зонах, улицы в зонах жилой застройки в крупных и крупнейших городах, основные улицы сельских поселений	III
Улицы в зонах жилой застройки, проезды, улицы и дороги сельских поселений, велосипедные дорожки, тротуары, пешеходные улицы и площади	IV

10.3 Расчет конструкции нежестких дорожных одежд по допускаемому упругому прогибу

10.3.1 Расчетом на прочность по допускаемому упругому прогибу проверяют конструкцию нежестких дорожных одежд в целом.

Конструкция дорожных одежд удовлетворяет требованиям надежности и прочности по величине упругого прогиба при условии:

$$E_{общ} \geq E_{min} K_{пр}^{тр}, \quad (9)$$

где $E_{общ}$ — общий модуль упругости на поверхности дорожной конструкции;

E_{min} — минимальный требуемый модуль упругости;

$K_{пр}^{тр}$ — требуемый коэффициент прочности, определяемый по таблице 11.

Минимальный требуемый модуль упругости с учетом ГОСТ 32960, где давление на покрытие для дорожных одежд капитального типа отличается от 0,6 МПа, определяют по формуле

$$E_{min} = \sqrt{\frac{p}{0,6}} 98,65 \left[\lg \sum N_p - c \right], \quad (10)$$

где p — расчетное давление на покрытие;

ΣN_p — суммарное расчетное число приложений приведенной расчетной нагрузки на полосу движения за нормативный межремонтный срок службы проведения работ по капитальному ремонту [см. формулу (6)];

c — эмпирический параметр, равный для расчетной нагрузки:
А-10 — 3,55; А-11,5 — 3,20.

Расчет по допускаемому упругому прогибу не проводят при нагрузке на ось 120 кН и более.

10.3.2 Независимо от результата расчета, полученного по формуле (10), требуемый минимальный модуль упругости E_{min} должен быть не менее указанного в таблице 13.

Таблица 13 — Требуемый минимальный модуль упругости нежесткой дорожной одежды

Категория дороги	Суммарное минимальное расчетное число приложений расчетной нагрузки на наиболее нагруженную полосу	Минимальный требуемый модуль упругости дорожной одежды E_{min}, МПа, в зависимости от типов дорожных одежд		
		капитальный	облегченный	переходный
I	1285000	330	—	—
II	1090000	325	—	—
III	820000	310	235	—
IV	240000	250	180	110
V	50000	—	150	75

Для определения общего модуля упругости многослойную дорожную одежду представляют в виде расчетной схемы, указанной на рисунке 2.

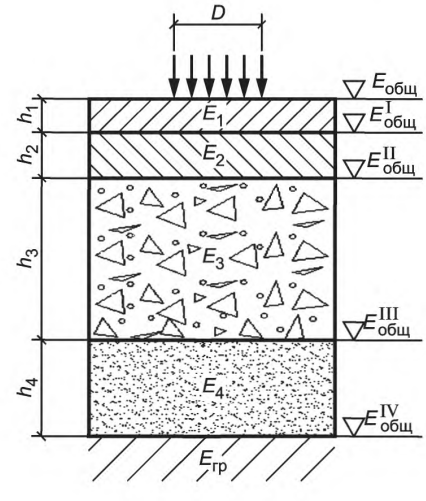


Рисунок 2 — Расчетная схема нежесткой дорожной одежды

10.3.3 Общий модуль упругости на поверхности *i*-го слоя определяют по номограмме, полученной на основе решения теории упругости для двухслойной модели (см. рисунок 3): слой конечной толщины h с модулем упругости $E_в$ лежит на упругом полупространстве (неограниченном снизу) с модулем $E_н$.

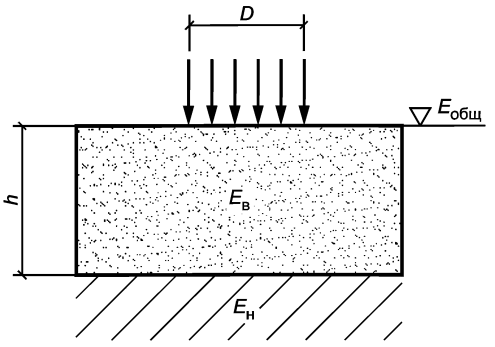


Рисунок 3 — Расчетная схема двухслойной системы

10.3.4 Расчет дорожной одежды по допустимому упругому прогибу ведут в следующей последовательности:

- назначают нормативный межремонтный срок проведения работ по капитальному ремонту (см. таблицу 8);
- определяют суммарное число приложений приведенной расчетной нагрузки $\Sigma N_р$;
- назначают уровень надежности (см. таблицу 10) и коэффициент прочности (см. таблицу 11);
- назначают предварительные толщины слоев дорожной одежды;
- принимают модули упругости конструктивных слоев основания по таблицам Б.1—Б.3, приложение Б;
- принимают модули упругости слоев асфальтобетона и других битумосодержащих материалов во всех дорожно-климатических зонах при температуре 10 °С (таблица Б.4, приложение Б);
- определяют минимальный требуемый модуль упругости по формуле (10).

Примечание — В отдельных случаях при проектировании улиц в населенных пунктах допускается принимать расчетные значения по таблице В.3 (приложение В).

Если по результатам расчета минимальный требуемый модуль упругости получится менее указанного в таблице 13, то принимают минимальный требуемый модуль упругости в зависимости от категории дороги и типа дорожной одежды по таблице 13.

10.3.5 Общий модуль упругости на поверхности дорожной одежды определяют по номограмме (см. рисунок 4). Расчет конструкции ведут сверху вниз или снизу вверх.

При расчете конструкции сверху вниз выполняют следующие действия:

- определяют общий минимальный требуемый модуль упругости $E_{общ}$ на поверхности дорожной одежды по следующей формуле

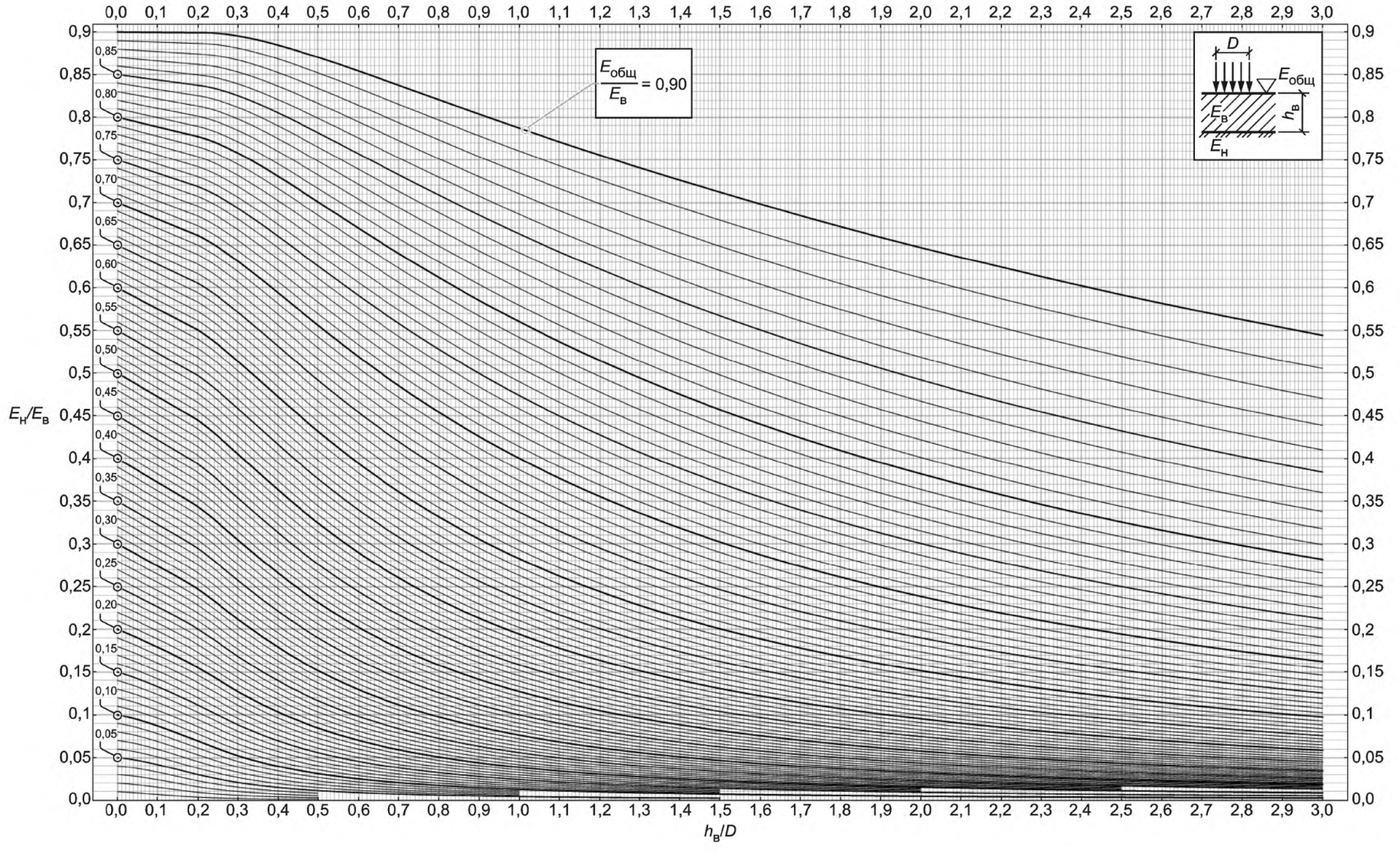
$$E_{общ} = E_{min} K_{пр}^{тр}; \quad (11)$$

- устанавливают с использованием номограммы (см. рисунок 4) по отношениям $E_{общ}/E_в$ (значение на кривой) и $h_в/D$ значение на оси абсцисс) общие модули упругости на поверхности каждого конструктивного слоя, вплоть до грунта рабочего слоя.

При известных значениях общего модуля упругости на поверхности нижнего слоя дорожной одежды и модулях нижнего слоя и грунта рабочего слоя по номограмме (см. рисунок 4) можно определить толщину нижнего слоя дорожной одежды.

При расчете конструкции снизу вверх выполняют следующие действия:

- последовательно рассматривая два слоя: верхний слой конечной толщины и нижний — полупространство по номограмме (см. рисунок 5), определяют общий модуль упругости на поверхности дорожной одежды.



Цифры на кривых — отношение $E_{общ}/E_в$

Рисунок 4 — Номограмма для определения общего модуля упругости $E_{общ}$ двухслойной системы

В этом случае номограмму (см. рисунок 4) используют следующим образом: для нижнего слоя дорожной одежды по отношению $E_{гр}/E_n$ (значение на оси ординат) и h_n/D (значение на оси абсцисс) определяют отношение $E_{общ}^{n-1}/E_n$ (значение на кривой) и вычисляют $E_{общ}^{n-1}$;

- затем расчет повторяют для следующего слоя дорожной одежды.

В конце расчета проверяют выполнение условия прочности [см. формулу (9)].

Если условие прочности не выполняется, тогда изменяют толщину одного или нескольких конструктивных слоев дорожной одежды или используют материалы с более высокими модулями упругости для одного или нескольких конструктивных слоев дорожной одежды.

10.4 Расчет конструкции нежесткой дорожной одежды по условию сдвигоустойчивости подстилающего грунта и малосвязных конструктивных слоев

10.4.1 Дорожную одежду проектируют с таким расчетом, чтобы под действием кратковременных или длительных нагрузок в подстилающем грунте или малосвязных (песчаных) слоях за весь срок службы не накапливались недопустимые остаточные деформации. Проверку выполняют для расчетного периода, связанного с весенним переувлажнением грунтов.

10.4.2 Недопустимые деформации сдвига в конструкции не будут накапливаться, если в грунте земляного полотна и в малосвязных (песчаных) слоях обеспечено условие:

$$T \le \frac{T_{пр}}{K_{пр}^{тр}}, \tag{12}$$

где T — активное напряжение сдвига от действующей кратковременной или длительной нагрузки;

$T_{пр}$ — предельное напряжение сдвига, превышение которого вызывает нарушение прочности на сдвиг;

$K_{пр}^{тр}$ — требуемый коэффициент прочности, определяемый по таблице 9.

10.4.3 Предельное напряжение сдвига $T_{пр}$ в грунте рабочего слоя (или в песчаном материале промежуточного слоя) определяют по формуле

$$T_{пр} = k_д (c_N + 0{,}1\gamma_{ср} Z \operatorname{tg} \varphi_{ст}), \tag{13}$$

где $k_д$ — коэффициент, учитывающий особенности работы конструкции на границе слоев основания и грунта рабочего слоя;

c_N — сцепление в грунте земляного полотна (или в промежуточном песчаном слое), принимаемое с учетом повторности нагрузки, МПа (см. таблицы А.6 и А.8, приложение А);

$\gamma_{ср}$ — средневзвешенная плотность конструктивных слоев, расположенных выше проверяемого слоя, приблизительно равная 0,002 кг/см^3;

Z — глубина расположения поверхности слоя, проверяемого на сдвигоустойчивость, от верха конструкции, см;

$\varphi_{ст}$ — угол внутреннего трения материала нижнего слоя при статическом действии нагрузки ($\Sigma N = 1$), градусы.

Коэффициент $k_д$ равен:

- при устройстве слоя основания из укрепленных материалов: 4,5 — при использовании в дополнительном слое основания крупного песка; 4,0 — песка средней крупности; 3,0 — мелкого песка;
- при устройстве слоя основания из неукрепленных материалов — 2,0;
- при устройстве рабочего слоя земляного полотна из связного и несвязного грунта —1,0.

Значения коэффициента $k_д$ при применении в конструкциях дорожных одежд геосинтетических материалов следует принимать по отдельному нормативному документу.

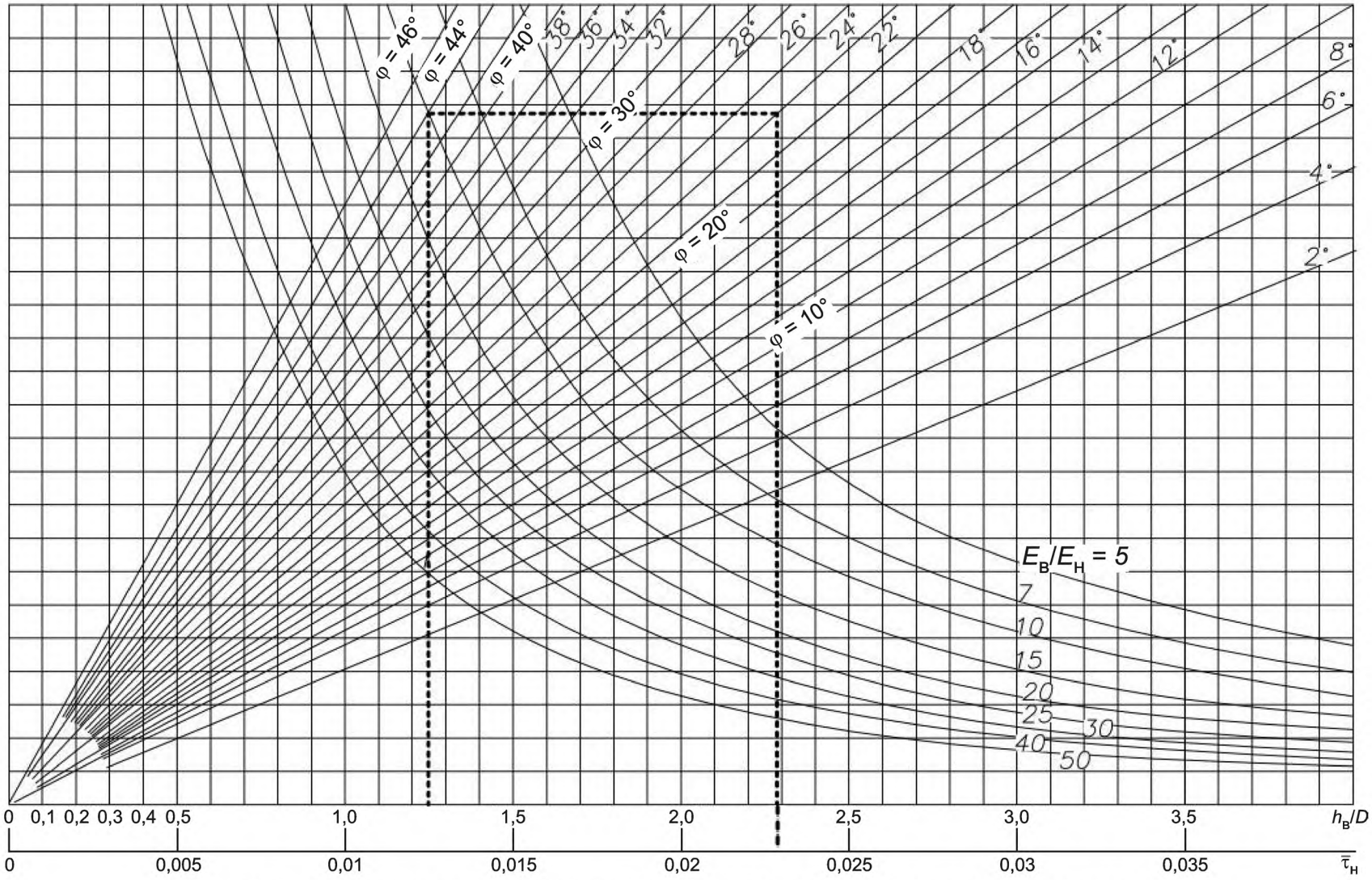
10.4.4 Активные напряжения сдвига определяют на основании решения теории упругости для двухслойной системы при наличии сцепления между слоями. Для практических расчетов используют номограммы, представленные на рисунках 5 и 6 (деталь номограммы на рисунке 6).

Действующие активные напряжения сдвига определяют по формуле

$$T = \bar{\tau}_н p, \tag{14}$$

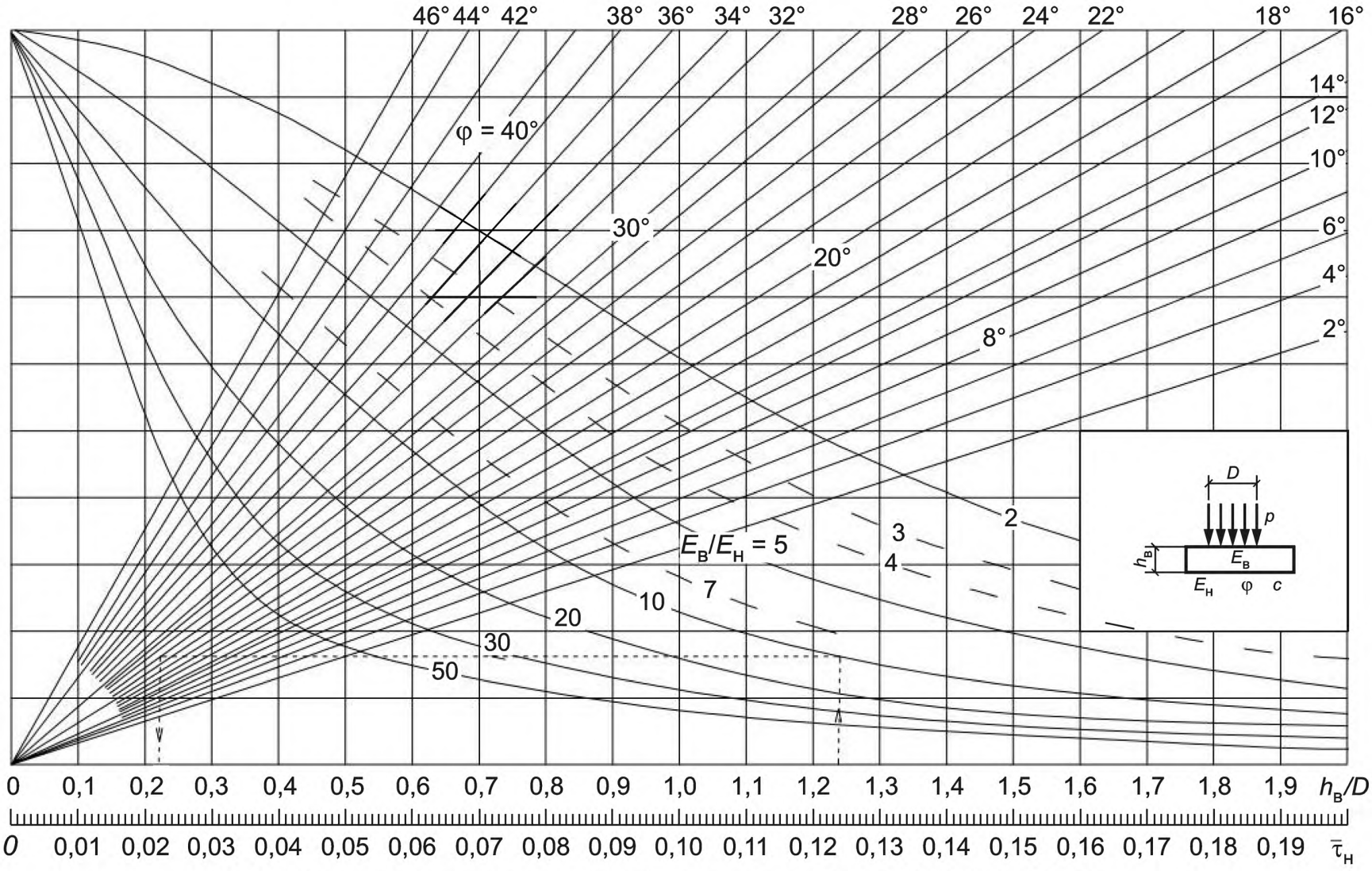
где $\bar{\tau}_н$ — удельное активное напряжение сдвига от единичной нагрузки ($p = 1$), определяемое по номограммам (см. рисунки 5 и 6), МПа;

p — расчетное давление от колеса на покрытие (см. таблицу 3), МПа.



Цифры на кривых отношения $E_в/E_н$, цифры на лучах — угол внутреннего трения нижнего слоя φ

Рисунок 5 — Номограмма для определения активного напряжения сдвига $\bar{\tau}_н$ от временной нагрузки в нижнем слое двухслойной системы (при h/D = 0 – 4,0)



Цифры на кривых — отношение $E_в/E_н$, цифры на лучах – угол внутреннего трения нижнего слоя φ

Рисунок 6 — Номограмма для определения активного напряжения сдвига от временной нагрузки в нижнем слое двухслойной системы (при h/D = 0 – 2)

10.4.5 В весенний расчетный период года наихудшие условия работы грунта на сдвиг имеют место при наибольших положительных температурах покрытия, наблюдаемых весной. Поэтому при расчете дорожных одежд по условию сдвигоустойчивости значения модуля упругости материалов, содержащих органическое вяжущее, должны соответствовать температурам: в I и II дорожно-климатической зоне — 20 °С, в III — 30 °С, в IV — 40 °С, в V — 50 °С (см. таблицу Б.4, приложение Б).

Примечание — В отдельных случаях при проектировании улиц населенных пунктов допускается принимать расчетные значения по таблице В.3 (приложение В).

10.4.6 При практических расчетах по условию сдвигоустойчивости многослойную дорожную одежду приводят к двухслойной расчетной модели.

При расчете дорожной конструкции на прочность по условию сдвигоустойчивости в грунте рабочего слоя земляного полотна в качестве нижнего полубесконечного слоя модели принимают грунт (с его характеристиками), а в качестве верхнего — всю дорожную одежду (см. рисунок 7).

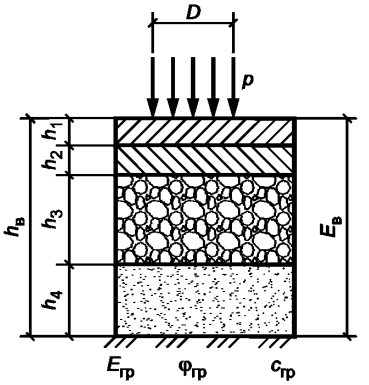


Рисунок 7 — Приведение многослойной дорожной одежды к двухслойной при расчете по условию сдвигоустойчивости в грунте

Толщину верхнего слоя дорожной одежды принимают равной сумме толщин слоев одежды по формуле

$$h_в = \sum_{i=1}^{n} h_i. \quad (15)$$

Модуль упругости многослойной дорожной одежды вычисляют как средневзвешенный по формуле

$$E_{ср} = \frac{\sum_{i=1}^{n} E_i h_i}{\sum_{i=1}^{n} h_i}, \quad (16)$$

где E_i — модуль упругости i-го слоя;

h_i — толщина i-го слоя.

10.4.7 При расчете по условию сдвигоустойчивости в песчаном подстилающем слое нижний слой двухслойной конструкции имеет параметры — удельное сцепление c и угол внутреннего трения φ, принятые для нижнего несвязного (или малосвязного) слоя дорожной одежды. Толщину верхнего слоя $h_в$ и модуль упругости верхнего слоя $E_в$ определяют по формулам (15) и (16) без учета нижнего слоя дорожной одежды.

Модуль упругости на уровне верха песчаного основания определяют по номограмме, представленной на рисунке 5.

10.4.8 Расчет дорожной одежды на кратковременные нагрузки по сдвигоустойчивости в грунте земляного полотна, а также в песчаных материалах промежуточных слоев дорожных одежд ведут в следующей последовательности:

- назначают расчетные сдвиговые характеристики: угол внутреннего трения φ и удельное сцепление c грунта земляного полотна (см. таблицу А.6, приложение А) и песка дренирующего слоя (см. таблицу А.8, приложение А);
- модули упругости грунта и материалов конструктивных слоев основания, не содержащих органического вяжущего, принимают те же, что в расчете по допускаемому упругому прогибу;
- по таблице Б.4 (приложение Б) назначают расчетные модули упругости для слоев из асфальтобетона и других битумосодержащих материалов, соответствующие расчетным температурам в весенний период (согласно 10.4.5).

Примечание — В отдельных случаях при проектировании улиц населенных пунктов допускается принимать расчетные значения по таблице В.3 (приложение В);

- определяют средневзвешенный модуль упругости слоев дорожной одежды по формуле (16);
- по рисунку 6 или 7 по отношениям $h_В/D$, $E_В/E_Н$ и при известном угле внутреннего трения нижнего слоя φ находят активные напряжения сдвига $\bar{\tau}_н$ от единичной временной нагрузки;
- по формуле (14) вычисляют активное напряжение сдвига T в грунте земляного полотна или в песчаном слое одежды;
- по формуле (13) рассчитывают предельное напряжение сдвига $T_{пр}$;
- по формуле (12) проверяют выполнение условия прочности.

Если условие прочности для одного из расчетных периодов не обеспечено, возможны следующие решения:

- увеличивают толщину одного или нескольких вышележащих слоев;
- заменяют материал одного или нескольких вышележащих слоев более жестким материалом, имеющим более высокий модуль упругости;
- заменяют или укрепляют верхнюю часть грунта рабочего слоя с целью повышения его сдвигоустойчивости;
- применяют геосинтетические материалы, выполняющие функцию армирования в слое грунта или между несвязными слоями дорожных одежд.

10.5 Расчет на длительную (статическую) нагрузку по сдвигоустойчивости в грунте земляного полотна и малосвязных (песчаных) слоях

Этот расчет является:

а) основным для:
   1) стоянок автомобилей на парковках, площадках отдыха и т.п.;
   2) тротуаров, пешеходных улиц и площадей в городах;

б) дополнительным для:
   1) остановочных полос на обочинах автомобильных дорог I категории;
   2) остановок общественного транспорта на перегонах дорог;
   3) регулируемых перекрестков автомобильных дорог между собой;
   4) регулируемых пересечений в одном уровне с железнодорожными путями;
   5) переходно-скоростных полос и съездов на пересечениях в одном и разных уровнях;
   6) пунктов взимания платы на платных автомобильных дорогах и т.п.

Расчет на длительную нагрузку выполняют в следующей последовательности:

- назначают расчетные прочностные характеристики: угол внутреннего трения $\varphi_{гр}$ и удельное сцепление грунта земляного полотна $c_{гр}$ и песка дренирующего слоя при $\sum N = 1$ соответственно по таблицам А.6 и А.8 (приложение А);
- модули упругости грунта и материалов конструктивных слоев основания принимают те же, что в расчете по упругому допускаемому прогибу;
- по таблице Б.6 (приложение Б) назначают расчетные модули упругости для слоев из асфальтобетона, соответствующие максимально возможным температурам в весенний период при длительном приложении нагрузки;
- определяют средневзвешенный модуль упругости $E_в$ слоев дорожной одежды по формуле (16);
- по рисунку 5 или 6 определяют активные напряжения сдвига $\bar{\tau}_н$ от единичной временной нагрузки при значении угла внутреннего трения $\varphi_{ст}$ грунта или песка, соответствующем длительной нагрузке ($\sum N = 1$);

- по формуле (14) вычисляют активное напряжение сдвига T в грунте земляного полотна или в песчаном слое дорожной одежды;

- по формуле (13) рассчитывают предельное напряжение сдвига $T_{пр}$ при значении удельного сцепления c, соответствующем длительной нагрузке;

- по формуле (12) проверяют выполнение условия прочности.

При необходимости вносят коррективы в конструкцию дорожной одежды.

10.6 Расчет нежесткой дорожной одежды на сопротивление монолитных слоев покрытия усталостному разрушению от растяжения при изгибе

10.6.1 В верхних монолитных слоях покрытия и основания из асфальтобетона напряжения, возникающие при прогибе одежды под действием повторных кратковременных нагрузок, не должны в течение заданного срока службы приводить к образованию трещин от усталостного разрушения.

Образование трещин от усталостного разрушения не будет происходить при условии:

$$\sigma_r < \frac{R_N}{K_{пр}^{тр}}, \quad (17)$$

где σ_r — наибольшее растягивающее напряжение в монолитном слое, устанавливаемое расчетом;

R_N — предельное напряжение на растяжение при изгибе с учетом усталостных явлений;

$K_{пр}^{тр}$ — требуемый коэффициент прочности, определяемый по таблице 11.

Предельное напряжение на растяжение при изгибе с учетом усталостных явлений R_N определяют по формуле

$$R_N = R_0 k_1 k_2 (1 - V_R t), \quad (18)$$

где R_0 — нормативное значение предельного сопротивления растяжению при изгибе (см. таблицу Б.5, приложение Б).

Примечание — В отдельных случаях при проектировании улиц населенных пунктов допускается принимать расчетные значения по таблице В.4 (приложение В);

k_1 — коэффициент, учитывающий снижение прочности вследствие усталостных явлений при многократном приложении нагрузки;

k_2 — коэффициент, учитывающий снижение прочности во времени от воздействия природно-климатических факторов (см. таблицу 14);

V_R — коэффициент вариации прочности асфальтобетона на растяжение при изгибе, равный 0,1;

t — коэффициент нормированного отклонения (см. таблицу А.4, приложение А).

Таблица 14 — Значения коэффициента k_2, учитывающего снижение прочности во времени от воздействия природно-климатических факторов

Материал расчетного слоя		Значения коэффициента k_2
ЩМА и SMA		0,95
АБ ТР ТС	АВ	0,95
	АН	0,90
	АО	0,80
SP	АВ	0,95
	АН	0,90
	АО	0,80
Примечание — В отдельных случаях при проектировании улиц населенных пунктов допускается принимать значение коэффициента k_2 по таблице В.1 (приложение В).		

Коэффициент k_1, учитывающий снижение прочности вследствие усталостных явлений при многократном приложении нагрузки, определяют по формуле

$$k_1 = \frac{\alpha}{\sqrt[m]{\Sigma N_p}}, \quad (19)$$

где α — коэффициент, учитывающий различие в реальном и лабораторном режимах растяжения (см. таблицу Б.5, приложение Б);

m — показатель степени, зависящий от свойств материала рассчитываемого монолитного слоя (см. таблица Б.5, приложение Б);

ΣN_p — суммарное расчетное число приложений приведенной расчетной нагрузки на полосу движения. При применении в дорожной одежде трех и более слоев асфальтобетона (устройстве слоя основания из асфальтобетона) ΣN_p рассчитывается на нормативный межремонтный срок службы проведения работ по капитальному ремонту, при применении одного или двух слоев асфальтобетона — на нормативный межремонтный срок проведения работ по ремонту (таблица 8).

10.6.2 Наибольшее растягивающее напряжение в монолитном слое σ_r возникает в нижней зоне нижнего слоя. Для его определения реальную конструкцию приводят к двухслойной модели с модулем $E_{\text{общ. осн}}$ (см. рисунок 8).

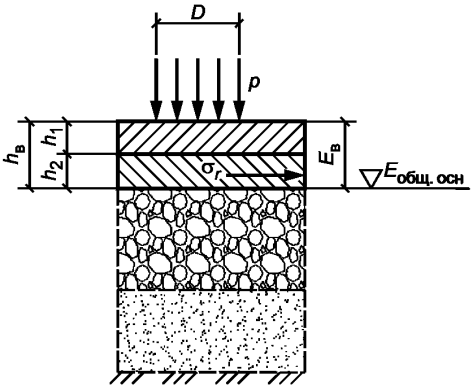


Рисунок 8 — Двухслойная модель для определения растягивающих напряжений в слоях асфальтобетона

К верхнему слою модели относят все монолитные слои (асфальтобетон и другие битумосодержащие материалы), воспринимающие растягивающие напряжения. Толщину верхнего слоя модели $h_в$ принимают равной сумме толщин, входящих в пакет асфальтобетонных слоев по формуле (15), а значение модуля упругости устанавливают как средневзвешенное для всего пакета монолитных слоев по формуле (16).

Нижним (полубесконечным) слоем модели служит часть конструкции, расположенная ниже пакета монолитных слоев, включая грунт рабочего слоя земляного полотна.

Модули упругости монолитных слоев принимают по таблице Б.5 (приложение Б).

Примечание — В отдельных случаях при проектировании улиц населенных пунктов допускается принимать значение модулей упругости монолитных слоев по таблице В.4 (приложение В).

Модуль упругости нижнего слоя модели $E_{\text{общ. осн}}$ определяют путем приведения слоистой системы к эквивалентной по жесткости с использованием номограммы (см. рисунок 5).

10.6.3 Растягивающее напряжение при изгибе в монолитном слое от единичной нагрузки $\overline{\sigma_r}$ при давлении на покрытие p = 1 МПа определяют с использованием номограммы (см. рисунок 9).

Наибольшее растягивающее напряжение σ_r определяют по формуле

$$\sigma_r = \overline{\sigma_r} p k_в, \quad (20)$$

где $\overline{\sigma_r}$ — растягивающее напряжение от единичной нагрузки, определяемое по номограмме (см. рисунок 10);

p — расчетное давление на покрытие (см. таблицу 3), МПа;

$k_в$ — коэффициент, учитывающий особенности напряженного состояния покрытия, равный 0,85 для спаренного баллона автомобиля и 1,0 — для однобаллонного колеса.

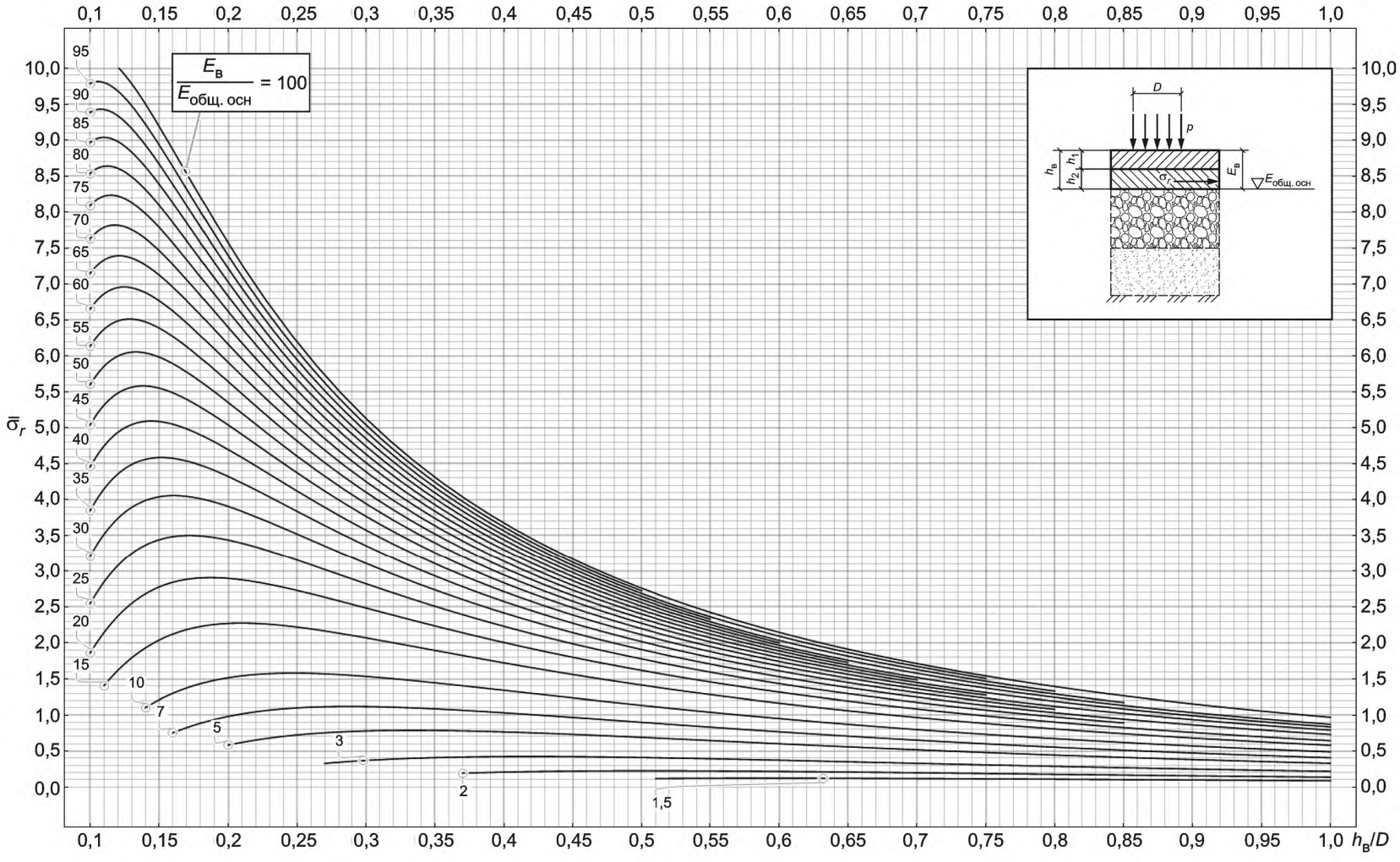


Рисунок 9 — Номограмма для определения растягивающего напряжения $\bar{\sigma}_r$
при изгибе от единичной нагрузки в верхнем монолитном слое двухслойной системы

10.6.4 Расчет монолитных слоев по усталостному разрушению от растяжения при изгибе выполняют в следующей последовательности:

- определяют общий модуль упругости основания $E_{общ.осн}$ на уровне подошвы пакета из монолитных слоев, выполняя расчет по номограмме (см. рисунок 5) снизу вверх;
- приводят конструкцию к двухслойной модели и по отношениям $\Sigma h_в/D$ и $E_в/E_{общ.осн}$ по номограмме (см. рисунок 9) находят растягивающее напряжение от единичной нагрузки $\overline{\sigma_r}$;
- по формуле (20) вычисляют наибольшее растягивающее напряжение σ_r;
- рассчитывают предельное напряжение на растяжение при изгибе с учетом усталостных явлений R_N по формуле (18) для материала нижнего слоя;
- проверяют выполнение условия прочности по формуле (17) и при необходимости вносят изменения в конструкцию дорожной одежды: увеличивают толщину слоев асфальтобетона или применяют материалы с более высокими расчетными модулями упругости.

10.7 Расчет монолитных оснований (полужестких) на изгиб

10.7.1 В монолитных промежуточных слоях основания, укрепленных неорганическими или комплексными вяжущими, растягивающие напряжения при изгибе могут превысить прочность материала на изгиб.

Конструкция дорожных одежд удовлетворяет требованиям прочности на изгиб при условии :

$$\sigma_r < \frac{R_{пр}}{K_{пр}^{тр}}, \tag{21}$$

где σ_r — наибольшее растягивающее напряжение в монолитном слое основания, определяемое по формуле (20);

$R_{пр}$ — предельное напряжение на растяжение при изгибе с учетом усталостных явлений материалов, укрепленных неорганическими или комплексными вяжущими, определяемое по формуле (22).

$K_{пр}^{тр}$ — требуемый коэффициент прочности, определяемый по таблице 11.

Предельное напряжение на растяжение при изгибе с учетом усталостных явлений материалов определяется по формуле

$$R_{пр} = R_{укр}K_у, \tag{22}$$

где $R_{укр}$ — предельное напряжение на растяжение при изгибе (см. таблицу Б.1, приложение Б);

$K_у$ — коэффициент усталости, учитывающий снижение прочности материалов, укрепленных неорганическими и комплексными вяжущими, при многократном приложении нагрузки, определяемый по формуле

$$K_у = 1{,}525N_р^{-0{,}0673}. \tag{23}$$

10.7.2 Растягивающее напряжение при изгибе от единичной нагрузки $\overline{\ }$ при давлении на покрытие p = 1 МПа в промежуточном монолитном слое определяют по номограмме (см. рисунок 10).

10.7.3 Многослойную конструкцию предварительно следует привести к трехслойной, где средним будет рассчитываемый монолитный слой толщиной h_2 с модулем упругости E_2 (см. рисунок 10).

Расчетные модули упругости слоев из асфальтобетона следует принимать в зависимости от дорожно-климатической зоны при температуре, соответствующей расчету дорожных одежд по критерию сдвигоустойчивости (см. 10.4.5).

10.7.4 Промежуточные монолитные слои на изгиб целесообразно рассчитывать в следующей последовательности:

- определяют средневзвешенный модуль упругости конструктивных слоев, лежащих выше рассчитываемого монолитного слоя E_1 по формуле (16);
- слои, подстилающие монолитный слой, приводят к эквивалентному по жесткости однородному полупространству с модулем упругости E_3, который можно получить путем последовательного вычисления общих модулей каждой пары смежных слоев по номограмме (см. рисунок 4);
- по номограмме (см. рисунок 10) находят растягивающее напряжение $\overline{\sigma_r}$ в рассчитываемом слое от единичной нагрузки, действующей на поверхности покрытия.

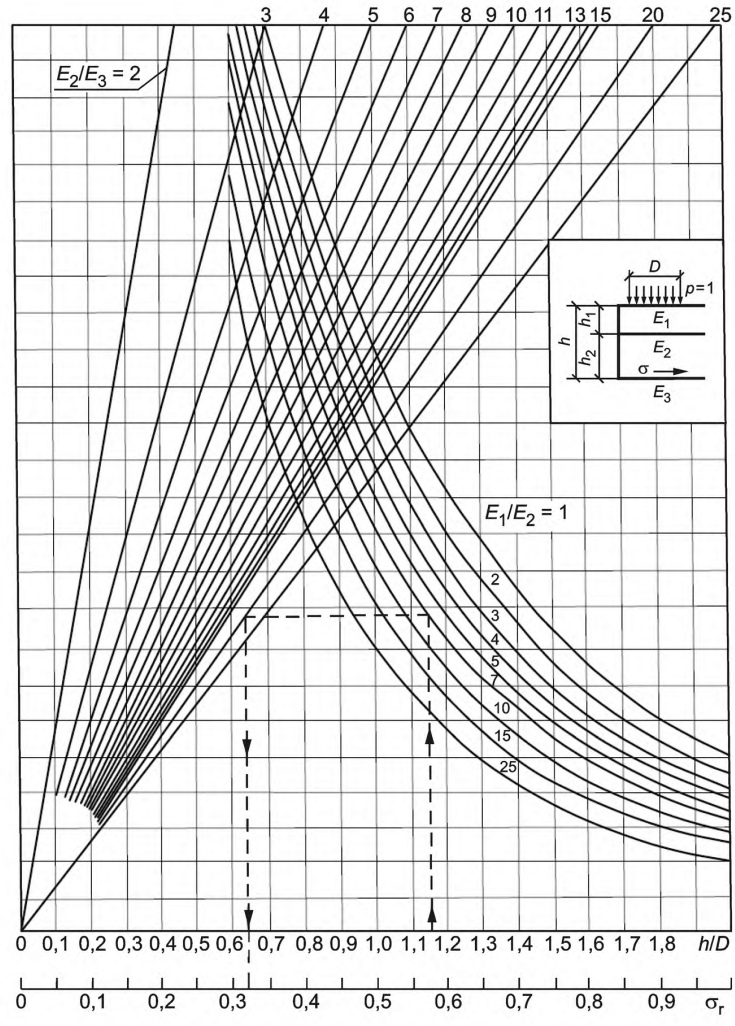


Рисунок 10 — Номограмма для определения растягивающего напряжения $\overline{\sigma_r}$ в промежуточном монолитном слое дорожной одежды

Номограммой (см. рисунок 10) пользуются следующим образом: при отношении $h/D \geq 0,6$ из точки на верхней горизонтальной оси, соответствующей отношению h/D, следует провести вертикаль до кривой с известным отношением E_1/E_2, а из точки пересечения провести горизонтальную прямую до луча, соответствующего отношению E_2/E_3, откуда опустить вертикаль на нижнюю горизонтальную ось, где найти значение растягивающего напряжения $\overline{\sigma_r}$ при давлении $p = 1$ МПа (см. пунктирные линии на рисунке 10); при отношении $h/D < 0,6$ из точки на верхней горизонтальной оси, соответствующей отношению h/D, следует провести вертикаль до луча с известным отношением E_2/E_3, а из точки пересечения провести горизонтальную прямую до кривой, соответствующей отношению E_1/E_2, откуда опустить вертикаль на нижнюю горизонтальную ось, где найти значение растягивающего напряжения $\overline{\sigma_r}$ при давлении $p = 1$ МПа;

- расчетное значение наибольшего растягивающего напряжения в монолитном слое основания σ_r находят по формуле (20) при коэффициенте $k_в$, учитывающем особенности напряженного состояния покрытия, равном 1,0;

- определяют предельное напряжение на растяжение при изгибе материалов, укрепленных неорганическими или комплексными вяжущими $R_{пр}$ по формуле (22);

- проверяют выполнение условия прочности по формуле (21) и при необходимости вносят изменения в конструкцию дорожных одежд.

11 Проверка дорожной конструкции на морозоустойчивость

11.1 В районах сезонного промерзания грунтов на участках дорог, находящихся в неблагоприятных грунтово-гидрологических условиях, наряду с требуемой прочностью должна быть обеспечена достаточная морозоустойчивость дорожных одежд и земляного полотна.

11.2 Конструкция удовлетворяет требованиям по морозоустойчивости при соблюдении условия:

$$I_{пуч} < I_{доп}, \quad (24)$$

где $I_{пуч}$ — расчетное (ожидаемое) морозное пучение грунта земляного полотна;

$I_{доп}$ — допустимая величина морозного пучения (таблица 15).

Таблица 15 — Допустимая величина морозного пучения

Тип дорожных одежд	Вид покрытия	Допустимая величина морозного пучения $I_{доп}$, см
Капитальный	Асфальтобетонное	4
Облегченный	Все виды	6
Переходный	Все виды	10
Примечание — В восточных районах II и III дорожно-климатических зон значения $I_{доп}$ следует увеличивать в пределах от 20 % до 40 % (бóльшие значения для дорожных одежд облегченного и переходного типов).		

11.3 Не требуется специальных мер по защите дорожных одежд от морозного пучения в следующих случаях:

- в районах с глубиной промерзания менее 0,6 м;

- при земляном полотне, сложенном на всю глубину промерзания из непучинистых или слабопучинистых грунтов (см. таблицу 16);

- в случаях, когда общая толщина дорожной одежды превышает 2/3 глубины промерзания дорожной конструкции.

Таблица 16 — Группы грунтов по степени пучинистости

Грунт	Степень пучинистости	Группа по степени пучинистости
Гравелистый и крупный песок, песок средней крупности с содержанием частиц мельче 0,05 мм до 2 %	Непучинистый	I
Гравелистый и крупный песок, песок средней крупности с содержанием частиц мельче 0,05 мм от 2 % до 15 %, мелкий с содержанием частиц мельче 0,05 мм до 5 %, легкая крупная супесь	Слабопучинистый	II
Мелкий песок с содержанием частиц мельче 0,05 мм до 8 %, легкая супесь, легкий и тяжелый суглинок, глина	Среднепучинистый	III
Мелкий песок с содержанием частиц мельче 0,05 мм до 15 %, пылеватая супесь, тяжелый пылеватый суглинок	Сильнопучинистый	IV
Пылеватый песок, тяжелая пылеватая супесь, легкий пылеватый суглинок	Чрезмернопучинистый	V
Примечание — Разновидности грунтов приняты по ГОСТ 33063.		

11.4 Основные мероприятия, способствующие обеспечению требуемой морозоустойчивости дорожной одежды и земляного полотна:

- использование непучинистых или слабопучинистых грунтов для сооружения верхней части земляного полотна, находящегося в зоне промерзания;
- обеспечение достаточного возвышения покрытия над уровнем грунтовых или поверхностных вод (см. таблицу 17), устройство дренажа для увеличения расстояния от низа дорожной одежды до уровня подземных вод, гидроизолирующих или капилляропрерывающих прослоек и других мероприятий;
- укладки теплоизолирующих слоев, снижающих глубину промерзания грунта под дорожными одеждами или полностью исключающих его;
- использование в нижних слоях дорожных одежд укрепленных материалов и грунтов.

Таблица 17 — Возвышение поверхности покрытия над уровнем грунтовых или поверхностных вод

Грунт рабочего слоя	Наименьшее возвышение поверхности покрытия в пределах дорожно-климатических зон, м			
	II	III	IV	V
Мелкий песок, легкая крупная супесь, легкая супесь	1,1 0,9	0,9 0,7	0,75 0,55	0,5 0,3
Пылеватый песок, пылеватая супесь	1,5 1,2	1,2 1,0	1,1 0,8	0,8 0,5
Легкий суглинок, тяжелый суглинок, глины	2,2 1,6	1,8 1,4	1,5 1,1	1,1 0,8
Тяжелая пылеватая супесь, легкий пылеватый суглинок, тяжелый пылеватый суглинок	2,4 1,8	2,1 1,5	1,8 1,3	1,2 0,8
Примечание — В числителе — возвышение поверхности покрытия над уровнем грунтовых вод, верховодки или длительно (более 30 сут) стоящих поверхностных вод, в знаменателе — то же над поверхностью земли на участках с необеспеченным поверхностным стоком или над уровнем кратковременно (менее 30 сут) стоящих поверхностных вод.				

Схему увлажнения грунта рабочего слоя земляного полотна определяют по таблице 18.

Таблица 18 — Расчетные схемы увлажнения грунта рабочего слоя

Расчетная схема увлажнения грунта рабочего слоя	Источник увлажнения	Условия отнесения к данной расчетной схеме увлажнения
1	Атмосферные осадки	Для насыпей на участках 1-го типа местности по условиям увлажнения. Для насыпей на участках местности 2-го и 3-го типов по условиям увлажнения при возвышении поверхности покрытия над расчетным уровнем грунтовых и поверхностных вод или над поверхностью земли, более чем в 1,5 раза превышающем требования таблицы 17. Для насыпей на участках 2-го типа при расстоянии от уреза поверхностной воды (отсутствующей не менее 2/3 летнего периода) более 5—10 м при супесях; 2—5 м при легких пылеватых суглинках и 2 м при тяжелых пылеватых суглинках и глинах (меньшие значения принимают для грунтов с бóльшим числом пластичности; при залегании различных грунтов следует принимать наибольшее значение). В выемках в песчаных и глинистых грунтах при уклонах кюветов более 20 % (в дорожно-климатических зонах I, II и III) и при возвышении поверхности покрытия над расчетным уровнем грунтовых вод, более чем в 1,5 раза превышающем требования таблицы 17. При применении специальных методов регулирования водно-теплового режима (капилляропрерывающие, гидроизолирующие, теплоизолирующие и армирующие прослойки, дренаж и т.п.), назначаемых по специальным расчетам

Окончание таблицы 18

Расчетная схема увлажнения грунта рабочего слоя	Источник увлажнения	Условия отнесения к данной расчетной схеме увлажнения
2	Кратковременно стоящие (до 30 сут) поверхностные воды, атмосферные осадки	Для насыпей на участках 2-го типа местности по условиям увлажнения при возвышении поверхности покрытия не менее требуемого по таблице 16 и не более чем в 1,5 раза превышающего эти требования и при крутизне откосов не менее 1:1,5 и простом (без берм) поперечном профиле насыпи. Для насыпей на участках 3-го типа местности при применении специальных мероприятий по защите от грунтовых вод (капилляропрерывающие и гидроизолирующие слои, дренаж), назначаемых по специальным расчетам, при отсутствии длительно (более 30 сут) стоящих поверхностных вод и выполнении условий, указанных в предыдущем абзаце. В выемках в песчаных и глинистых грунтах при уклонах кюветов менее 20 % (I и II ДКЗ) и возвышении поверхности покрытия над расчетным уровнем грунтовых вод, более чем в 1,5 раза превышающем требования таблицы 17
3	Грунтовые или длительно (более 30 сут) стоящие поверхностные воды, атмосферные осадки	Для насыпей на участках 3-го типа местности по условиям увлажнения при возвышении поверхности покрытия, отвечающем требованиям таблицы 17, но не превышающем их более чем в 1,5 раза. То же для выемок, в основании которых имеется уровень грунтовых вод, расположение которого по глубине не превышает требования таблицы 17 более чем в 1,5 раза

Оптимальное решение нужно принимать на основании технико-экономического сравнения вариантов применяемых мероприятий по обеспечению требуемой морозоустойчивости дорожной одежды и земляного полотна.

11.5 Дорожные одежды рассчитывают на морозоустойчивость для характерных участков дороги, сходных по грунтово-гидрологическим условиям, подстилаемых одинаковыми грунтами, имеющими одну и ту же конструкцию земляного полотна (насыпь, нулевые отметки или выемка).

11.6 Требуемую по критерию морозоустойчивости толщину дорожных одежд определяют по номограммам (см. рисунок 11), предварительно определив ординату $I_{\text{пуч. ср}}$ — величину морозного пучения при осредненных условиях по формуле

$$I_{\text{пуч. ср}} = I_{\text{доп}}/K_{\text{угв}}K_{\text{пл}}K_{\text{гр}}K_{\text{нагр}}K_{\text{вл}}, \quad (25)$$

где $K_{\text{угв}}$ — коэффициент, учитывающий влияние расчетной глубины залегания уровня грунтовых или длительно стоящих поверхностных вод (см. рисунок 12);

$K_{\text{пл}}$ — коэффициент, зависящий от степени уплотнения грунта рабочего слоя (см. таблицу 19);

$K_{\text{гр}}$ — коэффициент, учитывающий влияние гранулометрического состава грунта основания насыпи, принимаемый для песков — 1,0; супесей — 1,1; суглинков — 1,3; глин — 1,5;

$K_{\text{нагр}}$ — коэффициент, учитывающий влияние нагрузки от собственного веса вышележащей конструкции на грунт в промерзающем слое (см. рисунок 13);

$K_{\text{вл}}$ — коэффициент, зависящий от относительной влажности грунта (см. таблицу 20).

Таблица 19 — Коэффициент $K_{\text{пл}}$, зависящий от степени уплотнения грунта рабочего слоя

Коэффициент уплотнения $K_{\text{упл}}$	$K_{\text{пл}}$ для грунта	
	пылеватого песка, легкой супеси, пылеватой супеси, тяжелой пылеватой супеси, легкого и тяжелого суглинка, легкого и тяжелого пылеватого суглинка, глины	легкой крупной супеси, песка
1,03—1,00	0,8	1,0
1,01—0,98	1,0	1,0

Окончание таблицы 19

Коэффициент уплотнения $K_{упл}$	$K_{пл}$ для грунта	
	пылеватого песка, легкой супеси, пылеватой супеси, тяжелой пылеватой супеси, легкого и тяжелого суглинка, легкого и тяжелого пылеватого суглинка, глины	легкой крупной супеси, песка
0,97—0,95	1,2	1,1
0,94—0,90	1,3	1,2
Св. 0,90	1,5	1,3

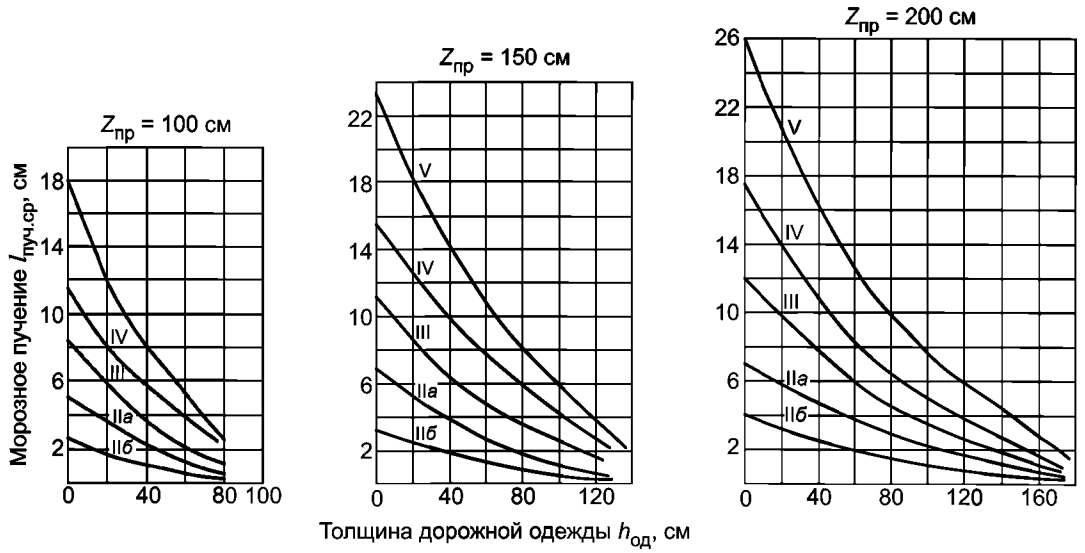
Таблица 20 — Коэффициент $K_{вл}$, зависящий от относительной влажности грунта $W/W_т$

Относительная влажность грунта $W/W_т$	0,6 и менее	0,7	0,8	0,9
$K_{вл}$	1,0	1,1	1,2	1,3

11.7 Для существующей дорожной конструкции расчетное (ожидаемое) морозное пучение грунта земляного полотна $I_{пуч}$ определяют по формуле

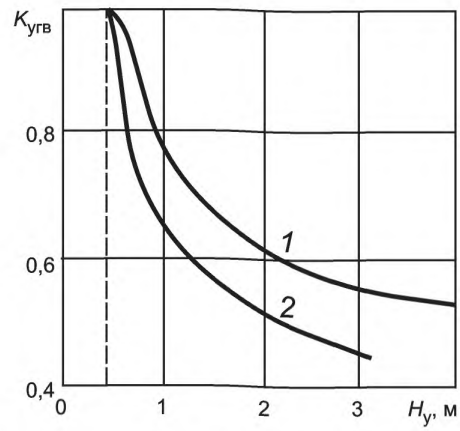
$$I_{пуч} = I_{пуч.ср} K_{угв} R_{пл} K_{гр} K_{нагр} K_{вл}. \quad (26)$$

Если $I_{пуч} > I_{доп}$, то морозоустойчивость дорожной конструкции не обеспечена и требуется разработка мероприятия по уменьшению величины пучения (увеличение толщины дорожной одежды, замена грунта рабочего слоя на непучинистый грунт или другое мероприятие) при капитальном ремонте или реконструкции автомобильной дороги.



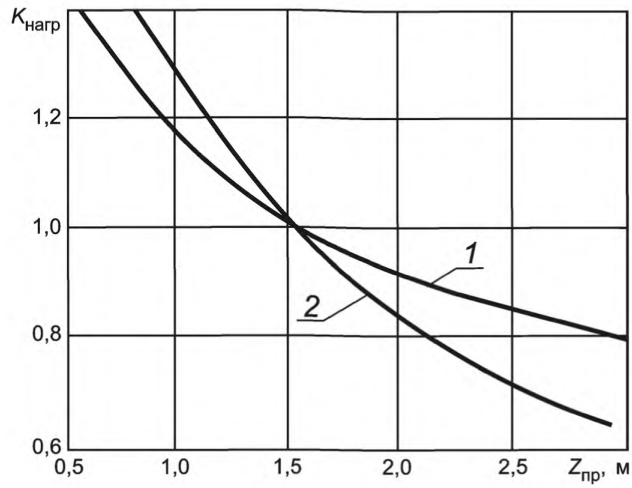
Цифры на кривых — группа грунта по степени пучинистости.
Для грунта II группы по степени пучинистости кривую IIа выбирают при 2-й и 3-й схемах увлажнения грунта рабочего слоя, кривую IIб — при 1-й схеме увлажнения грунта рабочего слоя

Рисунок 11 — Графики для определения требуемой толщины дорожной одежды по критерию морозоустойчивости в зависимости от глубины промерзания $Z_{пр}$



1 — пылеватая супесь, тяжелая пылеватая супесь, легкий и тяжелый суглинок, легкий и тяжелый пылеватый суглинок, глина; *2* — песок, легкая крупная супесь, легкая супесь

Рисунок 12 — Зависимость коэффициента $K_{угв}$ от расстояния от низа дорожной одежды до расчетного УГВ или УПВ



1 — пылеватая супесь, тяжелая пылеватая супесь, легкий и тяжелый суглинок, легкий и тяжелый пылеватый суглинок, глина; *2* — песок, легкая крупная супесь, легкая супесь

Рисунок 13 — Зависимость коэффициента $K_{нагр}$ от глубины промерзания $Z_{пр}$ от поверхности покрытия

11.8 Глубину промерзания дорожной конструкции $Z_{пр}$ допускается определять по формуле

$$Z_{пр} = 1{,}38Z_{пр.\,ср}, \quad (27)$$

где $Z_{пр.\,ср}$ — средняя глубина промерзания для данного района, устанавливаемая с использованием карт изолиний (см. рисунок 14).

11.9 При глубине промерзания дорожной конструкции $Z_{пр}$ до 2,0 м величину морозного пучения при осредненных условиях $I_{пуч.ср}$ устанавливают по графикам на рисунке 12, а при глубине промерзания дорожной конструкции $Z_{пр}$ от 2,0 до 3,0 м — по формуле

$$I_{пуч.ср} = I_{пуч.ср\,2,0}[a + b(Z_{пр} - c)], \quad (28)$$

где $I_{пуч.ср\,2,0}$ — величина морозного пучения при глубине промерзания дорожной конструкции $Z_{пр}$, равной 2,0 м;

a, b, c — коэффициенты, которые при глубине промерзания дорожной конструкции $Z_{пр}$ от 2,0 до 2,5 м равны 1,0; 0,16 и 2,0 соответственно, а при глубине промерзания дорожной конструкции $Z_{пр}$ от 2,5 до 3,0 м равны 1,08; 0,08 и 2,5 соответственно.

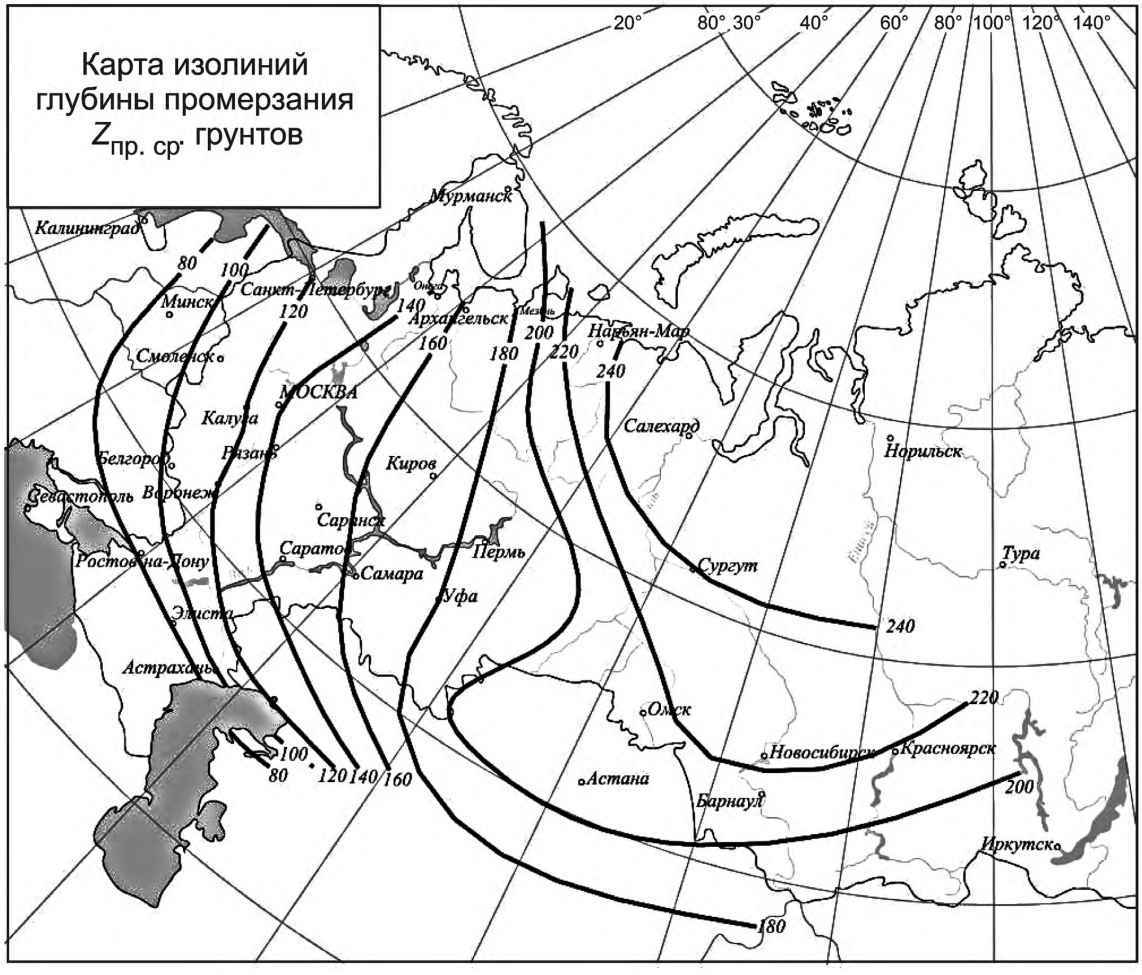


Рисунок 14 — Карта изолиний средней глубины промерзания $Z_{пр.ср}$ грунтов

11.10 Расчет дорожной одежды на морозоустойчивость с применением теплоизолирующих материалов выполняют по методикам, приведенным в соответствующих нормативных документах.

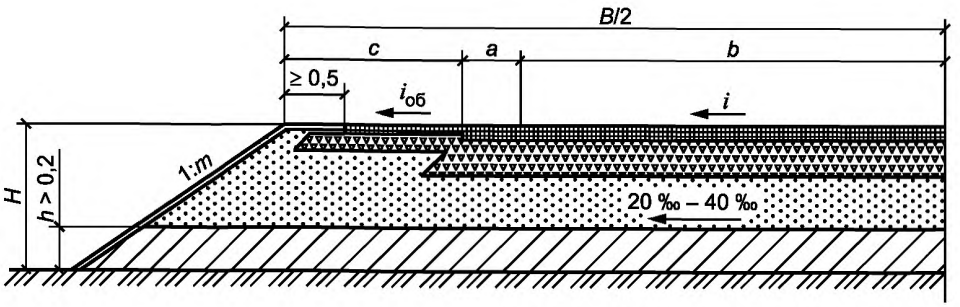
12 Осушение дорожных одежд и грунта рабочего слоя

12.1 Дренирующий слой в традиционных конструкциях дорожных одежд со слоями из зернистых материалов на земляном полотне из глинистых и песчаных пылеватых грунтов необходим:

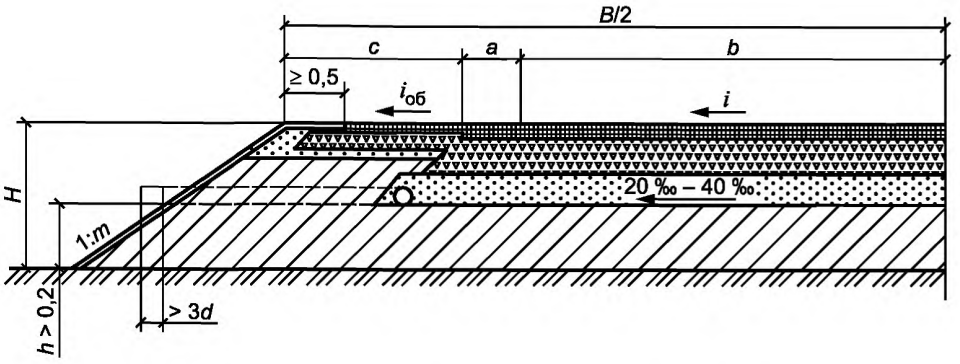
- во II и III ДКЗ — для всех схем увлажнения грунта рабочего слоя;
- в IV и V ДКЗ — для третьей схемы увлажнения грунта рабочего слоя.

12.2 Возможны следующие конструктивные решения устройства дренирующего слоя на автомобильных дорогах (см. рисунок 15):

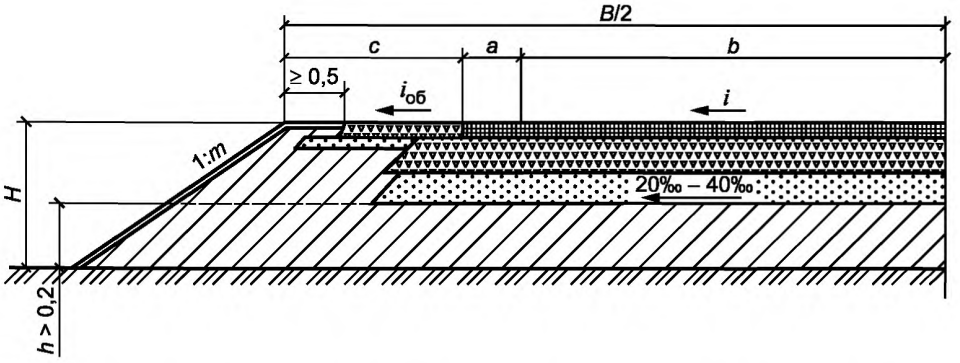
- дренирующий слой отсыпается на всю ширину земляного полотна с поперечными уклонами от 20 ‰ до 40 ‰, обеспечивающими сток воды на откосы (см. рисунок 15 *а*);
- отвод воды осуществляется с помощью продольных геодрен и поперечных выпусков на расстоянии от 50 до 80 м друг от друга в зависимости от продольных уклонов на дороге (см.рисунок 15 *б*);
- дренирующий слой отсыпается на ширину проезжей части и краевых полос без водоотводящих устройств (рисунок 15 *в*).



а — Устройство дренирующего слоя на всю ширину земляного полотна



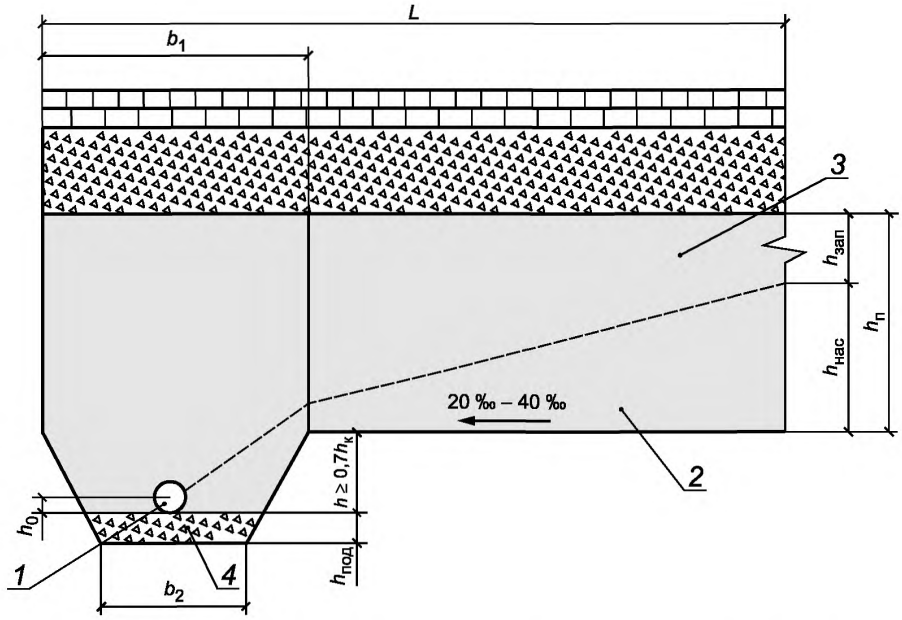
б — Устройство дренирующего слоя на ширину проезжей части и краевых полос с отводом воды по дренажным трубам



в — Устройство дренирующего слоя на ширину проезжей части и краевых полос без устройства водоотводных устройств

Рисунок 15 — Конструктивные решения дренирования дорожной одежды

В городских условиях, как правило, применяют конструкцию дренажа с трапецеидальным ровиком (см. рисунок 16).



1 — дренажная труба; *2* — зона движения свободной воды; *3* — зона движения капиллярной воды, *4* — щебеночная (песчаная) подготовка под дренажную трубу; $h_к$ — высота капиллярного поднятия воды в материале дренирующего слоя

Рисунок 16 — Конструкция дренажа с ровиком

Выбор каждого конкретного мероприятия по осушению дорожной конструкции проводят на основе технико-экономического сравнения вариантов.

12.3 Дренажную конструкцию следует проектировать с учетом объема притока воды, поступающей в основание дорожной одежды в расчетный период, фильтрационной способности материала дренирующего слоя и конструкции земляного полотна.

Значительному уменьшению притока поверхностной воды к земляному полотну могут также способствовать монолитные слои дорожной одежды из материалов (грунтов), укрепленных вяжущими.

Проектирование мероприятий по осушению дорожной одежды осуществляют в следующей последовательности:

- дорогу разделяют на однородные участки по грунтово-гидрологическим условиям с учетом особенностей конструкции земляного полотна и конструктивного решения по дренированию;
- для однородных участков определяют количество воды, поступающей в основание за сутки и за расчетный период, предусматривая меры по ограничению притока воды в дорожную конструкцию;
- намечают варианты дренажных конструкций;
- обосновывают расчетом толщину дренирующего слоя для данных условий или определяют минимально требуемый коэффициент фильтрации для дренирующего материала в заданной дренажной конструкции.

12.4 В зависимости от конкретных условий дренажную конструкцию автомобильной дороги рассчитывают на работу:

- по принципу осушения (см. рисунок 15 *а*, *б* и рисунок 16);
- по принципу поглощения (см. рисунок 15 *в*).

12.5 Общий приток воды в весеннее время года на 1 м^2 проезжей части Q и средний приток воды на 1 м^2 проезжей части в сутки q определяют по таблице 21.

Таблица 21 — Объем воды, поступающей в основание дорожной одежды

Дорожно-климатическая зона	Схема увлажнения рабочего слоя	Объем воды, поступающей в основание дорожной одежды из грунта Q/q			
		легкой супеси и пылеватого песка	легкого и тяжелого суглинка и глины	легкого и тяжелого пылеватого суглинка	пылеватой супеси и тяжелой пылеватой супеси
II	1	15/2,5	20/2	35/3	80/3,5
	2	25/3	50/3	80/4	130/4,5
	3	60/3,5	90/4	130/4,5	180/5
III	1	10/1,5	10/1,5	15/2	30/3
	2	15/2	25/2	30/2,5	40/3
	3	25/2,5	40/2,5	50/3,5	60/4
IV и V	3	20/2	20/2	30/2,5	40/3

Примечания

1 В числителе приведен объем воды Q (л/м^2) покрытия, поступающей в основание дорожной одежды за весь расчетный период, в знаменателе q л/(м^2·сут).

2 Для насыпей, возведенных из непылеватых грунтов, высотой более требуемой (см. таблицу 16) во II ДКЗ принимают средний приток воды на 1 м^2 проезжей части в сутки q, равный 1,5 л/(м^2·сут).

3 При наличии разделительной полосы для участков, проходящих в нулевых отметках, насыпей высотой меньше требуемой (см. таблицу 16) во II ДКЗ, расчетные значения среднего притока воды на 1 м^2 проезжей части в сутки q повышают на 20 %.

12.6 Для дренирующего слоя, работающего по принципу осушения, расчетный приток воды в дренирующий слой $q_р$, м^3/сут на 1 м^2 проезжей части, определяют по формуле

$$q_р = qK_{пик}K_г K_{вог}K_р /1000, \quad (29)$$

где q — средний приток воды, л на 1 м^2 проезжей части в сутки (см. таблицу 21);

$K_{пик}$ — коэффициент «пик», учитывающий неустановившийся режим поступления воды из-за неравномерного оттаивания и выпадения атмосферных осадков (см. таблицу 22);

$K_г$ — коэффициент гидрологического запаса, учитывающий снижение фильтрационной способности дренирующего слоя в процессе эксплуатации дороги (см. таблицу 22);

$K_{вог}$ — коэффициент, учитывающий накопление воды в местах изменения продольного уклона;

$K_р$ — коэффициент, учитывающий снижение притока воды при принятии специальных мер по регулированию водно-теплового режима (см. таблицу 23).

Таблица 22 — Значения коэффициента «пик» $K_{пик}$ и коэффициента гидрологического запаса $K_г$

Дорожно-климатическая зона	Схема увлажнения	$K_{пик}$ для грунтов		$K_г$ для пылеватых грунтов
		непылеватых	пылеватых	
II	1	1,5	1,5	1,0/1,0
	2	1,5	1,6	1,2/1,2
	3	1,6	1,7	1,3/1,2
III	1	1,4	1,5	1,0/1,0
	2	1,4	1,5	1,1/1,0
	3	1,5	1,6	1,2/1,1
IV и V	3	1,5	1,3	1,1/1,0

Примечания

1 Для непылеватых грунтов $K_г$ = 1,0.

2 В числителе указаны значения $K_г$ — для дорог I и II категорий, в знаменателе — III и IV категорий.

Таблица 23 — Значения коэффициента $K_р$, учитывающего снижение притока воды в дренирующий слой

Мероприятие	Схема увлажнения	$K_р$ для грунта рабочего слоя		
		легкой супеси	легкого суглинка	тяжелого суглинка, глины
Укрепление обочин	1	0,70	0,75	0,80
	2 и 3	0,89	0,90	0,95
Монолитные слои основания с содержанием воздушных пустот материала до 5 %	1	0,80	0,80	0,80
	2 и 3	0,90	0,90	0,90
Примечание — При применении пылеватых грунтов коэффициент $K_р$ = 1,0.				

Коэффициент $K_{вог}$ определяют при одинаковых направлениях продольных уклонов на продольном профиле по номограмме (см. рисунок 17), а при встречных уклонах — по формуле

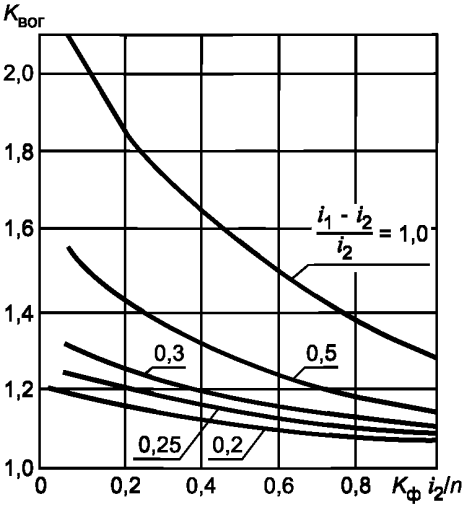
$$K_{вог} = 1 + (K_ф (T_{зап} + 1)(i_1 + i_2)) / 2n, \quad (30)$$

где $K_ф$ — коэффициент фильтрации, м/сут;

$T_{зап}$ — средняя продолжительность запаздывания работы водоотводящих устройств, принимаемая во II ДКЗ равной от 4 до 6 сут, в III ДКЗ — от 3 до 4 сут (большие значения для мелких песков);

i_1 и i_2 — абсолютная величина уклонов, доли единицы;

n — пористость дренирующего слоя, доли единицы.



i_1 и i_2 — продольные уклоны выше и ниже перелома продольного профиля; $K_ф$ — коэффициент фильтрации, м/сут; n — коэффициент пористости дренирующего слоя в долях единицы (значения уклонов принимаются по абсолютной величине)

Рисунок 17 — Номограмма для определения коэффициента $K_{вог}$, учитывающего накопление воды в местах изменения вогнутого профиля

12.7 Полную толщину дренирующего слоя $h_п$ (см. рисунок 18) определяют по формуле

$$h_п = h_{нас} + h_{зап}, \quad (31)$$

где $h_{нас}$ — толщина слоя, полностью насыщенного водой, м;

$h_{зап}$ — дополнительная толщина слоя, зависящая от капиллярных свойств материала: для крупных песков — 0,10 м; для песков средней крупности — 0,15 м; для мелких песков — 0,20 м.

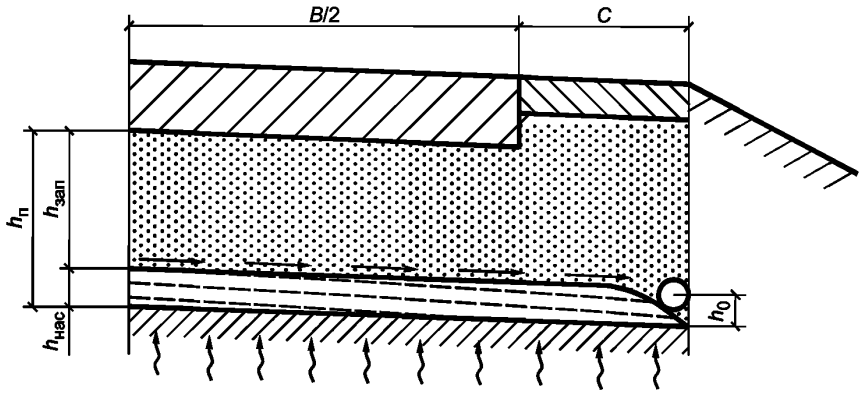
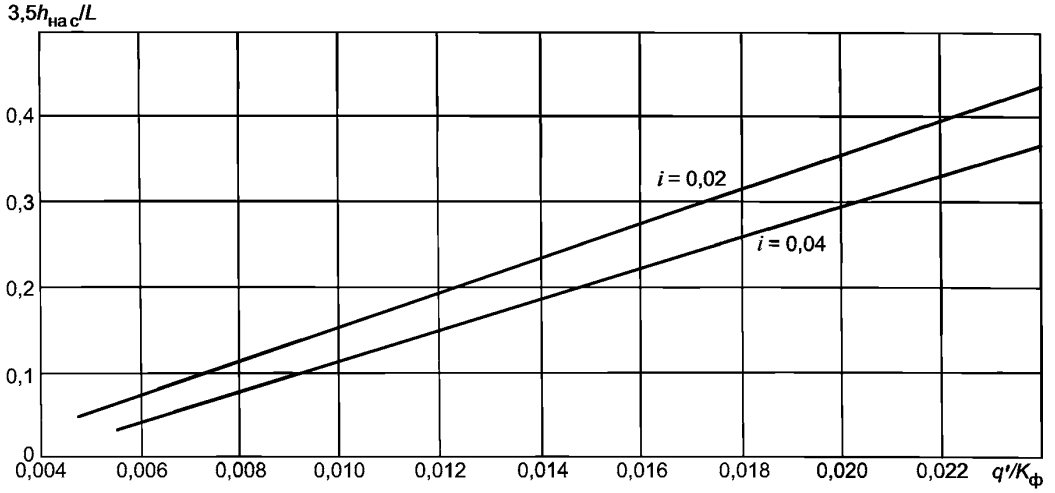


Рисунок 18 — Схема работы дренирующего слоя

Во всех случаях полную толщину дренирующего слоя $h_п$ следует принимать не менее 0,20 м.

12.8 Для дренирующего слоя, работающего по принципу осушения, толщину слоя, полностью насыщенного водой, $h_{нас}$ устанавливают в зависимости от длины пути фильтрации L и расчетной величины притока воды $q_р$.

Для мелких песков, средней крупности и крупных с коэффициентом фильтрации менее 10 м/сут расчет выполняют по номограмме (см. рисунок 19).



i — поперечный уклон низа дренирующего слоя; L — длина пути фильтрации; q' — погонный приток воды; $K_ф$ — коэффициент фильтрации песка, м/сут

Рисунок 19 — Номограмма для расчета толщины дренирующего слоя, полностью насыщенного водой, $h_{нас}$ из мелких песков, песков средней крупности и крупных песков с коэффициентом фильтрации менее 10 м/сут

При односкатном поперечном профиле погонный приток воды q', м^3/сут на 1 м длины дороги, определяют по формуле

$$q' = q_р B. \quad (32)$$

При двускатном поперечном профиле погонный приток воды q', м^3/сут на 1 м длины дороги, определяют по формуле

$$q' = 0{,}5 q_р B, \quad (33)$$

где $q_р$ — расчетный объем притока воды;

B — ширина проезжей части, м.

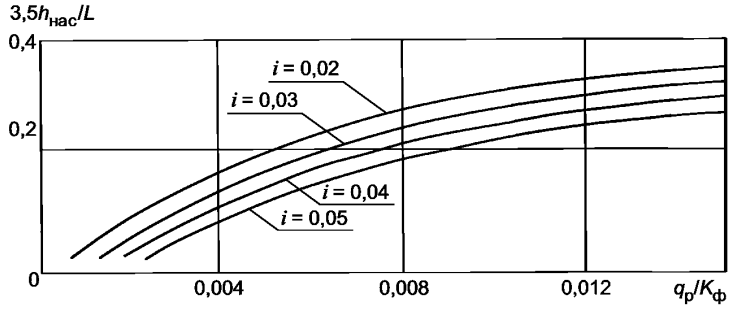
Необходимую толщину слоя, полностью насыщенного водой, $h_{нас}$ определяют по ординате a (рисунок 19) по формуле

$$h_{нас} = aL/3,5, \quad (34)$$

где a — ордината, снятая с графика (см. рисунок 19);

L — длина пути фильтрации, равная половине ширины дренирующего слоя при двускатном поперечном профиле и полной его ширине — при односкатном поперечном профиле.

Для крупных песков с коэффициентом фильтрации более 10 м/сут толщину дренирующего слоя, полностью насыщенного водой, $h_{нас}$ определяют по рисунку 20.



i — поперечный уклон низа дренирующего слоя; L — длина пути фильтрации; $q_р$ — расчетный объем притока воды, м^3/м^2 в сутки; $K_ф$ — коэффициент фильтрации песка, м/сут

Рисунок 20 — Номограмма для расчета толщины дренирующего слоя, полностью насыщенного водой, $h_{нас}$ из крупных песков с коэффициентом фильтрации более 10 м/сут

12.9 По принципу поглощения рассчитывают толщину дренирующего слоя для конструктивного решения, показанного на рисунке 15 *в*.

Кроме того, на участках дорог с многополосной проезжей частью, где невозможно обеспечить длину пути фильтрации L менее или равную 10 м, дренирующий слой рассчитывают на поглощение всего количества воды, поступающей за весь расчетный период.

Полную толщину дренирующего слоя, работающего по принципу поглощения, определяют по формуле, основанной на сравнении объема воды, подлежащего размещению, и объема свободных пор в материале дренирующего слоя:

$$h_п = \frac{Q/1000n + 0,3h_{зап}}{1 - \varphi_{зим}}, \quad (35)$$

где Q — расчетное количество воды, накапливающейся в дренирующем слое за весь расчетный период, л/м^2 (см. таблицу 21);

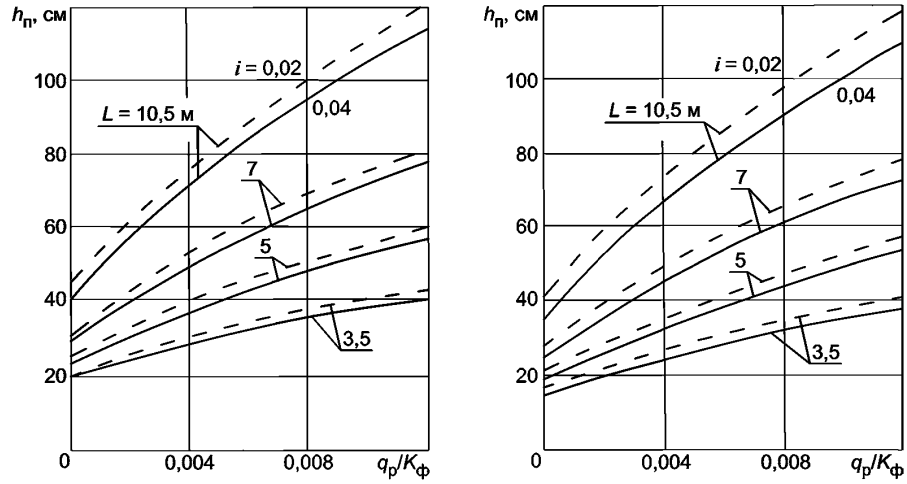
n — пористость материала, доли единицы;

$\varphi_{зим}$ — коэффициент заполнения пор влагой в материале дренирующего слоя к началу оттаивания (таблица 24).

Таблица 24 — Значение $\varphi_{зим}$

Толщина дренирующего слоя, м	Значение $\varphi_{зим}$ при пористости n			
	0,4	0,36	0,32	0,28
До 0,2	0,40	0,50	0,60	0,70
От 0,2 до 0,4	0,35	0,40	0,50	0,60
Св. 0,4	0,30	0,35	0,45	0,55

12.10 Дренирующий слой в дренажной конструкции с углубленными продольными ровиками (см. рисунок 16), усиливающими процесс движения воды в мелком песке и песке средней крупности, рассчитывают с использованием номограмм (см. рисунок 21).



а – Мелкий песок

б – Песок средней крупности

L — длина пути фильтрации; $q_р$ –расчетный объем притока воды, м^3/м^2 в сутки; $K_ф$ — коэффициент фильтрации материала, м/сут

_ _ _ _ уклон низа дренирующего слоя, i = 0,02;

——— уклон низа дренирующего слоя, i = 0,04

Рисунок 21 — Номограмма для расчета дренирующего слоя в конструкции с углубленными продольными ровиками

По номограммам (см. рисунок 21) получают сразу полную толщину дренирующего слоя $h_п$ в зависимости от крупности песка, расчетного объема притока воды в дренирующий слой $q_р$, коэффициента фильтрации материала дренирующего слоя $K_ф$, длины пути фильтрации L и поперечного уклона низа дренирующего слоя i.

12.11 Пример расчета конструкции дорожных одежд на прочность, морозоустойчивость и осушение представлен в приложении Г.

13 Расчет дорожных одежд на обочинах и разделительных полосах

13.1 Обочины и разделительные полосы укрепляют для повышения пропускной способности автомобильных дорог, удобства и безопасности движения. Укрепление обочин обеспечивает защиту земляного полотна от проникновения в дорожную конструкцию поверхностных вод, предохраняет проезжую часть дороги от разрушения и загрязнения.

13.2 В пределах ширины обочины конструкцию дорожных одежд устраивают на:

- краевой полосе, служащей упором для дорожных одежд проезжей части дороги, устраиваемой на дорогах от I до IV категорий, как правило, совместно с проезжей частью при строительстве (реконструкции) или выполнении ремонтных работ;
- остановочной (стояночной) полосе, предназначенной для вынужденной остановки автомобилей на дорогах I категории;
- укрепленной полосе на дорогах от II до IV категорий.

13.3 Конструкция укрепления и используемые материалы должны обеспечивать заезд на обочину транспортных средств с расчетной нагрузкой без возникновения деформаций, превышающих по величине и характеру допустимые значения.

При новом строительстве краевая укрепительная полоса на обочинах и полосах безопасности на разделительной полосе должны иметь конструкцию дорожных одежд, аналогичную проезжей части. При капитальном ремонте в случае невозможности обеспечения аналогичной конструкции конструкцию следует проектировать идентичной по прочности.

Остановочные полосы и разделительная полоса на автомобильных дорогах I категории в местах разворотов укрепляются по типу дорожных одежд проезжей части.

Покрытия конструкций укрепления обочин автомобильных дорог, проходящих через населенные пункты и сельскохозяйственные угодья, не должны содержать материалов, способствующих пылеобразованию, а в населенных пунктах — дополнительно обладающих канцерогенными свойствами.

13.4 На укрепленных полосах дорог II-IV категорий в виде исключения возможно движение транспортных средств в пределах до 1/3 интенсивности, приходящейся на крайнюю правую полосу проезжей части.

Такое решение целесообразно прежде всего для участков дорог, где вследствие высокой интенсивности движения может возникнуть необходимость пропуска потока по укрепительной и остановочной полосам в отдельные кратковременные «пиковые» периоды роста интенсивности движения, когда уширение дорожной одежды проезжей части нецелесообразно или невозможно по технико-экономическим условиям.

13.5 Толщину каждого слоя конструкции укрепления следует принимать не ниже значений, указанных в таблице 2.

13.6 Дорожные одежды краевых укрепительных полос, остановочных полос и укрепленных полос рассчитывают по всем критериям прочности, аналогично дорожным одеждам проезжей части. В качестве расчетной нагрузки принимают ту же нагрузку, что и при расчете дорожных одежд проезжей части.

13.7 На земляном полотне из пылеватых грунтов в I, II и III дорожно-климатических зонах при 2-м и 3-м типе местности по условиям увлажнения должна быть выполнена проверка конструкции краевых полос и остановочной полосы на морозоустойчивость, аналогично выполняемой при расчете дорожных одежд проезжей части (см. раздел 11).

14 Расчет слоев усиления нежестких дорожных одежд

14.1 Усиление нежестких дорожных одежд необходимо, если коэффициенты прочности при расчете по критерию допускаемого упругого прогиба в расчетный период года менее 1.

Усиление нежестких дорожных одежд проводится:

- с целью улучшения транспортно-эксплуатационных характеристик и увеличения прочности конструкций дорожных одежд без изменения категории дороги;
- в случаях, когда по результатам оценки прочности одежды с учетом дальнейшего роста интенсивности движения можно ожидать прогрессирующего разрушения дорожной одежды в ближайшее время.

Как правило, в этих случаях существующие слои усиливают путем устройства одного или нескольких слоев покрытия из асфальтобетона с использованием существующей конструкции дорожной одежды в качестве основания после выравнивания поперечного и продольного профилей путем фрезерования слоев покрытия или устройства выравнивающего слоя из соответствующих материалов.

14.2 Тип нового покрытия не должен быть менее совершенным, чем покрытие усиливаемых дорожных одежд.

При переводе дорог низких категорий (IV или V) в более высокие категории существующие дорожные одежды частично разбирают и поверх них укладывают несколько слоев основания и покрытия. Как правило, при этом уширяют проезжую часть и земляное полотно. На уширенных участках проезжей части устраивают новую конструкцию дорожных одежд, равнопрочную с основной конструкцией дорожных одежд.

14.3 Мероприятия по усилению дорожных одежд назначаются с использованием основных положений, изложенных применительно к конструированию новых дорожных одежд, но с учетом особенностей, связанных с наличием существующих дорожных одежд.

14.4 Расчет слоев усиления выполняют следующим образом:

- если имеются данные о фактических общих модулях упругости существующих конструкций под колесом расчетного автомобиля, относящихся к периоду наибольшего ослабления конструкции, то толщины слоев усиления следует назначать на основе расчета по критерию допускаемого упругого прогиба всей конструкции с доведением значений коэффициентов прочности до значений, приведенных в таблице 11.

Расчет на усталостное разрушение от растяжения при изгибе и по условию сдвигоустойчивости следует выполнять только для вновь устраиваемых слоев;

- если нет достоверных данных о несущей способности существующих дорожных одежд, то допускается проектировать слои усиления на основе материалов обследований, содержащих результаты измерения толщин всех конструктивных слоев одежды, характеристику их состояния и качества, сведения о виде грунта земляного полотна и об условиях его увлажнения. В этом случае толщины слоев

усиления одежды следует назначать на основе расчета по допускаемому упругому прогибу всей конструкции, сопротивлению растяжению при изгибе слоев старой и новой частей одежды и сопротивлению сдвигу всех слабосвязных слоев и грунта земляного полотна.

Минимальный требуемый модуль упругости E_{min} дорожных одежд определяют по формуле (10) в зависимости от суммарной интенсивности движения на крайней правой полосе на новый расчетный период.

14.5 Вопрос о сроках усиления нежестких дорожных одежд необходимо решать на основании технико-экономического сравнения вариантов. Если усиление одежды в данное время экономически нецелесообразно, то на участках дорог с недостаточной прочностью дорожной одежды следует ограничить движение транспортных средств в периоды года, неблагоприятные по условиям увлажнения земляного полотна.

14.6 При усилении дорожных одежд должны быть соблюдены условия:

- тип нового покрытия не должен быть менее совершенным, чем покрытие усиливаемой дорожной одежды. Вместо усовершенствованных облегченных или переходных дорожных покрытий могут быть назначены более совершенные покрытия. Материал дорожного покрытия должен обеспечивать требуемые сцепные свойства и обладать устойчивостью к возникновению сдвигов, наплывов, колейности и волн при высоких температурах;

- толщины слоев усиления не должны быть менее значений, указанных в таблице 2. В противном случае следует рассмотреть вариант применения другого материала для слоя усиления, из которого можно устраивать более тонкий слой. При необходимости следует предусмотреть два слоя усиления, нижний слой усиления устраивают из менее прочных и дорогостоящих материалов, чем верхний слой.

Методика выбора типа и вида асфальтобетонной смеси в зависимости от условий движения асфальтобетонов SP и АБ ТР ТС представлена в приложении Д.

Приложение А
(справочное)

Расчетные характеристики грунта рабочего слоя

А.1 Расчетная влажность грунта зависит от погодно-климатических условий местности, а также от вида грунта, конструкции земляного полотна, применяемых мероприятий по регулированию водно-теплового режима дорожной одежды и земляного полотна и др.

Разновидности связных грунтов приведены в таблице А.1.

Таблица А.1 — Разновидности связных грунтов, применяемые в основании дорожных одежд

Разновидность связных грунтов	Число пластичности J_p	Содержание песчаных частиц (2—0,5мм), % масс.
Пылеватый песок	—	≥ 50
Крупная легкая супесь	1—7	> 50
Легкая супесь	1—7	> 50
Пылеватая супесь	1—7	20—50
Пылеватая тяжелая супесь	1—7	< 20
Легкий суглинок	7—12	> 40
Пылеватый легкий суглинок	7—12	< 40
Тяжелый суглинок	12—17	> 40
Пылеватый тяжелый суглинок	12—17	< 40
Песчанистая глина	17—27	> 40
Пылеватая глина	17—27	< 40
Жирная глина	Не нормируется	> 27

Расчетную влажность связного грунта $W_р$ при общей толщине дорожной одежды до 0,75 м определяют по формуле

$$W_р = (\overline{W}_{табл} + \Delta + \Delta_1 W - \Delta_2 W)(1 + V_r t) - \Delta_3, \quad (А.1)$$

где $\overline{W}_{табл}$ — среднее многолетнее значение относительной (в долях от влажности на границе текучести) влажности грунта в наиболее неблагоприятный (весенний) период года в рабочем слое земляного полотна, определяемое по таблице А.2 в зависимости от дорожно-климатической зоны и подзоны (см. рисунок А.1), схемы увлажнения грунта рабочего слоя и типа грунта;

Δ — поправка, равная 0,00, для участков насыпей и 0,03 — для участков дороги, проходящих в выемке или в низкой насыпи с рабочей отметкой менее руководящей отметки для данного типа грунта и типа местности по характеру увлажнения;

$\Delta_1 W$ — поправка на особенности рельефа территории, принимаемая для равнинных условий 0,00, предгорных — 0,03, горных — 0,05;

$\Delta_2 W$ — поправка на конструктивные особенности проезжей части и обочин, определяемая по таблице А.3;

V_r — коэффициент вариации, равный 0,10;

t — коэффициент нормированного отклонения, принимаемый в зависимости от уровня надежности $K_н$ (см. таблицу А.4);

Δ_3 — поправка, учитывающая толщину слоев, превышающую 0,75 м, определяемая по рисунку А.2.



— границы дорожно-климатических зон; ··· границы дорожно-климатических подзон

Примечания

1 Кубань и западную часть Северного Кавказа следует относить к III ДКЗ, Крым — IV ДКЗ.

2 При проектировании участков дорог в приграничных зонах при обосновании данных о грунтово-гидрологических и почвенных условиях, а также исходя из практики эксплуатации дорог в районе, допускается принимать проектные решения как для смежной (северной или южной) зоны.

3 В горных районах дорожно-климатические зоны следует определять с учетом высотного расположения объектов проектирования, принимая во внимание природные условия на данной высоте.

Рисунок А.1 — Дорожно-климатические зоны и подзоны Российской Федерации

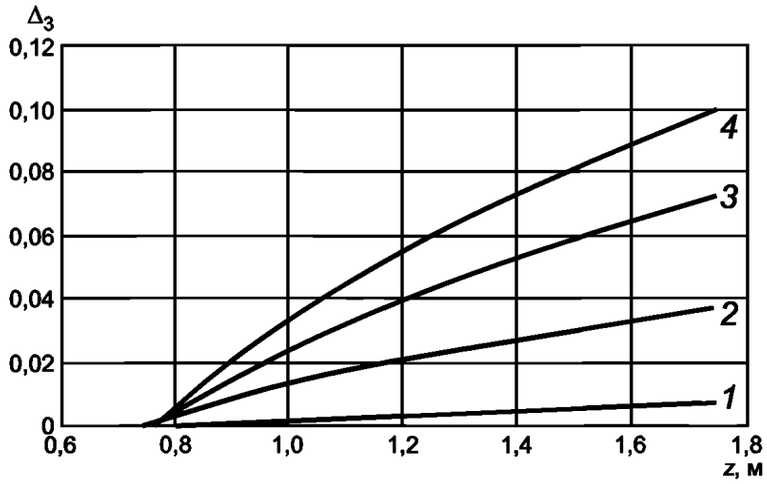
Таблица А.2 — Среднее многолетнее значение относительной влажности грунта рабочего слоя $\overline{W}_{табл}$

Дорожно-климатическая зона-подзона	Схема увлажнения рабочего слоя	Среднее многолетнее значение относительной влажности грунта $\overline{W}_{табл}$ (доли от W_T)			
		легкой супеси	пылеватого песка	легкого суглинка, тяжелого суглинка, тяжелого пылеватого суглинка, глины	пылеватой супеси, тяжелой пылеватой супеси, легкого пылеватого суглинка
I-I$_1$	1	0,53	0,57	0,62	0,65
	2	0,55	0,59	0,65	0,67
	3	0,57	0,62	0,67	0,70
I-I$_2$	1	0,57	0,57	0,62	0,65
	2	0,59	0,62	0,67	0,70
	3	0,62	0,65	0,70	0,75
I-I$_3$	1	0,60	0,62	0,65	0,70
	2	0,62	0,65	0,70	0,75
	3	0,65	0,70	0,75	0,80
II-II$_1$	1	0,60	0,62	0,65	0,70
	2	0,63	0,65	0,68	0,73
	3	0,65	0,67	0,70	0,75
II-II$_2$	1	0,57	0,59	0,62	0,67
	2	0,60	0,62	0,65	0,70
	3	0,62	0,64	0,67	0,72
II-II$_3$	1	0,63	0,65	0,68	0,73
	2	0,66	0,68	0,71	0,76
	3	0,68	0,70	0,73	0,78
II-II$_4$	1	0,60	0,62	0,65	0,70
	2	0,63	0,65	0,68	0,73
	3	0,65	0,67	0,70	0,75
II-II$_5$	1	0,65	0,67	0,70	0,75
	2	0,68	0,70	0,73	0,78
	3	0,70	0,72	0,75	0,80
II-II$_6$	1	0,62	0,64	0,67	0,72
	2	0,65	0,67	0,70	0,75
	3	0,67	0,69	0,72	0,77
III-III$_1$	1	0,55	0,57	0,60	0,63
	2—3	0,59	0,61	0,63	0,67
III-III$_2$	1	0,58	0,60	0,63	0,66
	2—3	0,62	0,64	0,66	0,70
III-III$_3$	1	0,55	0,57	0,60	0,63
	2—3	0,59	0,61	0,63	0,67

Окончание таблицы А.2

Дорожно-климатическая зона-подзона	Схема увлажнения рабочего слоя	Среднее многолетнее значение относительной влажности грунта $\overline{W}_{табл}$ (доли от W_T)			
		легкой супеси	пылеватого песка	легкого суглинка, тяжелого суглинка, тяжелого пылеватого суглинка, глины	пылеватой супеси, тяжелой пылеватой супеси, легкого пылеватого суглинка
IV	1	0,53	0,55	0,57	0,60
	2—3	0,57	0,58	0,60	0,64
V	1	0,52	0,53	0,54	0,57
	2—3	0,55	0,56	0,57	0,60

Средние значения влажности грунта в таблице А.2 приведены для толщины дорожной одежды до 0,75 м. Если одежда имеет бóльшую толщину, влагонакопление в грунте рабочего слоя за счет грунтовой и поверхностной вод снижается. В этом случае расчетная влажность грунта уменьшается на величину Δ_3, определяемую по номограмме (см. рисунок А.2).



1 — для исходной относительной влажности $\overline{W}_{табл} = 0{,}75W_T$; *2* — то же, $\overline{W}_{табл} = 0{,}8W_T$; *3* — то же, $\overline{W}_{табл} = 0{,}85W_T$; *4* — то же, $\overline{W}_{табл} = 0{,}9W_T$

Рисунок А.2 — Графики для определения поправки на влияние суммарной толщины стабильных слоев дорожной одежды

Таблица А.3 — Значение поправки на конструктивные особенности проезжей части и обочин $\Delta_2 W$

Конструктивная особенность	Поправка $\Delta_2 W$ в дорожно-климатических зонах			
	II	III	IV	V
Основание дорожной одежды, включая слои на границе с грунтом рабочего слоя, из укрепленных материалов:				
крупнообломочного грунта и песка	0,04	0,04	0,03	0,03
песчанистой супеси	0,05	0,05	0,05	0,04
пылеватых песков, тяжелого и легкого суглинка и др.	0,08	0,08	0,06	0,05
Укрепление обочин (не менее 2/3 их ширины):				
асфальтобетоном	0,05	0,04	0,03	0,02
щебнем (гравием)	0,02	0,02	0,02	0,02
Дренаж с продольными трубчатыми дренами	0,05	0,03	—	—

Окончание таблицы А.3

Конструктивная особенность	Поправка $\Delta_2 W$ в дорожно-климатических зонах			
	II	III	IV	V
Устройство гидроизолирующих прослоек из полимерных материалов	0,05	0,05	0,03	0,03
Устройство теплоизолирующего слоя, предотвращающего промерзание	Снижение расчетной влажности до полной влагоемкости при требуемом $K_{упл}$ грунта			
Грунт рабочего слоя земляного полотна в «обойме»	Снижение расчетной влажности до оптимальной			
Грунт рабочего слоя, уплотненный до значения коэффициента уплотнения от более 1,00 в слое толщиной от 0,3 до 0,5 м от низа дорожной одежды, если он расположен ниже границы промерзания	—	0,03	0,03	0,03

Таблица А.4 — Значения коэффициента нормированного отклонения t

Уровень надежности $K_н$	0,70	0,75	0,80	0,85	0,90	0,95	0,98
Нормированное отклонение t	0,52	0,68	0,84	1,06	1,32	1,71	2,19

А.2 Расчетные характеристики связных грунтов определяют:

- модуль упругости — в зависимости от расчетной влажности по таблице А.5;
- сдвиговые характеристики: угол внутреннего трения $\varphi_{гр}$ и удельное сцепление грунта $c_{гр}$ — в зависимости от расчетной влажности и количества приложений нагрузки за срок службы дорожной одежды по таблице А.6.

Таблица А.5 — Рекомендуемые расчетные значения модулей упругости связных грунтов

Грунт	Модуль упругости при относительной влажности, МПа									
	0,50	0,55	0,60	0,65	0,70	0,75	0,80	0,85	0,90	0,95
Пылеватый песок	96	90	84	78	72	66	60	54	48	43
Легкая супесь	70	60	56	53	49	45	43	42	41	40
Пылеватая супесь, тяжелая пылеватая супесь	108	90	72	54	46	38	32	27	26	25
Легкий суглинок, тяжелый суглинок	108	90	72	50	41	34	29	25	24	23
Легкий пылеватый суглинок, тяжелый пылеватый суглинок	108	90	72	54	46	38	32	27	26	25
Глины	108	90	72	50	41	34	29	25	24	23

Таблица А.6 — Рекомендуемые расчетные значения сдвиговых характеристик (удельное сцепление $c_{гр}$ и угол внутреннего трения $\varphi_{гр}$) связных грунтов

Относительная влажность	Удельное сцепление $c_{гр}$, МПа, при суммарном числе приложений нагрузки $\Sigma N_р$					Угол внутреннего трения $\varphi_{гр}$, градусы, при суммарном числе приложений нагрузки $\Sigma N_р$				
	1	10^3	10^4	10^5	10^6	1	10^3	10^4	10^5	10^6
Суглинки и глины										
0,60	0,030	0,030	0,016	0,014	0,012	24	20	14,5	11	9
0,65	0,024	0,019	0,013	0,011	0,009	21	15	11	8	7
0,70	0,019	0,013	0,009	0,007	0,006	18	11,5	8,5	6,5	5,5
0,75	0,015	0,009	0,006	0,005	0,004	15	10	7,5	5	4

Окончание таблицы А.6

Относительная влажность	Удельное сцепление $c_{гр}$, МПа, при суммарном числе приложений нагрузки $\Sigma N_р$					Угол внутреннего трения $\varphi_{гр}$, градусы, при суммарном числе приложений нагрузки $\Sigma N_р$				
	1	10^3	10^4	10^5	10^6	1	10^3	10^4	10^5	10^6
0,80	0,011	0,007	0,005	0,003	0,002	13	8	5	3	2,5
0,90	0,008	0,004	0,004	0,002	0,001	11,5	6,5	3,5	2,2	2
Супеси и пылеватые пески										
0,6	0,014	0,012	0,008	0,006	0,005	36	24	18	14	12
0,65	0,013	0,010	0,008	0,006	0,004	36	23,5	17	14	12
0,70	0,012	0,009	0,006	0,005	0,004	35	23,5	17	14	12
0,75	0,011	0,008	0,005	0,004	0,003	35	23	17	14	12
0,80	0,010	0,007	0,005	0,004	0,003	34	23	17	14	12
0,85	0,009	0,007	0,004	0,003	0,003	34	22	15	12	10
0,90	0,008	0,004	0,003	0,003	0,003	33	21	12,5	10	8

Примечания

1 Значения сдвиговых характеристик $\varphi_{гр}$ и $c_{гр}$ при суммарном числе приложения нагрузки $\Sigma N_р$, равном 1, используют при расчете на статическое действие нагрузки.

2 При суммарном числе приложения нагрузки $\Sigma N_р$ более 10^6 значения сдвиговых характеристик $\varphi_{гр}$ и $c_{гр}$ следует принимать по графе настоящей таблицы, где суммарное число приложения нагрузки $\Sigma N_р$ равно 10^6.

Расчетные характеристики песка не зависят от расчетной влажности и принимаются:

- модуль упругости — во всех дорожно-климатических зонах одинаковым по таблице А.7;

Таблица А.7 — Рекомендуемые расчетные значения модулей упругости песка

Песок	Модуль упругости, МПа
Гравелистый, крупный	130
Средней крупности	120
Мелкий	100
Легкая крупная супесь	65

- сдвиговые характеристики (удельное сцепление $c_{гр}$ и угол внутреннего трения $\varphi_{гр}$) — в зависимости от количества приложений нагрузки за срок службы дорожной одежды по таблице А.8.

Таблица А.8 — Сдвиговые характеристики (сцепление $c_{гр}$ и угол внутреннего трения $\varphi_{гр}$) песка

Подвид грунта		Удельное сцепление $c_{гр}$, МПа, при суммарном числе приложений нагрузки $\Sigma N_р$					Угол внутреннего трения $\varphi_{гр}$, градусы, при суммарном числе приложений нагрузки $\Sigma N_р$				
		1	10^3	10^4	10^5	10^6	1	10^3	10^4	10^5	10^6
Гравелистый, крупный песок с содержанием пылевато-глинистой фракции	0 %	0,004	0,003	0,003	0,003	0,003	35	33	32	31	29
	5 %	0,005	0,004	0,004	0,003	0,003	34	31	30	29	28
Песок средней крупности с содержанием пылевато-глинистой фракции	0 %	0,004	0,004	0,003	0,003	0,002	32	30	30	28	27
	5 %	0,005	0,004	0,003	0,003	0,002	33	30	29	28	26

Окончание таблицы А.8

Подвид грунта		Удельное сцепление $c_{гр}$, МПа, при суммарном числе приложений нагрузки ΣN_p					Угол внутреннего трения $\varphi_{гр}$, градусы, при суммарном числе приложений нагрузки ΣN_p				
		1	10^3	10^4	10^5	10^6	1	10^3	10^4	10^5	10^6
Мелкий песок с содержанием пылевато-глинистой фракции	0 %	0,003	0,003	0,002	0,002	0,002	31	28	27	26	25
	5 %	0,005	0,004	0,004	0,004	0,003	31	27	26	25	24
	8 %	0,006	0,005	0,004	0,003	0,002	31	27	26	25	23
Легкая крупная супесь	—	0,006	0,005	0,004	0,003	0,002	31	27	26	25	23

Примечания

1 Значение сдвиговых характеристик $\varphi_{гр}$ и $c_{гр}$ при суммарном числе приложения нагрузки ΣN_p, равном 1, используют при расчете на статическое действие нагрузки.

2 При суммарном числе приложения нагрузки ΣN_p более 10^6 значения сдвиговых характеристик $\varphi_{гр}$ и $c_{гр}$ следует принимать по графе настоящей таблицы, где суммарное число приложения нагрузки ΣN_p равно 10^6.

А.3 При применении в качестве грунтов рабочего слоя материалов, не представленных в настоящем стандарте, их расчетные характеристики необходимо назначать по данным лабораторных и натурных испытаний.

Приложение Б
(справочное)

Расчетные характеристики материалов конструктивных слоев для дорог общего пользования и улиц населенных пунктов

Таблица Б.1 — Конструктивные слои из щебеночно-гравийно-песчаных смесей и грунтов, обработанных вяжущими

Материал	Расчетный модуль упругости E, МПа	Прочность на растяжение при изгибе $R_{укр}$, МПа
Щебеночно-песчаная смесь, гравийно-песчаная смесь, крупнообломочный грунт, обработанные цементом (ГОСТ 23558), соответствующие марке		
20	500	0,37
40	600	0,42
60	800	0,47
75	870	0,50
100	1000	0,70
Щебеночно-песчаная смесь, гравийно-песчаная смесь, крупнообломочный грунт, обработанные зольным или шлаковым вяжущими (ГОСТ 23558), соответствующие марке		
20	450	0,35
40	550	0,40
60	750	0,46
75	870	0,50
100	950	0,68
Гравелистые, крупные, средние пески, мелкие и пылеватые пески, легкая песчанистая супесь, легкий и тяжелый песчанистые суглинки, обработанные цементом (ГОСТ 23558), соответствующие марке		
20	400	0,32
40	550	0,40
60	700	0,45
75	870	0,50
100	950	0,68
Гравелистые, крупные, средние пески, мелкие и пылеватые пески, легкая песчанистая супесь, легкий и тяжелый песчанистые суглинки, обработанные зольным или шлаковым вяжущим (ГОСТ 23558), соответствующие марке		
20	300	0,23
40	450	0,35
60	600	0,40
75	730	0,43
100	870	0,50

Окончание таблицы Б.1

Материал	Расчетный модуль упругости E, МПа	Прочность на растяжение при изгибе $R_{укр}$, МПа
Органоминеральные смеси по ГОСТ 30491: щебеночно-песчаная смесь, гравийно-песчаная смесь и крупнообломочный грунт, обработанные:		
жидкими органическими вяжущими или вязкими, в т.ч. эмульгированными органическими вяжущими	450	—
жидкими органическими вяжущими совместно с минеральными или эмульгированными органическими вяжущими совместно с минеральными	950	0,68
Гравелистый, крупный, средний песок, мелкий песок, легкая песчанистая и пылеватая супесь, легкий и тяжелый песчанистые суглинки по ГОСТ 30491, обработанные:		
жидкими органическими вяжущими или вязкими, в т.ч. эмульгированными органическими вяжущими	430	—
жидкими органическими вяжущими совместно с минеральными или эмульгированными органическими вяжущими совместно с минеральными	700	0,45

Таблица Б.2 — Щебеночные основания из неукрепленных материалов и каменные мостовые

Материал	Расчетный модуль упругости E, МПа	
	легкоуплотняемого щебня	трудноуплотняемого щебня
Фракционный щебень фракции 31,5—63 мм по ГОСТ 32703 и ГОСТ 32826, устроенный по способу заклинки, расклинцованный:		
фракционным мелким щебнем	450	350
известняковой мелкой смесью, активным мелким шлаком	400	300
мелким высокоактивным шлаком	450	400
асфальтобетонной смесью, асфальтогранулятом	500	450
цементно-песчаной смесью марки М75	От 450 до 700	От 350 до 600
Каменная мостовая:		
из колотого камня	—	500
из булыжного камня	—	400
Примечание — Значение модулей упругости для щебня, расклинцованного цементно-песчаной смесью, принимают в зависимости от глубины пропитки.		

Таблица Б.3 — Конструктивные слои из щебеночно-гравийно-песчаных смесей

Материал слоя, мм	Расчетный модуль упругости E, МПа
Щебеночные смеси для покрытий непрерывной гранулометрии при максимальном размере зерен (ГОСТ 25607)	
$С_1$ — 40	300
$С_2$ — 20	290

Окончание таблицы Б.3

Материал слоя, мм	Расчетный модуль упругости *E*, МПа
Щебеночные смеси для оснований непрерывной гранулометрии при максимальном размере зерен (ГОСТ 25607)	
$С_3$ — 120	280
$С_4$ — 80	275
$С_5$ — 40	260
$С_6$ — 20	250
$С_7$ — 10	240
Гравийные смеси для покрытий непрерывной гранулометрии при максимальном размере зерен (ГОСТ 25607)	
$С_1$ — 40	280
$С_2$ — 20	265
Гравийные смеси для оснований непрерывной гранулометрии при максимальном размере зерен (ГОСТ 25607)	
$С_3$ — 120	240
$С_4$ — 80	230
$С_5$ — 40	220
$С_6$ — 20	200
$С_7$ — 10	180
Шлаковая щебеночно-песчаная смесь из неактивных и слабоактивных шлаков (ГОСТ 3344)	
$С_1$ — 70	275
$С_2$ — 70	260
$С_4$ — 40	250
$С_6$ — 20	210

Таблица Б.4 — Значения кратковременного модуля упругости асфальтобетона при расчете дорожных одежд по допускаемому упругому прогибу и условию сдвигоустойчивости

Материал	Кратковременный модуль упругости *E*, МПа, при температуре покрытия, °С				
	10	20	30	40	50
ЩМА ТР ТС на ПБВ по ГОСТ Р 52056					
ПБВ 40	5000	3300	1900	1150	650
ПБВ 60	4600	2500	1500	800	550
ПБВ 90	3900	2100	1150	750	500
ЩМА ТР ТС на БНД по ГОСТ 33133					
БНД 50/70	5500	3600	2050	1250	700
БНД 70/100	4900	2800	1700	860	600
БНД 100/130	4100	2300	1250	800	550
ЩМА ТР ТС и SMA на битумном вяжущем, классифицируемом по PG					
PG 82 - Y	5600	3900	2250	1350	800

Окончание таблицы Б.4

Материал	Кратковременный модуль упругости *E*, МПа, при температуре покрытия, °С				
	10	20	30	40	50
PG 76 - Y	5300	3600	2100	1300	650
PG 70 - Y	5000	3300	2050	1150	700
PG 64 - Y	4600	2650	1650	850	600
PG 58 - Y	4300	2400	1300	800	550
PG 52 -Y	4100	2100	1150	650	500
Асфальтобетон для слоев покрытия АБ ТР ТС на ПБВ по ГОСТ Р 52056					
ПБВ 40	4200	2700	1600	900	650
ПБВ 60	3100	2000	1100	850	500
ПБВ 90	2200	1300	800	650	480
Асфальтобетон для слоев покрытия АБ ТР ТС на БНД по ГОСТ 33133					
БНД 50/70	4500	3000	1800	1000	700
БНД 70/100	3300	2250	1300	950	600
БНД 100/130	2600	1500	900	750	550
Асфальтобетон для слоев покрытия АБ ТР ТС и SP на битумном вяжущем, классифицируемом по PG					
PG 82 - Y	4800	3400	2100	1200	750
PG 76 - Y	4500	3100	1700	1050	700
PG 70 - Y	4200	2800	1500	1000	650
PG 64 -Y	3800	2500	1300	700	500
PG 58 - Y	3400	2100	1000	600	450
PG 52 - Y	2800	1500	900	550	400
PG 46 - Y	2100	1100	750	500	350
Асфальтобетон для слоя основания АБ ТР ТС на БНД по ГОСТ 33133					
БНД 50/70	2900	1750	900	550	400
БНД 70/100	2100	1250	750	450	350
БНД 100/130	1600	1000	650	400	350
Асфальтобетон для слоя основания АБ ТР ТС на битумном вяжущем, классифицируемом по PG					
PG 64 - Y	2900	1750	900	550	400
PG 58 -Y	2100	1250	750	450	350
PG 52 - Y	1600	1000	650	400	350
PG 46 - Y	1300	800	550	350	300
Асфальтобетон для слоя основания SP на битумном вяжущем, классифицируемом по PG					
PG 64 -Y	3800	1700	1200	700	500
PG 58 - Y	3400	1400	1000	600	450
PG 52 - Y	2800	1300	900	550	400
PG 46 - Y	2100	1100	750	500	350

Таблица Б.5 — Характеристики асфальтобетона при расчете на растяжение при изгибе под кратковременными нагрузками

Материал	Расчетный модуль упругости E, МПа	m	α	Нормативное сопротивление растяжению при изгибе R_0, МПа
ЩМА ТР ТС на ПБВ по ГОСТ Р 52056				
ПБВ 40	7100	6,0	5,0/5,6	10,00
ПБВ 60	6200	5,5	5,2/5,9	9,80
ПБВ 90	5400	5,0	5,4/6,3	9,50
ЩМА ТР ТС на БНД по ГОСТ 33133				
БНД 50/70	7600	6,0	5,0/5,6	10,00
БНД 70/100	6800	5,5	5,2/5,9	9,80
БНД 100/130	5900	5,0	5,4/6,3	9,50
ЩМА ТР ТС и SMA на битумном вяжущем, классифицируемом по PG				
PG 82 - Y	7800	6,0	5,0/5,6	10,40
PG 76 - Y	7300	6,0	5,0/5,6	10,20
PG 70 - Y	6900	6,0	5,0/5,6	10,00
PG 64 - Y	6300	6,0	5,0/5,6	10,00
PG 58 - Y	5800	5,5	5,2/5,9	9,80
PG 52 - Y	5400	5,0	5,4/6,3	9,50
Асфальтобетон для слоев покрытия АБ ТР ТС на ПБВ по ГОСТ Р 52056				
ПБВ 40	5300	6,0	5,0/5,6	10,00
ПБВ 60	4100	5,5	5,2/5,9	9,80
ПБВ 90	3100	5,0	5,4/6,3	9,50
Асфальтобетон для слоев покрытия АБ ТР ТС на БНД по ГОСТ 33133				
БНД 50/70	5800	6,0	5,0/5,6	10,00
БНД 70/100	4500	5,5	5,2/5,9	9,80
БНД 100/130	3600	5,0	5,4/6,3	9,50
Асфальтобетон для слоев покрытия АБ ТР ТС и SP на битумном вяжущем, классифицируемом по PG				
PG 82 - Y	6300	6,0	5,0/5,6	10,40
PG 76 - Y	6000	6,0	5,0/5,6	10,20
PG 70 - Y	5700	6,0	5,0/5,6	10,00
PG 64 - Y	5300	6,0	5,0/5,6	10,00
PG 58 - Y	4900	5,5	5,2/5,9	9,80
PG 52 - Y	4200	5,0	5,4/6,3	9,50
PG 46 - Y	3500	4,5	5,8/6,8	9,30
Асфальтобетон для слоя основания АБ ТР ТС на БНД по ГОСТ 33133				
БНД 50/70	3800	4,5	5,8/6,8	8,30
БНД 70/100	2950	4,3	5,9/7,1	8,00
БНД 100/130	2150	4,0	6,3/7,6	7,80

Окончание таблицы Б.5

Материал	Расчетный модуль упругости E, МПа	m	α	Нормативное сопротивление растяжению при изгибе R_0, МПа
Асфальтобетон для слоя основания АБ ТР ТС на битумном вяжущем, классифицируемом по PG				
PG 64 -Y	3800	4,5	5,8/6,8	8,30
PG 58 - Y	2950	4,3	5,9/7,1	8,00
PG 52 - Y	2150	4,0	6,3/7,6	7,80
PG 46 - Y	1800	3,7	6,6/8,2	7,6
Асфальтобетон для слоя основания SP на битумном вяжущем, классифицируемом по PG				
PG 64 -Y	5300	6,0	5,0/5,6	10,00
PG 58 - Y	4900	5,5	5,2/5,9	9,80
PG 52 - Y	4200	5,0	5,4/6,3	9,50
PG 46 - Y	3500	4,5	5,8/6,8	9,30
Примечание — Коэффициент α в числителе приведен для II ДКЗ, в знаменателе для III — V ДКЗ.				

Таблица Б.6 — Расчетные значения модуля упругости асфальтобетона при расчете на статическую нагрузку

Вид асфальтобетона	Значение E при статической нагрузке, МПа, при температуре, °С			
	20	30	40	50
ЩМА и SMA с номинальным максимальным размером зерен 16 мм и более, на ПБВ по ГОСТ Р 52056 или на битумных вяжущих марок PG (82 — 70) - Y	450	400	340	280
ЩМА и SMA с номинальным максимальным размером зерен менее 16 мм, на ПБВ по ГОСТ Р 52056 или на битумных вяжущих марок PG (82 — 70) - Y	390	330	290	250
ЩМА и SMA с номинальным максимальным размером зерен 16 мм и более на БНД по ГОСТ 33133 или на битумных вяжущих марок (64 — 52) - Y	380	320	280	240
ЩМА и SMA с номинальным максимальным размером зерен менее 16 мм на БНД по ГОСТ 33133 или на битумных вяжущих марок PG (64 — 52) -Y	320	260	230	210
Асфальтобетон для слоев покрытия АБ ТР ТС и SP с номинальным максимальным размером зерен 16 мм и более, на ПБВ по ГОСТ Р 52056 или на битумных вяжущих марок PG (82 — 70) - Y	570	500	430	360
Асфальтобетон для слоев покрытия АБ ТР ТС и SP с номинальным максимальным размером зерен менее 16 мм, на ПБВ по ГОСТ Р 52056 или на битумных вяжущих марок PG (82 — 70) - Y	490	430	370	310
Асфальтобетон для слоев покрытия АБ ТР ТС и SP с номинальным максимальным размером зерен 16 мм и более, на БНД по ГОСТ 33133 или на битумных вяжущих марок PG (64 — 46) - Y	480	420	360	300
Асфальтобетон для слоев покрытия АБ ТР ТС и SP с номинальным максимальным размером зерен менее 16 мм, на БНД по ГОСТ 33133 или на битумных вяжущих марок PG (64 — 46) - Y	400	350	300	250
Асфальтобетон для слоя основания АБ ТР ТС и SP с номинальным максимальным размером зерен 22,4 мм и более, на БНД по ГОСТ 33133 или на битумных вяжущих, классифицируемых по PG	360	320	280	250
Асфальтобетон для слоя основания АБ ТР ТС и SP с номинальным максимальным размером зерен менее 22,4 мм, на БНД по ГОСТ 33133 или на битумных вяжущих, классифицируемых по PG	290	250	220	200

Приложение В
(справочное)

Расчетные характеристики материалов конструктивных слоев для улиц населенных пунктов

Таблица В.1 — Значения коэффициента k_2, учитывающего снижение прочности во времени от воздействия природно-климатических факторов

Вид асфальтобетона		Значения коэффициента k_2
Высокоплотный		1,00
Щебеночно-мастичный		0,95
Плотный	I марки	0,95
	II марки	0,90
	III марки	0,80
Пористый и высокопористый		0,80

Таблица В.2 — Щебеночные основания из неукрепленных материалов

Материал	Расчетный модуль упругости E, МПа	
	легкоуплотняемого щебня	трудноуплотняемого щебня
Фракционный щебень фракции 40—80(70) мм по ГОСТ 8267, устроенный по способу заклинки, расклинцованный:		
фракционным мелким щебнем	450	350
известняковой мелкой смесью или активным мелким шлаком	400	300
мелким высокоактивным шлаком	450	400
асфальтобетонной смесью	500	450
цементно-песчаной смесью марки М75	От 450 до 700	От 350 до 600

Таблица В.3 — Значения кратковременного модуля упругости асфальтобетона по ГОСТ 9128 и ГОСТ 31015 при расчете дорожных одежд по допускаемому упругому прогибу и условию сдвигоустойчивости

Материал	Тип и марка вяжущего		Кратковременный модуль упругости E, МПа, при температуре покрытия, °С				
			10	20	30	40	50
Щебеночно-мастичный асфальтобетон	ПБВ	40	5000	3400	2000	1100	620
		60	4500	2600	1600	780	530
		90	3800	2000	1100	670	460
	БНД	40/60	5400	3600	2100	1200	700
		60/90	4700	2800	1700	860	600
		90/130	4000	2200	1160	730	530
Плотный асфальтобетон и высокоплотный асфальтобетон	БНД	40/60	4400	2600	1550	850	520
		60/90	3200	1800	1100	650	460

Окончание таблицы В.3

Материал	Тип и марка вяжущего		Кратковременный модуль упругости E, МПа, при температуре покрытия, °С				
			10	20	30	40	50
Плотный асфальтобетон и высокоплотный асфальтобетон	БНД	90/130	2400	1200	850	550	420
		130/200	1500	800	670	460	380
		200/300	1200	600	500	420	360
Пористый и высокопористый асфальтобетон	БНД	40/60	2800	1700	900	540	390
		60/90	2000	1200	700	460	360
		90/130	1400	800	510	380	350
		130/200	1100	600	400	340	340
		200/300	950	450	350	330	330

Примечания

1 Модули упругости пористого и высокопористого асфальтобетона даны применительно к песчаным смесям. При температуре от 30 °С до 50 °С модули упругости для мелкозернистых смесей следует увеличить на 10 %, а для крупнозернистых смесей — на 20 %.

2 При расчете на упругий прогиб следует принимать при $t° = +10$.

Таблица В.4 — Характеристики асфальтобетона по ГОСТ 9128 и ГОСТ 31015 при расчете на растяжение при изгибе под кратковременными нагрузками

Асфальтобетон		Расчетное значение модуля упругости E, МПа	m	α	Нормативные значения сопротивления растяжению при изгибе R_0, МПа
Щебеночно-мастичный асфальтобетон	БНД 40/60	7400	6,0	5,0/5,6	10,00
	БНД 60/90	5600	5,5	5,2/5,9	9,80
	БНД 90/130	4550	5,0	5,4/6,3	9,50
	ПБВ 40	7100	6,0	5,0/5,6	10,00
	ПБВ 60	5300	5,5	5,2/5,9	9,80
	ПБВ 90	4400	5,0	5,4/6,3	9,50
Высокоплотный	БНД 40/60	8600	6,0	5,0/5,6	10,00
	БНД 60/90	6000	5,5	5,2/5,9	9,80
	БНД 90/130	4600	5,0	5,4/6,3	9,50
	БНД 130/200	3500	4,5	5,8/6,8	9,30
	БНД 200/300	2500	4,3	5,9/7,1	9,00
Плотный	БНД 40/60	6000	6,0	5,0/5,6	10,00
	БНД 60/90	4500	5,5	5,2/5,9	9,80
	БНД 90/130	3600	5,0	5,4/6,3	9,50
	БНД 130/200	2600	4,5	5,8/6,8	9,30
	БНД 200/300	2000	4,3	5,9/7,1	9,00

Окончание таблицы В.4

Асфальтобетон		Расчетное значение модуля упругости E, МПа	m	α	Нормативные значения сопротивления растяжению при изгибе R_0, МПа
Пористый	БНД 40/60	3600	4,5	5,8/6,8	8,30
	БНД 60/90	2800	4,3	5,9/7,1	8,00
	БНД 90/130	2200	4,0	6,3/7,6	7,80
	БНД 130/200	1800	3,75	6,6/8,2	7,60
	БНД 200/300	1400	3,7	6,7/8,2	7,10
Высокопористый:	БНД 40/60	3000	4,3	5,9/7,1	5,50
	БНД 60/90	2100	4,0	6,3/7,6	5,65
	БНД 90/130	1700	3,8	6,5/7,9	5,50
Примечание — Коэффициент α в числителе приведен для II ДКЗ, в знаменателе — для III—V ДКЗ.					

Таблица В.5 — Расчетные значения модуля упругости асфальтобетона по ГОСТ 9128 и ГОСТ 31015 при расчете на статическую нагрузку

Вид асфальтобетона	Тип смеси	Расчетный модуль упругости E при статическом действии нагрузки, МПа, при расчетной температуре, °С			
		20	30	40	50
ЩМА	—	380	320	280	240
Плотные смеси	А	480	420	360	300
	Б	400	350	300	250
	В	320	280	240	200
	Г	300	270	220	200
	Д	200	180	160	150
Пористые и высокопористые	Крупнозернистая	360	320	280	250
	Мелкозернистая	290	250	220	200
	Песчаная	250	225	200	190
Примечание — Модуль упругости высокоплотного асфальтобетона следует принимать как для плотного асфальтобетона типа А.					

Приложение Г
(справочное)

Пример расчета конструкции дорожной одежды капитального типа

Г.1 Пример 1

Требуется запроектировать дорожную одежду капитального типа для участка автомобильной дороги IБ категории на участке перегона между транспортными развязками.

Г.1.1 Исходные данные:

а) область проектирования — Курская;

б) количество полос движения — 4 в обоих направлениях;

в) дорожно-климатическая зона — III_2;

г) тип местности по увлажнению — 2;

д) номер района проектирования, соответствующий количеству расчетных дней в году, — 3;

е) количество расчетных дней в году $T_{рдг}$ = 125;

ж) тип дорожной одежды — капитальный;

и) тип нормативной нагрузки А-11,5:

1) статическая нагрузка на колесо P = 57,5 кН;

2) давление на покрытие p = 0,8 МПа;

3) диаметр отпечатка при расчете на подвижную нагрузку D = 34 см;

к) заданный уровень надежности $K_н$ = 0,98 (см. таблицу 10);

л) коэффициенты прочности (см. таблицу 11):

1) по допускаемому упругому прогибу $K_{пр}^{тр}$ = 1,5;

2) по условию сдвигоустойчивости и на сопротивление при изгибе $K_{пр}^{тр}$ =1,1;

м) показатель изменения интенсивости движения q = 1,03;

н) срок службы дорожной одежды $T_{сл}$ = 24 года;

п) тип земляного полотна — насыпь;

р) грунт рабочего слоя земляного полотна — пылеватая супесь;

с) глубина промерзания грунта рабочего слоя — 1,0 м;

т) расстояние от низа дорожной одежды до уровня грунтовых вод — 2,8 м.

Состав движения на конец нормативного межремонтного срока проведения работ по капитальному ремонту (24-й год эксплуатации дороги) в обоих направлениях приведен в таблице Г.1.

Г.1.2 Расчет суммарного числа приложений расчетной нагрузки

Г.1.2.1 Расчет приведенной интенсивности движения выполнен в таблице Г.1. Коэффициенты приведения приняты в соответствии с таблицей 6 настоящего стандарта.

Таблица Г.1 — Фактическая и приведенная интенсивность движения

Схема	Наименование	Коэффициент приведения K_i	Интенсивность N_i, авт/сут	Приведенная интенсивность N_iK_i, авт/сут
	Легковые автомобили и фургоны	0,01	10500	105
	Двухосные грузовые автомобили	0,6	1205	723
	Трехосные грузовые автомобили	2,49	200	498
	Четырехосные грузовые автомобили	3,62	200	724

Окончание таблицы Г.1

Схема	Наименование	Коэффициент приведения K_i	Интенсивность N_i, авт/сут	Приведенная интенсивность N_iK_i, авт/сут
	Четырехосные автопоезда	1,81	1000	1810
	Пятиосные автопоезда	2,15	500	1075
	Трехосные седельные автопоезда	2,39	500	1195
	Четырехосные седельные автопоезда	4,13	1000	4130
	Пятиосные седельные автопоезда (двухосный тягач)	6,48	200	1296
	Пятиосные седельные автопоезда (трехосный тягач)	4,70	500	2350
	Шестиосные седельные автопоезда	7,94	200	1588
	Автомобили с семью и более осями	8,47	300	2541
	Автобусы	0,75	300	225
				Итого ΣN_iK_i: 18260

Г.1.2.2 Приведенную интенсивность движения к воздействию расчетной нагрузки $N_р$ на полосу движения на конец нормативного межремонтного срока проведения работ по капитальному ремонту $T_{сл}$ рассчитывают по формуле (3) настоящего стандарта

$$N_р = 0,45 \cdot 18260 = 8217 \text{ авт/сут.}$$

При четырех полосах в обоих направлениях $f_{пол} = 0,45$.

Суммарное число приложений приведенной расчетной нагрузки $\Sigma N_р$ рассчитывают по формуле (6) настоящего стандарта

$$\Sigma N_р = 0,7 \cdot 8217 \frac{1,03^{24} - 1}{1,03^{(24-1)}(1,03 - 1)} 125 \cdot 1,49 = 18687183 \text{ авт.}$$

Г.1.3 Выбор типа асфальтобетона АБ ТР ТС для устройства слоев покрытия и верхнего слоя основания

По методике, представленной в приложении Д, определяют:

- суммарное число приложений приведенной расчетной нагрузки $\Sigma N_р$ с учетом круглогодичного использования дороги ($T_{годы}$ = 365 сут).

$$\Sigma N_р = 0,7 \cdot 8217 \frac{1,03^{24} - 1}{1,03^{(24-1)}(1,03 - 1)} 365 \cdot 1,49 = 54566576 \text{ авт;}$$

- определяют коэффициент перехода к нагрузке 100 кН

$$K = \left(\frac{115}{100}\right)^4 = 1,75;$$

- определяют суммарное число приложений приведенной расчетной нагрузки 100 кН за срок службы дорожной одежды

$$54566576 \cdot 1,75 = 95491508 \text{ авт.}$$

В соответствии с нормативными документами на асфальтобетонные смеси АБ ТР ТС при ΣN_{100} >3 млн авт для устройства слоев покрытия и верхнего слоя основания следует выбрать смеси для дорог с тяжелыми условиями движения.

Г.1.4 Назначение конструкции дорожной одежды и ориентировочных толщин конструктивных слоев:

- ЩМА ТР ТС ЩМА 16 на ПБВ 60 по ГОСТ Р 52056 — 5 см;
- АБ ТР ТС А22 НТ на битумном вяжущем БНД 70/100 по ГОСТ 33133 — 9 см;
- АБ ТР ТС А32 ОТ на битумном вяжущем БНД 70/100 по ГОСТ 33133 — 13 см;
- ЩПС, укрепленная цементом, М 40 — 12 см;
- щебень фракции свыше 31,5 до 63 мм из прочных изверженных пород М 1000, уложенный по способу заклинки, — 15 см;
- песок средней крупности с содержанием пылеватых и глинистых частиц 5 % — 64 см.

Г.1.5 Назначение расчетных характеристик конструктивных слоев дорожной одежды и грунта рабочего слоя

Расчетные характеристики конструктивных слоев дорожной одежды приведены в таблице Г.2.

Таблица Г.2 — Расчетные характеристики конструктивных слоев дорожной одежды

Материал слоя	Модуль упругости, МПа, для расчета			Расчетные характеристики при расчете усталостному разрушению от растяжения при изгибе		
	по допускаемому упругому прогибу	по условию сдвигоустойчивости (при T=20°) на подвижную нагрузку	по усталостному разрушению от растяжения при изгибе	сопротивление растяжению при изгибе R_0, МПа	m	α
ЩМА ТР ТС на ПБВ 60 по ГОСТ Р 52056	4600	2500	6200	9,8	5,5	5,2
АБ ТР ТС А22 НТ на битумном вяжущем БНД 70/100 по ГОСТ 33133	3300	2250	4500	9,8	5,5	5,2
АБ ТР ТС А32 ОТ на битумном вяжущем БНД 70/100 по ГОСТ 33133	2100	1250	2950	8	4,3	7,1
ЩПС, укрепленная цементом, М 40	600	600	600	0,42	—	—
Гранитный щебень фракции свыше 31,5 до 63 мм М 1000, уложенный по способу заклинки	350	350	350	—	—	—
Песок средней крупности	120	120	120	—	—	—

Расчетные характеристики грунта — пылеватой супеси определяют в зависимости от расчетной влажности по формуле (А.1, приложение А) при значениях:

- $W_{табл}$ = 0,70 — среднемноголетнее значение относительной влажности (в долях от границы текучести) (таблица А.2, приложение А);
- Δ = 0,00 — поправка к $W_{табл}$ для участков дороги, проходящих в насыпи, с рабочей отметкой не менее чем руководящая отметка для данного типа грунта и типа местности;
- $\Delta_1 W$ = 0,00 — поправка в равнинных районах местности;

- $\Delta_2 W$ = 0,03 — поправка при устройстве на остановочной полосе обочины покрытия из асфальтобетона (таблица А.3, приложение А);
- V_r = 0,10 — коэффициент вариации;
- t = 2,19 — коэффициент нормированного отклонения при требуемом уровне надежности $K_н$= 0,98 (таблица А.4, приложение А);
- Δ_3 = 0 — поправка на влияние суммарной толщины слоев дорожной одежды при $W_{табл}$ < 0,75 (см. рисунок А.2, приложение А).

$$W_р = (0,70 + 0,00 + 0,00 – 0,03)(1 + 0,1 \cdot 2,19) – 0,00 = 0,817.$$

Модуль упругости грунта — пылеватой супеси определяют по таблице А.5 (приложение А) в зависимости от $W_р$= 0,817; $E_{гр}$ = 30,33 МПа.

Расчетные сдвиговые характеристики грунта определяют по таблице А.6 (приложение А), в зависимости от $W_р$= 0,817 и $\Sigma N_р$= 18687183 авт:

$$c = 0,\ 00300 \text{ МПа};\ \varphi = 11,33°;\ \varphi_{ст} = 34,00°.$$

Расчетные сдвиговые характеристики среднего песка определяют по таблице А.8 (приложение А) в зависимости от $\Sigma N_р$= 18687183 авт:

$$c = 0,002 \text{ МПа};\ c_{ст} = 0,005 \text{ МПа};\ \varphi = 26,00°;\ \varphi_{ст} = 33,00°.$$

Г.1.6 Результаты расчета дорожных одежд на прочность на кратковременное многократное действие подвижных нагрузок

Г.1.6.1 Расчет на прочность по допускаемому упругому прогибу

Расчет по допускаемому упругому прогибу выполняют в следующей последовательности:

- определяют минимальный требуемый модуль упругости по эмпирической формуле (10), при c = 3,20

$$E_{min} = \sqrt{\frac{p}{0,6}}\, 98,65\left[\lg\sum N_р - c\right] = \sqrt{\frac{0,8}{0,6}}\, 98,65 \cdot [\lg 18687183 – 3,20] = 463,79 \text{ МПа};$$

- общий модуль упругости $E_{общ}$ определяют по номограмме (см. рисунок 4), выполняя расчет снизу вверх.

Результаты расчета общего модуля упругости приведены в таблице Г.3 и на рисунке Г.1.

Таблица Г.3 — Результаты расчета общего модуля упругости

№ слоя	Материал слоя дорожной одежды	Модуль упругости E, МПа	Толщина слоя h, см	h/D	$E_{общ}/E_i$	Общий модуль упругости на поверхности слоев, МПа
1	ЩМА ТР ТС на ПБВ 60 по ГОСТ Р 52056	4600	5	0,147	594,00/4600 = 0,129	$E_{общ}$ = 0,155 · 4600 = = 713,00
2	АБ ТР ТС А22 НТ на битумном вяжущем БНД 70/100 по ГОСТ 33133	3300	9	0,265	388,50/3300 = 0,117	$E^{I}_{общ}$ = 0,18 · 3300 = = 594,00
3	АБ ТР ТС А32 ОТ на битумном вяжущем БНД 70/100 по ГОСТ 33133	2100	13	0,382	207,00/2100 =0,098	$E^{II}_{общ}$ = 0,185 · 2100 = = 388,50
4	ЩПС, укрепленная цементом, М 40	600	12	0,353	140,00/600 = 0,233	$E^{III}_{общ}$ = 0,345 · 600 = = 207,00
5	Гранитный щебень фракции 31,5—63 мм М 1000, уложенный по способу заклинки	350	15	0,441	85,80/350 = 0,245	$E^{IV}_{общ}$ = 0,40 · 350 = = 140,00
6	Песок средней крупности	120	64	1,882	30,33/120 = 0,253	$E^{V}_{общ}$ = 0,715 · 120 = = 85,80
—	Пылеватая супесь	30,33	—	—	—	$E_{гр}$=30,33

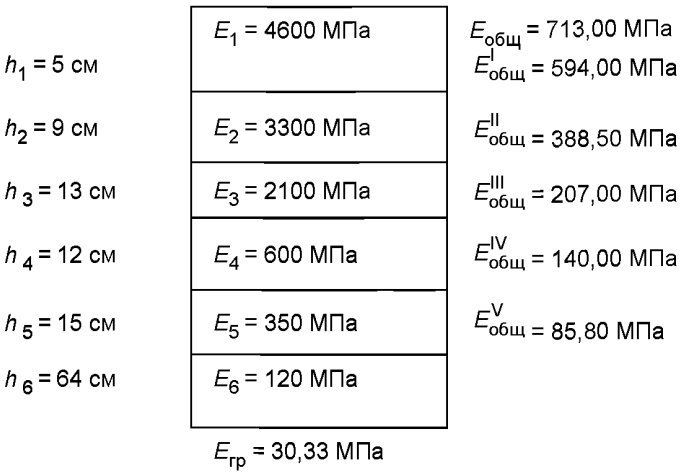


Рисунок Г.1— Схема конструкции дорожной одежды и результаты расчета по допускаемому упругому прогибу

- определяют коэффициент прочности:

$$K_{пр} = 713,00/463,79 = 1,54.$$

Прочность по допускаемому упругому прогибу обеспечена.

Г.1.6.2 Расчет по условию сдвигоустойчивости в подстилающем грунте

Расчетная схема конструкции приведена на рисунке Г.2.

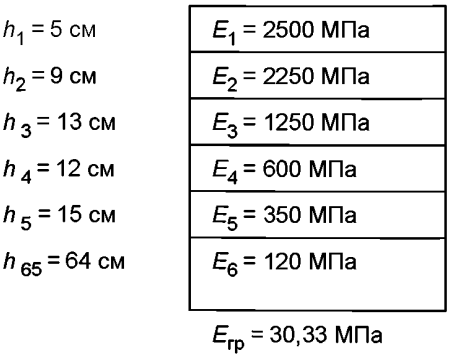


Рисунок Г.2 — Схема конструкции дорожной одежды для расчета по условию сдвигоустойчивости на подвижную нагрузку в грунте

Расчет выполняют в следующей последовательности:

- определяют средневзвешенный модуль упругости по формуле (16) настоящего стандарта

$$E_{ср} = \sum_{i=1}^{5} E_i h_i \sum_{i=1}^{5} h_i = (2500 \cdot 5 + 2250 \cdot 9 + 1250 \cdot 13 + 600 \cdot 12 + 350 \cdot 15 + 120 \cdot 64)/(5 + 9 + 13 + 12 + 15 + 64) = 585,85 \text{ МПа};$$

- по отношениям $E_{ср}/E_{гр}$ = 585,85/30,33 = 19,31; $\sum_{1}^{5} h/D$ = 118/34 = 3,47 и φ = 11,33° с использованием номограммы (см. рисунок 5) находят активное удельное напряжение сдвига от единичной нагрузки (p = 1 МПа) $\bar{\tau}_H$ = 0,0050 МПа.

Активное напряжение сдвига определяют по формуле (14) при p = 0,8 МПа

$$T = \bar{\tau}_H p = 0,0050 \cdot 0,8 = 0,00400 \text{ МПа};$$

- предельное напряжение сдвига $T_{пр}$ определяют по формуле (13) при $k_д$ = 1

$$T_{пр} = k_д(c_N + 0,1\gamma_{ср} Z \operatorname{tg} \varphi_{ст}) = 1,0(0,0030 + 0,1 \cdot 0,002 \cdot 118 \cdot \operatorname{tg} 34) = 0,01892 \text{ МПа};$$

- определяют коэффициент прочности

$$K_{пр} = T_{пр}/T = 0,01892/0,00400 = 4,73.$$

Прочность по сдвигу в грунте обеспечена.

Г.1.6.3 Расчет по условию сдвигоустойчивости в песчаном основании

Расчет выполняют в следующей последовательности:

- определяют средневзвешенный модуль упругости без учета слоя песка по формуле (16) настоящего стандарта

$$E_{ср} = \sum_{i=1}^{5} E_i h_i \Big/ \sum_{i=1}^{5} h_i = (2500 \cdot 5 + 2250 \cdot 9 + 1250 \cdot 13 + 600 \cdot 12 + 350 \cdot 15)/(5 + 9 + 13 + 12 + 15) = 1137{,}96 \text{ МПа};$$

- по отношениям при $E_{ср}/E^{IV}_{общ} = 1137{,}96/85{,}80 = 13{,}26$, $\sum_{1}^{5} h/D = 54/34 = 1{,}59$ и $\varphi = 26°$ с использованием номограммы (см. рисунок 6) находят активное удельное напряжение сдвига от единичной нагрузки $\bar{\tau}_H = 0{,}01259$ МПа.

Активное напряжение сдвига определяют по формуле (14) при $p = 0{,}8$ МПа

$$T = \bar{\tau}_H p = 0{,}01259 \cdot 0{,}8 = 0{,}01007 \text{ МПа};$$

- предельное напряжение сдвига определяют по формуле (13):

$$T_{пр} = k_д(c_N + 0{,}1\gamma_{ср} Z \operatorname{tg} \varphi_{ст}) = (0{,}0020 + 0{,}1 \cdot 0{,}002 \cdot 54 \cdot \operatorname{tg}33) = 0{,}01803 \text{ МПа};$$

- определяют коэффициент прочности

$$K_{пр} = T_{пр}/T = 0{,}01803/0{,}01007 = 1{,}79.$$

Прочность по сдвигу в песке обеспечена.

Г.1.6.4 Расчет монолитного слоя основания (асфальтобетона) по усталостному разрушению от растяжения при изгибе

Расчетная схема конструкции дорожной одежды приведена на рисунке Г.3.

$h_1 = 5$ см	$E_1 = 6200$ МПа
$h_2 = 9$ см	$E_2 = 4500$ МПа
$h_3 = 13$ см	$E_3 = 2950$ МПа
	$E^{III}_{общ\ осн} = 207{,}00$ МПа

Рисунок Г.3 — Схема конструкции дорожной одежды для расчета слоев асфальтобетона по усталостному разрушению от растяжения при изгибе

Расчет выполняют в следующей последовательности:

- определяют средневзвешенный модуль упругости по формуле (16) настоящего стандарта

$$E_{ср} = \sum_{i=1}^{3} E_i h_i \Big/ \sum_{i=1}^{3} h_i = (6200 \cdot 5 + 4500 \cdot 9 + 2950 \cdot 13)/(5 + 9 + 13) = 4068{,}52 \text{ МПа};$$

- по отношениям $E_{ср}/E^{III}_{общ\ осн} = 4068{,}52/207{,}00 = 19{,}65$ и $\sum_{1}^{3} h_i/D = 27/34 = 0{,}79$ с использованием номограммы (см. рисунок 9) находят напряжения от единичной нагрузки $\bar{\sigma}_r = 0{,}925$ МПа.

Наибольшие растягивающие напряжения определяют по формуле (20) при $p = 0{,}8$ МПа

$$\sigma_r = \bar{\sigma}_r p k_в = 0{,}94 \cdot 0{,}8 \cdot 0{,}85 = 0{,}639 \text{ МПа};$$

- предельное напряжение на растяжение при изгибе с учетом усталостных явлений R_N в нижнем слое асфальтобетона определяют по формуле (18) при коэффициенте k_1, определяемом при параметрах: $\alpha = 7{,}1$, $m = 4{,}3$ (таблица Б.5, приложение Б) по формуле (19) настоящего стандарта

$$k_1 = \frac{\alpha}{\sqrt[m]{\sum N_p}} = \frac{7{,}1}{\sqrt[4{,}3]{18687183}} = 0{,}145.$$

$$R_N = R_0 k_1 k_2 (1 - V_R t) = 8 \cdot 0{,}145 \cdot 0{,}80 \cdot (1 - 0{,}1 \cdot 2{,}19) = 0{,}725 \text{ МПа};$$

- определяют коэффициент прочности

$$K_{пр} = R_N/\sigma_r = 0{,}725/0{,}639 = 1{,}13.$$

Прочность по усталостному разрушению от растяжения при изгибе обеспечена.

Г.1.6.5 Расчет монолитного слоя основания (укрепленного) по усталостному разрушению от растяжения при изгибе

Расчетные модули упругости слоев из материалов, содержащих органическое вяжущее, принимают при температуре 20 °С, соответствующей расчету дорожной одежды по критерию сдвигоустойчивости.

Расчет выполняют для слоя в следующей последовательности:

- определяют средневзвешенный модуль упругости слоев из асфальтобетона при температуре 20 °С по формуле (16) настоящего стандарта

$$E_{ср} = \sum_{i=1}^{5} E_i h_i \Big/ \sum_{i=1}^{5} h_i = (2500 \cdot 5 + 2250 \cdot 9 + 1250 \cdot 13)/(5 + 9 + 13) = 1814{,}81 \text{ МПа};$$

- по номограмме (см. рисунок 10) по отношениям $E_{ср}/E_4$ = 1814,81/600 = 3,02 (цифра на кривой), $E_4/E_{общ}^{IV}$ = = 600/140,00 = 4,29 (цифра на луче) и $\sum_{1}^{3} h/D$ =39/34 = 1,15 (абсцисса) вычисляют растягивающее напряжение при изгибе от единичной нагрузки $\bar{\sigma}_r$ = 0,22 МПа.

Откуда

$$\sigma_r = \bar{\sigma}_r p = 0{,}22 \cdot 0{,}8 = 0{,}176 \text{ МПа};$$

- рассчитывают предельное напряжение на растяжение при изгибе с учетом усталостных явлений материалов по формуле (22) настоящего стандарта

$$R_{пр} = R_{укр} K_у = 0{,}42 \cdot 0{,}83 = 0{,}348 \text{ МПа},$$

где $R_{укр}$ = 0,42 МПа — предельное напряжение на растяжение при изгибе (таблица Б.1, приложение Б);

$K_у$ — коэффициент усталости, учитывающий снижение прочности материалов, укрепленных неорганическими и комплексными вяжущими, при многократном приложении нагрузки, определяемый по формуле (23) настоящего стандарта

$$K_у = 1{,}525 N_р^{-0{,}0673} = 1{,}525 \cdot 8217^{-0{,}0673} = 0{,}83;$$

- определяют коэффициент прочности

$$K_{пр} = R_{пр}/\sigma_r = 0{,}348/0{,}176 = 1{,}97.$$

Прочность по усталостному разрушению от разрушения при изгибе в монолитном слое основания обеспечена.

Вывод: конструкция дорожной одежды удовлетворяет всем критериям прочности.

Г.1.7 Расчет дорожной одежды на морозоустойчивость

Требуемую по критерию морозоустойчивости толщину дорожной одежды определяют по номограмме (см. рисунок 12) в зависимости от группы грунта по степени пучинистости (таблица 16), глубины промерзания $Z_{пр}$ и $I_{пуч.\ ср}$ — величины морозного пучения при осредненных условиях, определяемой по формуле (25) настоящего стандарта

$$I_{пуч.\ ср} = I_{доп}/K_{угв} K_{пл} K_{гр} K_{нагр} K_{вл},$$

где $K_{угв}$ = 0,56 при $H_{угв}$ = 2,8 м (считая от низа дорожной одежды) — коэффициент, учитывающий влияние расчетной глубины залегания уровня грунтовых вод (см. рисунок 12);

$K_{пл}$ = 1,0 при $K_{упл}$ = 0,98 — коэффициент, зависящий от степени уплотнения грунта рабочего слоя (таблица 19) настоящего стандарта;

$K_{гр}$ = 1,10 — коэффициент, учитывающий влияние гранулометрического состава грунта основания насыпи, принимаемый для супеси пылеватой;

$K_{нагр}$ = 1,05 при глубине промерзания дорожной конструкции $z_{пр}$ = 1,38; $z_{гр}$ = 1,38 · 100 = 138 см — коэффициент, учитывающий влияние нагрузки от собственного веса вышележащей конструкции на грунт в промерзающем слое (см. рисунок 13);

$K_{вл}$ = 1,22 — коэффициент, зависящий от расчетной влажности грунта (таблица 20).

$$I_{пуч.\ ср} = 4{,}0/0{,}56 \cdot 1{,}0 \cdot 1{,}1 \cdot 1{,}05 \cdot 1{,}22 = 5{,}06 \text{ см}.$$

По номограмме (см. рисунок 11) определяют для грунта — супеси пылеватой IV группы по степени пучинистости при $I_{пуч.\ ср}$ = 5,06 см и $Z_{пр}$ = 138 см требуемую толщину дорожной одежды $h_{д.о.\ треб}$ = 79,9 см.

Фактическая толщина дорожной одежды $h_{д.о}$ = 118 см.

Вывод: морозоустойчивость дорожной одежды обеспечена.

Г.1.8 Расчет дренирующего слоя

Г.1.8.1 Исходные данные:

- ширина разделительной полосы a = 5,0 м;
- ширина проезжей части в одном направлении b = 7,5 м;
- ширина обочины c = 3,75 м;
- поперечный уклон низа дренирующего слоя i = 30 ‰;
- коэффициент заложения откосов земляного полотна;
- коэффициент фильтрации песка $K_ф$ = 5 м/сут;
- коэффициент пористости песка n = 0,36;
- продольный уклон i = 20 ‰.

Принимают конструктивное решение — устройство песчаного слоя на всю ширину земляного полотна (см. рисунок 15*а*).

Г.1.8.2 Расчет дренирующего слоя по способу осушения

Г.1.8.2.1 Определяют расчетную величину притока воды $q_р$ в дренирующий слой на 1 м^2 по формуле (29) при значениях q = 3,0 л/м^2 (таблица 21), $K_{пик}$ = 1,5 (таблица 22), $K_г$ = 1,1 (таблица 22), $K_{вог}$ = 1,0, $K_р$ = 1,0 (таблица 23).

Г.1.8.2.2 Определяют длину пути фильтрации L на уровне половины толщины песчаного слоя при двухскатном поперечном профиле и заложении откосов 1:1,5 по следующей формуле:

$$L = a/2 + b + c + d,$$

где a — ширина разделительной полосы, м;

b — ширина проезжей части в одном направлении, м;

c — ширина обочины, м;

d — длина дренирующего слоя, расположенная в откосной части земляного полотна, равная сумме толщин дорожной одежды до уровня середины дренируемого слоя, умноженной на заложение откосов:

$$d = 0,86 \cdot 1,5 = 1,29 \text{ м};$$
$$L = 2,5 + 7,5 + 3,75 + 1,29 = 15,04 \text{ м}.$$

Г.1.8.2.3 По номограмме (см. рисунок 19) определяют $h_{нас}$ — толщину слоя, полностью насыщенного водой при значении погонного удельного притока воды в дорожную конструкцию

$$q' = q_р b = 0,00495 \cdot 7,5 = 0,0371 \text{ м}^3/\text{п.м}.$$

При поперечном уклоне корыта 30 ‰ и абсциссе $q'/K_ф$ = 0,0371/5 = 0,0074 ордината номограммы (см. рисунок 19) 3,5 $h_{нас}/L$ = 0,09 м.

Вычисляют значение $h_{нас}$

$$h_{нас} = 0,09 \cdot 15,04/3,5 = 0,39 \text{ м}.$$

Г.1.8.2.4 Вычисляют полную толщину дренируемого слоя (формула 31)

$$h_п = h_{нас} + h_{зап} = 0,39 + 0,15 = 0,53 \text{ м}.$$

Г.1.8.3 Расчет дренирующего слоя по способу поглощения

Полную толщину дренирующего слоя, работающего по принципу поглощения, рассчитывают при расчетном притоке воды в дренирующий слой за весь расчетный период Q = 40 л/м^2 по формуле (35) настоящего стандарта

$$h_п = \frac{40/(1000 \cdot 0,40) + 0,3 \cdot 0,15}{1 - 0,40} = 0,24 \text{ м}.$$

Окончательно принимают толщину дренируемого слоя, равную 64 см.

Вывод: принятая конструкция дорожной одежды удовлетворяет всем критериям прочности, морозоустойчивости и осушения.

Г.2 Пример 2

Требуется запроектировать дорожную одежду для участков торможения (остановок, пересечений с дорогами V категории на одном уровне и съездов транспортных развязок) на автомобильной дороге категории IБ по данным примера 1.

Г.2.1 Исходные данные

Исходные данные — по примеру 1.

Расчет на кратковременное многократное действие подвижных нагрузок аналогичен примеру 1.

Дополнительно, согласно 10.1.6, дорожную одежду на остановках и остановочных полосах, расположенных на обочинах, перекрестках, на съездах транспортных развязок и подходах к пересечениям с железнодорожными путями, проверяют на однократное нагружение длительностью не менее 10 мин (статическую нагрузку).

Расчет выполняют на нормативную нагрузку А-11,5. Параметры расчетной нагрузки при однократном нагружении (см. таблицу 3):

Статическая нагрузка на колесо P = 57,5 кН, давление на покрытие p = 0,8 МПа, диаметр при статическом приложении нагрузки $D_{ст}$ = 30 см.

Расчетные характеристики грунта при ΣN = 1 и $W_р$ = 0,817:

$$E = 30,33 \text{ МПа}, c_{ст} = 0,00967 \text{ МПа}, \varphi_{ст} = 34,00°.$$

Расчетные характеристики песка при ΣN = 1:

$$E = 120 \text{ МПа}, c_{ст} = 0,05 \text{ МПа}, \varphi_{ст} = 33,00°.$$

Г.2.2 Принятая конструкция дорожной одежды:

- ЩМА ТР ТС ЩМА 16 на ПБВ 60 по ГОСТ Р 52056 — 5 см;
- АБ ТР ТС А22 НТ на битумном вяжущем БНД 70/100 по ГОСТ 33133 — 9 см;
- АБ ТР ТС А32 ОТ на битумном вяжущем БНД 70/100 по ГОСТ 33133 — 13 см;
- ЩПС, укрепленная цементом, М 40 — 12 см;
- щебень фракции свыше 31,5 до 63 мм из прочных изверженных пород М 1000, уложенный по способу заклинки, — 15 см;
- песок средней крупности с содержанием пылеватых и глинистых частиц 5 % — 64 см.

Г.2.3 Расчет конструкции дорожной одежды по условию сдвигоустойчивости на статическую нагрузку в грунте

Модули упругости материалов, содержащих органическое вяжущее, при статическом действии нагрузки во II ДКЗ принимают при температуре 20° С по таблице Б.6 (рисунок Г.4)

h_1 = 5 см	E_1 = 450 МПа
h_2 = 9 см	E_2 = 480 МПа
h_3 = 13 см	E_3 = 360 МПа
h_4 = 12 см	E_4 = 600 МПа
h_5 = 15 см	E_5 = 350 МПа
h_6 = 64 см	E_6 = 120 МПа
	$E_{гр}$ = 30,33 МПа

Рисунок Г.4 — Схема конструкции дорожной одежды при расчете по условию сдвигоустойчивости на статическую нагрузку в грунт

Расчет выполняют в следующей последовательности:

- определяют средневзвешенный модуль упругости по формуле (16) настоящего стандарта

$$E_{ср} = \sum_{i=1}^{5} E_i h_i \Big/ \sum_{i=1}^{5} h_i = (450 \cdot 5 + 480 \cdot 9 + 360 \cdot 13 + 600 \cdot 12 + 350 \cdot 15 + 120 \cdot 64)/(5 + 9 + 13 + 12 + 15 + 64) = 265{,}93 \text{ МПа};$$

- по отношениям $E_{ср}/E_{гр}$ = 265,93/30,33 = 8,77, $\sum_{i=1}^{6} h_i / D$ = 118/30 = 3,93 и $\varphi_{ст}$ = 34° по номограмме (рисунок 5) определяют активное удельное напряжение сдвига от единичной нагрузки $\bar{\tau}_Н$ = 0,0030 МПа.

Определяют активное напряжение сдвига по формуле (14) настоящего стандарта

$$T = \bar{\tau}_Н p = 0{,}0030 \cdot 0{,}8 = 0{,}0024 \text{ МПа};$$

- предельное напряжение сдвига определяют по формуле (13) при $k_д$ = 1, $c_{ст}$ = 0,00996 МПа, Z = $\sum_{i=1}^{5} h_i$ = = 118 см, $\gamma_{ср}$ = 0,002 кг/см^3, $\varphi_{ст}$ = 34°:

$$T_{пр} = k_д(c_{ст} + 0{,}1\gamma_{ср} Z \operatorname{tg} \varphi_{ст}) = 1{,}0 \cdot (0{,}00966 + 0{,}1 \cdot 0{,}002 \cdot 118 \cdot \operatorname{tg} 34°) = 0{,}0256 \text{ МПа};$$

- определяют коэффициент прочности:

$$K_{пр} = T_{пр}/T = 0{,}0256 / 0{,}0024 = 10{,}6.$$

Поскольку полученный коэффициент прочности больше $K_{пр}^{тр}$ = 1,00, условие прочности по сдвигу на статическую нагрузку в грунте выполняется.

Г.2.4 Расчет конструкции дорожной одежды по условию сдвигоустойчивости на статическую нагрузку в песчаном основании

Расчет выполняют в следующей последовательности:

- определяют средний модуль упругости на поверхности песка:

$$E_{ср} = (450 \cdot 5 + 480 \cdot 9 + 360 \cdot 13 + 600 \cdot 12 + 350 \cdot 15)/(5 + 9 + 13 + 12 + 15) = 438{,}9 \text{ МПа};$$

- по отношениям $E_{ср}/ E_{общ}^{IV}$ = 438,9/87,09 = 5,03, $\sum_{i=1}^{5} h_i / D$ = 54/30 = 1,80 и φ = 33°;

с использованием номограммы (см. рисунок 6) определяют активное удельное напряжение сдвига от единичной нагрузки $\bar{\tau}_Н$ = 0,0138 МПа.

Определяют активное напряжение сдвига по формуле (14):

$T = 0{,}0138 \cdot 0{,}8 = 0{,}01104$ МПа;

- предельное напряжение сдвига определяют по формуле (13) при $k_д = 2$, $c_{ст} = 0{,}005$ МПа, $Z = \sum_{i=1}^{4} h_i = 54$ см, $\gamma_{ср} = 0{,}002$ кг/см^3, $\varphi_{ст} = 33°$:

$$T_{пр} = k_д(c_{ст} + 0{,}1\gamma_{ср} Z \operatorname{tg} \varphi_{ст}) = 2{,}0 \cdot (0{,}005 + 0{,}1 \cdot 0{,}002 \cdot 54 \cdot \operatorname{tg}33) = 0{,}02403 \text{ МПа};$$

- определяют коэффициент прочности:

$$K_{пр} = T_{пр}/T = 0{,}02403/0{,}01104 = 2{,}17.$$

Поскольку полученный коэффициент прочности больше $K_{пр}^{тр} = 1{,}00$, условие прочности по сдвигу на статическую нагрузку в песке выполняется.

Вывод: конструкция дорожной одежды на участках торможения дополнительно удовлетворяет критериям прочности по условию сдвигоустойчивости в грунте и песчаном основании при статической нагрузке.

Приложение Д
(справочное)

Методика определения типа/вида асфальтобетонной смеси в зависимости от условий движения

Для определения типа/вида асфальтобетонной смеси АБ ТР ТС или асфальтобетонной смеси SP необходимо суммарное число приложений приведенной расчетной нагрузки $\Sigma N_р$ привести к расчетной нагрузке, приведенной в нормативных документах, содержащих технические требования к асфальтобетонным смесям.

Д.1 Вычисляют суммарное число приложений приведенной расчетной нагрузки $\Sigma N_р$ с учетом круглогодичного пользования по формуле

$$\Sigma N_р = 0,7 N_р \frac{q^{T_{сл}} - 1}{q^{(T_{сл}-1)} \cdot (q-1)} T_{рдг} k_n, \quad (Д.1)$$

где $N_р$ — приведенная интенсивность движения к воздействию расчетной нагрузки, приходящаяся на одну полосу движения, на конец нормативного межремонтного срока проведения работ по капитальному ремонту $T_{сл}$;

q — показатель изменения интенсивности движения (знаменатель геометрической прогрессии);

$T_{сл}$ — нормативный межремонтный срок проведения работ по капитальному ремонту;

$T_{рдг}$ — расчетное число дней в году, принимаемое равным 365;

k_n — коэффициент, учитывающий вероятность отклонения суммарного движения от среднего ожидаемого (см. таблицу 9).

Д.2 Определяют коэффициент перехода к расчетной нагрузке 80 кН или 100 кН по формуле

$$K = \left(\frac{P_i}{P_{расч}} \right)^4, \quad (Д.2)$$

где P_i — расчетная нагрузка для капитального типа дорожной одежды, равная 115 кН;

$P_{расч}$ — расчетная нагрузка, зависящая от типа/вида асфальтобетона (80 кН для асфальтобетонов SP или 100 кН — для АБ ТР ТС).

Д.3 Определяют суммарное число приложений приведенной расчетной нагрузки 80 кН или 100 кН за срок службы дорожной одежды по формуле

$$\Sigma N_{80(100)} = \Sigma N_р K. \quad (Д.3)$$

Д.4 Пример 1. Определяют вид асфальтобетонной смеси SP для дорожной одежды капитального типа на автомобильной дороге I категории с приведенной суточной интенсивностью, равной 1500 авт/сут.

Д.4.1 Определют суммарное число приложений приведенной расчетной нагрузки $\Sigma N_р$ с учетом круглогодичного пользования дороги под движение.

За расчетный срок службы смесей SP принимают 20 лет.

$$\Sigma N_р = 0,7 \cdot 1500 \cdot \frac{1,03^{20} - 1}{1,03^{(20-1)} \cdot (1,03-1)} \cdot 365 \cdot 1,49 = 8746869 \text{ авт.}$$

Д.4.2 Определяют коэффициент перехода к нагрузке 80 кН

$$K = \left(\frac{115}{80} \right)^4 = 4,27.$$

Д.4.3 Определяют суммарное число приложений приведенной расчетной нагрузки 80 кН за срок службы дорожной одежды. Для смесей SP за расчетный срок службы принимают 20 лет.

$$\Sigma N_{80} = 8746869 \cdot 4,27 = 37349130 \text{ авт.}$$

Следовательно, на данной дороге необходимо уложить смесь SP с количеством приложений ЭООН более 30 млн.

Д.5 Пример 2. Определяют тип асфальтобетонной смеси АБ ТР ТС для дорожных одежд капитального типа на автомобильной дороге I категории с приведенной суточной интенсивностью, равной 1500 авт/сут.

Д.5.1 Определяют суммарное число приложений приведенной расчетной нагрузки ΣN_p с учетом круглогодичного пользования. За расчетный срок службы принимают 24 года.

$$\sum N_p = 0,7 \cdot 1500 \cdot \frac{1,03^{24} - 1}{1,03^{(24-1)} \cdot (1,03 - 1)} \cdot 365 \cdot 1,49 = 9969047 \text{ авт.}$$

Д.5.2 Определяют коэффициент перехода к нагрузке 100 кН

$$K = \left(\frac{115}{100}\right)^4 = 1,75.$$

Д.5.3 Определяют суммарное число приложений приведенной расчетной нагрузки 100 кН за срок службы дорожной одежды. За расчетный срок службы принимают 24 года.

$$\Sigma N_{100} = 9969047 \cdot 1,75 = 17445832 \text{ авт.}$$

Следовательно, на данной дороге необходимо уложить смесь для дорог с тяжелыми условиями движения в соответствии с нормативными документами, регламентирующими требования к смесям АБ ТР ТС.

Библиография

[1] Технический регламент Таможенного союза ТР ТС 014/2011 Безопасность автомобильных дорог

УДК 625.72:006.354 ОКПД 2 74.90

Ключевые слова: автомобильные дороги общего пользования, проектирование, нежесткие дорожные одежды, прочность, осушение, морозоустойчивость, модули упругости

БЗ 5—2018/10

Редактор *Л.И. Нахимова*
Технический редактор *В.Н. Прусакова*
Корректор *Е.Д. Дульнева*
Компьютерная верстка *Л.А. Круговой*

Сдано в набор 12.04.2018. Подписано в печать 16.05.2018. Формат 60×84 1/8. Гарнитура Ариал.
Усл. печ. л. 8,84. Уч.-изд. л. 8,00.
Подготовлено на основе электронной версии, предоставленной разработчиком стандарта

Создано в единичном исполнении ФГУП «СТАНДАРТИНФОРМ» для комплектования Федерального информационного фонда стандартов, 123001 Москва, Гранатный пер., 4.

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

gost.e-ecolog.ru