

АВТОМОБИЛЬНЫЕ ДОРОГИ.
НЕЖЕСТКИЕ ДОРОЖНЫЕ ОДЕЖДЫ
Правила проектирования

АЎТАМАБІЛЬНЫЯ ДАРОГІ.
НЯЖОРСТКАЕ ДАРОЖНАЕ АДЗЕННЕ
Правілы праектавання

Настоящий проект технического кодекса
не подлежит применению до его утверждения

Министерство транспорта и коммуникаций
Республики Беларусь

Минск

Ключевые слова: асфальтобетон, грунты, конструирование и расчет дорожных одежд, критерии расчета, материалы и их расчетные характеристики, морозоустойчивость, нежесткая дорожная одежда, осушение, прочность, расчетные нагрузки, ровность покрытия

Предисловие

Цели, основные принципы, положения по государственному регулированию и управлению в области технического нормирования и стандартизации установлены Законом Республики Беларусь «О техническом нормировании и стандартизации».

1 РАЗРАБОТАН Республиканским дочерним унитарным предприятием «Белорусский дорожный научно-исследовательский институт «БелдорНИИ» (Государственным предприятием «БелдорНИИ»)

2 УТВЕРЖДЕН И ВВЕДЕН В ДЕЙСТВИЕ постановлением Министерства транспорта и коммуникаций Республики Беларусь от _____ № _____

3 Настоящий технический кодекс установившейся практики взаимосвязан с техническим регламентом ТР ТС 014/2011 «Безопасность автомобильных дорог» и реализует его общие технические требования.

4 ВВЕДЕН ВПЕРВЫЕ

Настоящий технический кодекс установившейся практики не может быть воспроизведен, тиражирован и распространен без разрешения Министерства транспорта и коммуникаций Республики Беларусь

Издан на русском языке

Содержание

1	Область применения.....	1
2	Нормативные ссылки.....	1
3	Термины и определения	3
4	Общие положения	6
5	Конструирование дорожной одежды.....	8
6	Расчет нежестких дорожных одежд на прочность.....	17
7	Проектирование устройств по осушению дорожных одежд.....	41
8	Обеспечение морозоустойчивости дорожных одежд и земляного полотна.....	46
9	Расчет нежестких дорожных одежд при реконструкции и капитальном ремонте автомобильных дорог.....	47
	Приложение А (обязательное) Расчетные характеристики грунтов и схемы увлажнения рабочего слоя земляного полотна ...	54
	Приложение Б (обязательное) Расчетные значения прочностных и де- формационных характеристик конструктивных слоев дорожных одежд.....	57
	Приложение В (обязательное) Расчетные транспортные нагрузки.....	65
	Приложение Г (обязательное) Параметры для определения расчетного суммарного числа приложений транспортной нагрузки за срок службы дорожной одежды.....	69
	Приложение Д (обязательное) Определение расчетного уровня грунто- вых вод	70
	Приложение Е (обязательное) Проектирование мероприятий по предотвращению образования отраженных трещин	75
	Приложение Ж (справочное) Примеры расчета нежестких дорожных одежд	78
	Библиография.....	90

ТЕХНИЧЕСКИЙ КОДЕКС УСТАНОВИВШЕЙСЯ ПРАКТИКИ

АВТОМОБИЛЬНЫЕ ДОРОГИ. НЕЖЕСТКИЕ ДОРОЖНЫЕ ОДЕЖДЫ. Правила проектирования

АЎТАМАБІЛЬНЫЯ ДАРОГІ. НЯЖОРСТКАЕ ДАРОЖНАЕ АДЗЕННЕ Правілы праектавання

Highways. Nonrigid pavements
Rules of designing

Дата введения _____

1 Область применения

1.1 Настоящий технический кодекс установившейся практики (далее – технический кодекс) распространяется на нежесткие дорожные одежды (далее – дорожные одежды) автомобильных дорог общего пользования (далее – автомобильные дороги) и устанавливает правила проектирования при строительстве, реконструкции и капитальном ремонте автомобильных дорог.

1.2 Требования разделов 5-9 являются обязательными.

2 Нормативные ссылки

ТР ТС 014/2011 Безопасность автомобильных дорог

ТКП 028-2017 (33200) Автомобильные дороги. Основания из материалов, укрепленных гидравлическими вяжущими. Правила устройства

ТКП 059.1-2020 (33200) Автомобильные дороги. Правила устройства

ТКП 140-2015 (33200) Автомобильные дороги. Порядок выполнения диагностики

ТКП 200-2018 (33200) Автомобильные дороги. Земляное полотно. Правила проектирования

ТКП 246.1-2020 (33200) Автомобильные дороги. Покрытия из щебеночно-гравийно-песчаных смесей. Правила эксплуатации

ТКП 620-2018 (33200) Автомобильные дороги. Восстановление и усиление нежестких дорожных одежд с применением геосинтетических материалов и повторным использованием материалов конструктивных слоев

ТКП 45-3.03-96-2008 (02250) Автомобильные дороги низших категорий. Правила проектирования

СТБ 943-2007 Грунты. Классификация

СТБ 1033-2016 Смеси асфальтобетонные дорожные, аэродромные и асфальтобетон. Технические условия

СТБ 1104-2020 Полотно иглопробивное геотекстильное для транспортного строительства. Технические условия

СТБ 1220-2020 Битумы модифицированные дорожные. Технические условия

СТБ 1415-2003 Бетоны на органогидравлических вяжущих. Технические условия

СТБ 1521-2013 Материалы, укрепленные неорганическими вяжущими, для покрытий и оснований автомобильных дорог. Технические условия

СТБ 1698-2009 Смеси из неукрепленных зернистых минеральных материалов для покрытий и оснований автомобильных дорог. Методы лабораторного определения максимальной плотности и оптимального зернового состава

СТБ 1705-2015 Асфальтогранулят для транспортного строительства. Технические условия

СТБ 1878-2008 Транспорт дорожный. Массы, нагрузки на оси и габариты

СТБ 1957-2009 Щебень и песок шлаковые для дорожного строительства. Технические условия

СТБ 2318-2013 Смеси щебеночно-гравийно-песчаные для покрытий и оснований автомобильных дорог и аэродромов. Технические условия

СТБ 2398-2015 Материалы геосинтетические. Геосетки и георешетки плоские для армирования дорожных конструкций. Технические условия

СТБ 2413-2015 Смеси эмульсионно-минеральные дорожные. Технические условия

СТБ 2507-2017 Смеси щебеночные оптимального гранулометрического состава для покрытий и оснований автомобильных дорог. Технические условия

СТБ 2661-2024 Добавка модифицирующая гранулированная дорожная для асфальтобетонных смесей. Технические условия

ГОСТ 7392-2014 Щебень из плотных горных пород для балластного слоя железнодорожного пути. Технические условия

ГОСТ 8267-93 Щебень и гравий из плотных горных пород для строительных работ. Технические условия

ГОСТ 8269.0-97 Щебень и гравий из плотных горных пород и отходов промышленного производства для строительных работ. Методы физико-механических испытаний

ГОСТ 23735-2014 Смеси песчано-гравийные для строительных работ. Технические условия

ГОСТ 30491-97 Смеси органоминеральные и грунты, укрепленные органическими вяжущими, для дорожного и аэродромного строительства. Технические условия.

ГОСТ 32495-2013 Щебень, песок и песчано-щебеночные смеси из дробленого бетона и железобетона. Технические условия

ГОСТ 32836-2014 Дороги автомобильные общего пользования. Изыскания автомобильных дорог. Общие требования

ГОСТ 33100-2023 Дороги автомобильные общего пользования. Правила проектирования автомобильных дорог.

Примечание – При пользовании настоящим техническим кодексом целесообразно проверить действие ссылочных документов на официальном сайте Национального фонда технических нормативных правовых актов в глобальной компьютерной сети Интернет.

Если ссылочные документы заменены (изменены), то при пользовании настоящим техническим кодексом следует руководствоваться действующими взамен документами. Если ссылочные документы отменены без замены, то положение, в котором дана ссылка на них, применяется в части, не затрагивающей эту ссылку.

3 Термины и определения

В настоящем техническом кодексе применяют следующие термины с соответствующими определениями:

3.1 выравнивающий слой: Слой переменной толщины, устраиваемый между покрытием и основанием для обеспечения технологических и эксплуатационных параметров дорожного покрытия при их устройстве современной укладочной техникой.

3.2 группа расчетных нагрузок: Величина нормативной статической нагрузки на ось транспортного средства, принимаемая в качестве расчетной величины по результатам анализа прогнозируемого транспортного потока в течение расчетного срока службы дорожной одежды.

3.3 дополнительные слои основания: Слои, расположенные между несущими слоями основания и подстилающим грунтом на участках с неблагоприятными погодными-климатическими и грунтово-гидрологическими условиями, обеспечивающие морозоустойчивость и (или) дренирование дорожной одежды и рабочего слоя [1].

3.4 дорожная одежда: Конструктивный элемент автомобильной дороги, воспринимающий нагрузку от транспортных средств и передающий ее на земляное полотно (ТР ТС 014)

3.5 земляное полотно: Конструктивный элемент, служащий основанием для размещения дорожной одежды, а также технических средств организации дорожного движения и обустройства автомобильной дороги (ТР ТС 014).

3.6 капитальный ремонт автомобильной дороги: Комплекс работ по замене и (или) восстановлению конструктивных элементов автомобильной дороги, дорожных сооружений и (или) их частей, выполнение которых осуществляется в пределах установленных допустимых значений и технических характеристик класса и категории автомобильной дороги и при выполнении которых затрагиваются конструктивные и иные характеристики надежности и безопасности автомобильной дороги и не изменяются границы полосы отвода автомобильной дороги и ее геометрические элементы (ТР ТС 014).

3.7 коэффициент надежности: Разность значений общей площади участка (единица) и процента дефектности (в долях единицы) в конце срока службы дорожной одежды.

3.8 надежность дорожной одежды: Комплексный показатель способности дорожной одежды в целом сохранять заданные эксплуатационные характеристики (ровность, прочность, шероховатость) в течение расчетного срока службы, характеризующийся коэффициентом надежности.

3.9 нежесткая дорожная одежда: Дорожная одежда со слоями, устроенными из асфальтобетона разного вида, из материалов и грунтов, укрепленных органическими, неорганическими вяжущими и комплексными вяжущими, а также из зернистых материалов (ЩПС, ЩГПС, ГПС, ПГС, песка, щебня, гравия и др.).

3.10 несущие слои основания: Слои основания, обеспечивающие прочность дорожной одежды.

3.11 общий уровень надежности асфальтобетона: Комплексная характеристика физико-механических свойств асфальтобетона, косвенно характеризующая его долговечность.

3.12 основание дорожной одежды: Часть конструкции дорожной одежды автомобильной дороги, расположенная под покрытием и обеспечивающая совместно с покрытием перераспределение напряжений в конструкции и снижение их величины в грунте рабочего слоя земляного полотна (подстилающем грунте), а также морозоустойчивость и осушение конструкции (ГОСТ 33100).

3.13 покрытие: Верхняя часть дорожной одежды, состоящая из одного или нескольких слоев, непосредственно воспринимающая усилия от колес транспортных средств и подвергающаяся прямому воздействию атмосферных факторов (ГОСТ 33100).

Примечание — На покрытии могут быть устроены слои поверхностных обработок различного назначения (слои для повышения шероховатости, защитные слои и т.п.).

3.14 покрытие дорожное асфальтобетонное: По ТКП 059.1.

3.15 процент дефектности; *DP*: Характеристика состояния дорожной одежды, определяемая отношением площади деформированных участков покрытия к общей площади покрытия.

3.16 рабочий слой: Верхняя часть земляного полотна, расположенная в пределах от низа дорожной одежды до глубины 1,5 м от поверхности покрытия (ТКП 200).

3.17 расчетный автомобиль: Грузовый грузовой автомобиль, параметры которого (нагрузка на одиночную ось, удельное давление на покрытие, диаметр круга, равновеликого площади отпечатка колеса на покрытии) используются в расчетах дорожной одежды на прочность, а для перехода от реальных автомобилей к расчетному автомобилю используют коэффициенты приведения.

3.18 расчетный срок службы дорожной одежды: Период времени, в пределах которого происходит снижение прочности и надежности дорожной одежды до расчетного уровня, предельно допустимого по условиям движения.

3.19 реконструкция автомобильной дороги: Комплекс работ, при выполнении которых осуществляется изменение параметров автомобильной дороги, ее участков, ведущий к изменению класса и (или) категории автомобильной дороги, либо влекущей за собой изменение границы полосы отвода автомобильной дороги (ТР ТС 014).

3.20 сдвигоустойчивость: Способность материала сопротивляться появлению остаточных деформаций под действием транспортной нагрузки и природно-климатических факторов.

3.21 слой износа: Верхний слой дорожной одежды толщиной до 5 см, включающий верхний слой асфальтобетонного дорожного покрытия и защитные слои, препятствующие преждевременному износу нижележащих слоев.

3.22 тяжеловесное транспортное средство: По СТБ 1878.

3.23 характерный участок дороги: Участок протяженностью не менее 300 м с одинаковой интенсивностью воздействия расчетных транспортных нагрузок, характеризующийся сходными природно-климатическими и грунтово-гидрологическими условиями.

3.24 число накопленных осей: Прогнозируемая сумма проходов всех осей расчетных автомобилей по участку дороги за расчетный срок службы дорожной одежды.

4 Общие положения

4.1 Выбор типа нежесткой дорожной одежды и материала покрытия следует производить в зависимости от категории дороги в соответствии с [1].

4.2 Дорожную одежду проектируют с использованием следующих основных критериев надежности:

- сопротивление упругому прогибу всей конструкции;
- сопротивление сдвигу в грунтах и в неукрепленных материалах;
- сопротивление слоев из монолитных материалов усталостному разрушению при растяжении при изгибе.

4.3 Расчет дорожных одежд выполняют по трем группам расчетных нагрузок:

- группа A_1 – при нормативной статической нагрузке на одиночную ось расчетного автомобиля 100 кН (10 тс на одиночную ось);
- группа A_2 – при нормативной статической нагрузке на одиночную ось расчетного автомобиля 115 кН (11,5 тс на одиночную ось);
- группа A_3 – при нормативной статической нагрузке на одиночную ось расчетного автомобиля 130 кН (13 тс на одиночную ось).

4.4 Проектирование дорожной одежды осуществляют с учетом следующих граничных условий:

а) напряженно-деформированное состояние дорожной одежды под действием нагрузок описывается уравнениями линейной теории упругости для слоистого полупространства при сцеплении слоев по границе контакта;

б) силы инерции в расчетах не учитывают (квазистатическая задача);

в) предельное состояние дорожной одежды характеризуется показателями, зависящими от особенностей материалов каждого слоя дорожной одежды и грунта земляного полотна, а также от их размещения и условий работы в конструкции.

4.5 Конструкция дорожной одежды, ее общая толщина и толщина отдельных слоев, а также применяемые материалы должны обеспечивать при воздействии расчетных транспортных нагрузок стабильную во времени сплошность, ровность и шероховатость покрытия.

4.6 Запроектированная дорожная одежда должна быть не только прочной и надежной в эксплуатации, но экономичной и наименее материалоемкой, особенно по расходу дорогостоящих материалов и энергоресурсов, а также должна соответствовать экологическим требованиям.

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

4.8 Для дифференциации грунтово-гидрологических условий территория Республики Беларусь разделена на три дорожно-климатических района. Сведения о климатических характеристиках дорожно-климатических районов и о грунтовых условиях территории Республики Беларусь изложены в ТКП 200. В соответствии с грунтово-гидрологическими условиями строительства производят выбор значений расчетных характеристик грунтов земляного полотна для расчета дорожных одежд на прочность.

4.9 Выбор конструкции дорожной одежды и типа покрытия обосновывают технико-экономическим анализом вариантов с оценкой экономической эффективности капитальных вложений по действующим техническим нормативным правовым актам (далее – ТНПА).

4.10 Толщины слоев дорожной одежды назначают на основании расчета, однако их величина должна быть не менее указанной в 6.3.4 и 6.3.5.

4.11 Дорожные одежды на подъездах к перекресткам дорог, к железнодорожным путям, на автостоянках, на остановках общественного транспорта рассчитывают как на повторное динамическое воздействие нагрузки, так и на действие статического нагружения продолжительностью 600 с.

4.12 Дорожную одежду по ширине проезжей части проектируют, как правило, равнопрочной.

4.13 Конструкцию дорожной одежды укрепленных полос обочин и разделительных полос, а также места разворотов на разделительной полосе проектируют идентичной по прочности дорожной одежде проезжей части.

Конструкцию дорожной одежды переходно-скоростных полос и обочин проектируют в зависимости от грунтово-гидрологических условий земляного полотна, природно-климатических факторов, интенсивности и состава транспортного потока.

4.14 Дорожная одежда на остановочной полосе должна быть капитального или облегченного типа и дополнительно рассчитана на статическую нагрузку от наиболее тяжелого автомобиля при единичном нагружении.

4.15 При проектировании дорожных одежд для конкретных объектов или при разработке типовых конструкций дорожных одежд следует учитывать данные научно-практического опыта (в том числе в части применения местных материалов, уточнения их расчетных характеристик и т. п.), отраженного в действующих методических документах, утвержденных в установленном порядке.

4.16 Расчетный срок службы проектируемой дорожной одежды и соответствующий ему требуемый коэффициент надежности назначают по 6.1.9.

5 Конструирование дорожной одежды

5.1 Задачи и принципы конструирования

5.1.1 Проектирование дорожной одежды представляет собой единый процесс конструирования и расчета дорожной одежды на прочность, морозоустойчивость и осушение с технико-экономическим обоснованием вариантов в целях выбора наиболее экономичного для данных условий.

5.1.2 Процесс конструирования дорожной одежды включает:

- обоснование типа дорожной одежды;
- выбор вида покрытия;
- назначение числа конструктивных слоев с выбором материалов для их устройства, размещение слоев в конструкции дорожной одежды и назначение их ориентировочных толщин;
- предварительную оценку необходимости назначения дополнительных морозозащитных мер с учетом условий дорожно-климатического района, типа грунта и схемы увлажнения рабочего слоя земляного полотна на различных участках;
- предварительную оценку необходимости назначения мер по осушению конструкции, а также по повышению ее трещиностойкости;
- оценку целесообразности укрепления или улучшения верхней части рабочего слоя земляного полотна;

- расчет и предварительный отбор конкурентоспособных вариантов с учетом местных природных и проектных условий работы;
- выбор оптимального варианта конструкции дорожной одежды.

5.1.3 При конструировании дорожной одежды необходимо руководствоваться следующими принципами:

а) тип дорожной одежды и вид покрытия, конструкция одежды в целом должны удовлетворять транспортно-эксплуатационным требованиям, предъявляемым к дороге соответствующей категории, и ожидаемым в перспективе составу и интенсивности движения с учетом изменения интенсивности движения в течение заданных межремонтных сроков и предполагаемых условий ремонта и содержания;

б) конструкция дорожной одежды должна быть разработана индивидуально для каждого характерного участка или ряда характерных участков дороги (при выборе конструкции дорожной одежды для данных условий предпочтение следует отдавать конструкции, проверенной на практике в данных условиях на аналогичных объектах) или может быть принята типовой на основании действующих дорожных методических документов;

в) в районах, недостаточно обеспеченных минеральными материалами, удовлетворяющими требованиям ТНПА, следует максимально эффективно использовать местные материалы (в том числе доломитовый щебень), вторичные материалы, побочные продукты промышленности и грунты, улучшенные или укрепленные различными вяжущими материалами по технологии улучшения/укрепления грунтов методом холодного ресайклинга по ТКП 620;

г) конструкция должна быть технологичной и обеспечивать возможность максимальной механизации и индустриализации дорожно-строительных работ, для достижения этой цели число слоев, их толщина и количество материалов различного вида в конструкции должны быть минимальными;

д) при конструировании необходимо учитывать реальные условия выполнения дорожно-строительных работ (летняя или зимняя технология и т.п.).

5.1.4 При назначении видов покрытия для разных вариантов конструкций дорожных одежд следует руководствоваться [1] и действующими ТНПА на дорожно-строительные материалы и изделия.

5.1.5 При выборе материалов для устройства слоев дорожной одежды необходимо учитывать следующие положения:

а) покрытие и верхние слои основания должны соответствовать проектным нагрузкам и быть водо- и морозостойкими;

б) вид, марку и тип асфальтобетона для покрытия назначают в соответствии с [1] и СТБ 1033;

в) при перспективной интенсивности движения в физических единицах до 2000 авт/сут или менее 110 000 накопленных осей за расчетный срок службы и при стадийном строительстве допускается устройство покрытия из пористого асфальтобетона с устройством поверхностной обработки или из высокопористого асфальтобетона с устройством двойной поверхностной обработки;

г) конструкция дорожной одежды остановок общественного транспорта, на регулируемых пересечениях и в других местах изменения скорости или движения с пониженными скоростями должна обеспечивать повышенную сдвигоустойчивость при высоких температурах в летний период. Для обеспечения этого требования в верхнем слое покрытия предусматривают применение асфальтобетонных смесей типов С, А и Б или других асфальтобетонных смесей, предназначенных для применения в местах остановок общественного транспорта, а в нижнем слое покрытия – крупнозернистых пористых или плотных асфальтобетонных смесей, с содержанием щебня не менее 50 % от массы заполнителя, или укрепленных материалов;

д) основная задача при конструировании асфальтобетонного покрытия – уменьшить толщину верхнего слоя и сократить число слоев;

е) основание дорожной одежды из зернистых материалов для групп нагрузок А₁ и А₂ должно быть, как правило, двухслойным: несущий слой из жестких и сдвигоустойчивых материалов (щебень, гравий, щебеночно-песчано-гравийные смеси, шлаковые смеси, а также грунты, укрепленные неорганическим или органическим вяжущим) и дополнительный слой необходимой прочности и сдвигоустойчивости, выполняющий морозозащитные и дренирующие функции.

Основание дорожной одежды, предназначенной для движения группы нагрузок А₃, должно быть трехслойным: два верхних несущих слоя из асфальтобетона и слой из укрепленного органическим или минеральным вяжущим материала и дополнительный слой необходимой прочности и сдвигоустойчивости, выполняющий морозозащитные и дренирующие функции;

ж) верхний слой покрытия дорожных одежд на участках дорог для движения групп нагрузок А₂ и А₃ при интенсивности движения более 500 000 накопленных осей за расчетный срок службы следует проектировать из асфальтобетонных смесей типа А и С, приготовленных на модифицированном вяжущем или с модифицирующей добавкой по СТБ 2661. Допускается проектировать нижний слой покрытия и верхний

слой основания из плотных или пористых асфальтобетонных смесей, приготовленных на модифицированном вяжущем или с модифицирующей добавкой по СТБ 2661;

к) при перспективной интенсивности движения в физических единицах до 500 000 накопленных осей за расчетный срок службы и при стадийном строительстве допускается устройство основания из инертных каменных материалов, укрепленных минеральным вяжущим с устройством двойной поверхностной обработки.

5.1.6 В несущих слоях оснований дорожных одежд под группу нагрузок A_3 и под группу нагрузок A_2 при интенсивности более 375 000 накопленных осей за расчетный срок службы по 6.1.9 не допускается использование неукрепленных вяжущими материалов с модулем упругости слоя E менее 250 МПа.

5.1.7 Если в дополнительном слое основания применяют песок со степенью неоднородности по СТБ 943 менее 3, поверх него предусматривают устройство технологического слоя из песчано-гравийных смесей по ГОСТ 23735, песков из отсева дробления горных пород, гравелистых песков и т.п. При степени неоднородности песка от 2 до 3 технологический слой принимают толщиной 0,10 м, при степени неоднородности менее 2 – толщиной 0,15 м. В расчетах прочности дорожной одежды толщину технологического слоя включают в толщину дополнительного слоя основания. На автомобильных дорогах I–III категорий не допускается устраивать технологический слой из асфальтогранулята.

Вместо технологического слоя возможно применение синтетических геосеток для предотвращения взаимопроникновения материалов смежных слоев.

На участках дорог с неблагоприятными грунтово-гидрологическими условиями не допускается применять в основании дорожной одежды (в том числе для нижних слоев) не обработанные вяжущими материалы, у которых для частиц размером менее 0,16 мм число пластичности J_p более 7 %.

5.1.8 Асфальтогранулят или асфальтогранулят, перемешанный с битумной эмульсией допускается использовать в качестве слоя покрытия на автомобильных дорогах V–VI категорий.

5.1.9 Шлаковый щебень из неактивных и малоактивных шлаков по ГОСТ 8269.0 и СТБ 1957 допускается использовать для устройства покрытий на дорогах IV–VI категорий и для оснований дорог I–V категорий. Щебень неустойчивой структуры из малоактивных шлаков допускается использовать только для устройства оснований на дорогах IV–VI категорий, а щебень из активных шлаков неустойчивой структуры – только после приобретения им устойчивой структуры.

5.1.10 При проектировании новых автомобильных дорог и их реконструкции расположение неукрепленных зернистых материалов между слоями из материалов или грунтов, обработанных вяжущим, не допускается.

5.1.11 Для предотвращения появления «отраженных» трещин на покрытии толщину слоев из материалов, содержащих органическое вяжущее и укладываемых на верхний слой основания из материалов, укрепленных гидравлическим вяжущим, следует принимать не менее толщины укрепленных гидравлическим вяжущим слоев основания. При этом толщина слоев, содержащих органическое вяжущее, должна быть для автомобильных дорог I-II категорий не менее 20 см, для дорог III-IV категорий не менее 0,16 м для капитального типа дорожной одежды и не менее 0,12 м – для облегченного.

Для предотвращения отраженного трещинообразования по слою основания из материала, укрепленного минеральным вяжущим, следует устраивать трещинопрерывающий слой толщиной не менее 8 см из щебеночных высокопористых асфальтобетонных смесей с содержанием щебня не менее 55 % от массы заполнителя, черного щебня или трещинопрерывающие прослойки из геосинтетического из геосинтетического материала (геосеток или геокомпози́тов).

Примечание — Мероприятия по предотвращению отраженного трещинообразования позволяют оптимизировать толщину слоев, содержащих органические вяжущие.

5.1.12 С целью обеспечения нормальных условий работы краевых полос дорожной одежды основание проектируют на 0,50 м шире, чем проезжая часть и укрепленные полосы, а дренарующий слой, при его наличии, проектируют на всю ширину земляного полотна.

5.1.13 Толщину каждого конкретного слоя предварительно назначают равной минимальной конструкционной толщине, регламентированной в соответствии с действующими нормами или равной практически принимаемым значениям (например, из альбома типовых конструкций) для данного района.

Если общая толщина дорожной одежды, полученная на основе расчетов на прочность, меньше толщины, полученной при расчете на морозоустойчивость, то необходимо предусмотреть дополнительные морозозащитные слои. В этом случае конструкцию основания назначают одновременно с проектированием морозозащитных и дренажных слоев.

5.1.14 Для уменьшения притока поверхностных вод в основание дорожной одежды и снижения расчетной влажности грунта земляного полотна предусматривают мероприятия по укреплению обочин, обеспечению их надлежащего поперечного уклона, проектируют устройство водоприемных и водоотводящих лотков, а также

обеспечивают безопасное расстояние от бровки земляного полотна до уреза длительно застаивающейся поверхностной воды.

5.1.15 В районах и на участках с неблагоприятными грунтово-гидрологическими условиями для ограничения миграции влаги из нижних слоев земляного полотна в рабочий слой предусматривают мероприятия по искусственному регулированию водно-теплого режима земляного полотна по ТКП 200.

5.1.16 На участках реконструируемых и капитально ремонтируемых дорог, где сохраняют или используют старую дорожную одежду в качестве основания новой дорожной одежды, проектирование выполняют на основе изучения результатов инженерных изысканий и детальных данных о конструкции существующей дорожной одежды с оценкой состояния ее конструктивных слоев и способности этих слоев выполнять свои функции с обязательным определением коэффициента фильтрации дренирующего слоя.

5.2 Конструирование покрытий и оснований дорожных одежд капитального типа

5.2.1 Асфальтобетонные покрытия дорожных одежд на автомобильных дорогах I и II категорий рассчитывают на трещиностойкость и сдвигустойчивость по 6.3.1.

5.2.2 На автомобильных дорогах I-а – I-в и II категорий, а также на дорогах, предназначенных для движения группы нагрузок А₃, нижний слой покрытия из пористых или из плотных крупнозернистых асфальтобетонных смесей должен быть запроектирован с содержанием щебня не менее 60 % от массы заполнителя и с использованием гранитного отсева дробления.

5.2.3 Несущий слой основания капитальных дорожных одежд на дорогах I-а – I-в, II-IV категорий, предназначенных для движения нагрузок группы А₃, и дорогах I-а – I-в и II категорий, предназначенных для движения нагрузок группы А₂, следует проектировать:

- из пористого или плотного асфальтобетона с содержанием щебня не менее 55 % от массы заполнителя;
- из щебеночных смесей оптимального гранулометрического состава (ЩОС);
- из фракционированного щебня марки по прочности 1000 и выше, применяемого по способу заклинки или укрепленного по способу пропитки битумом, цементно-песчаной смесью;
- из гравийно-эмульсионных смесей с содержанием щебня не менее 30 % от массы заполнителя;

- из грунтов, укрепленных минеральным вяжущим;
- из ресайклированных материалов.

5.3 Конструирование покрытий и оснований дорожных одежд облегченного, переходного и низшего типов

5.3.1 Дорожные одежды облегченного типа по [1] и ТКП 45-3.03-96 целесообразно применять на автомобильных дорогах III–VI-б категорий, а также при стадийном строительстве автомобильных дорог II категории.

5.3.2 Основания дорожных одежд облегченного типа проектируют:

- из пористого асфальтобетона по СТБ 1033;
- из органоминеральных смесей по ГОСТ 30491, эмульсионно-минеральных смесей по СТБ 2413;
- из щебеночных смесей оптимального состава (ЩОС) по СТБ 2507, из фракционированного щебня;
- из щебеночно-гравийно-песчаных и гравийно-песчаных смесей;
- из минеральных материалов, укрепленных неорганическими вяжущими, по СТБ 1521 в соответствии с требованиями ТКП 028;
- из отходов промышленного производства и вторичных материалов (асфальтогранулята по СТБ 1705, цементогранулята по ГОСТ 32495 или [4] и др.), обработанных органическими или минеральными вяжущими веществами, в том числе из регенерированных материалов, получаемых по технологии холодного ресайклинга, в соответствии с требованиями ТКП 620.

5.3.3 Дорожные одежды переходного типа (с покрытиями из неукрепленных вяжущим щебеночных и гравийных материалов, из малопрочных каменных материалов и укрепленных грунтов, каменные мостовые) следует предусматривать на дорогах IV категории и ниже. При проектировании дорожных одежд переходного типа целесообразно применять конструкции, состоящие из одного или двух слоев.

5.3.4 При конструировании дорожных одежд переходного типа как первоочередной конструкции дорожной одежды при стадийном строительстве, а также при конструировании дорожных одежд низшего типа на дорогах V–VI-б категорий для устройства слоев покрытия применяют материалы, соответствующие требованиям, предъявляемым к материалам для устройства слоев основания дорожных одежд облегченного типа по [1].

5.3.5 При соответствующем технико-экономическом обосновании допускается проектировать упрощенные конструкции дорожных одежд, движение по которым в

неблагоприятные периоды года должно быть ограничено по нагрузке на ось транспортных средств, по скорости и по интенсивности движения.

5.3.6 Для предотвращения пылеобразования на автомобильных дорогах с дорожной одеждой переходного и низшего типа при соответствующем технико-экономическом обосновании следует предусматривать мероприятия по стабилизации верхних слоев покрытия с устройством защитных слоев из материалов, укрепленных вяжущими, в соответствии с требованиями ТКП 246.1.

5.4 Конструирование дополнительных слоев основания

5.4.1 Морозозащитные слои устраивают из прочных, стабильных и морозостойких зернистых материалов, таких как песок, песчано-гравийная смесь, гравий, шлаки и др., а также из грунтов, укрепленных вяжущими, гидрофобизированных грунтов или из других непучинистых материалов. Показателем пригодности материала по морозостойкости является его степень пучинистости, принимаемая по [1].

5.4.2 В случае устройства морозозащитного слоя из зернистых материалов с коэффициентом фильтрации 1,0 м/сут и более он может выполнять также функцию дренирующего слоя и его следует проектировать на всю ширину земляного полотна. Толщина морозозащитного слоя устанавливается в соответствии с разделом 8.

5.4.3 Дренирующие слои проектируют на участках с рабочим слоем земляного полотна из пучинистых, сильнопучинистых и чрезмерно пучинистых грунтов по [1] во всех случаях при 3-й схеме увлажнения рабочего слоя земляного полотна. Также дренирующие слои устраивают при 1-й и 2-й схемах увлажнения по [1] в 1-м и 2-м дорожно-климатическом районе, а также на участках, в основании дорожной одежды которых возможно скопление воды (участки с затяжными продольными уклонами, на вогнутых переломах продольного профиля и др.). На пучиноопасных участках рациональным является устройство верхней части земляного полотна из дренирующего материала без специальных водоотводящих устройств.

5.4.4 Дренирующие слои проектируют из песка, гравийных материалов, шлака и других фильтрующих материалов. В конструкциях, где дренирующий слой оказывается выше глубины промерзания, материалы слоя должны быть морозостойкими и прочными. Требуемый коэффициент фильтрации материала дренирующего слоя определяют расчетом с учетом геометрических параметров проезжей части и других условий.

Независимо от результатов расчета коэффициент фильтрации материала дренирующего слоя должен быть не менее 1,0 м/сут на участках дорог, проходящих в

насыпях, и не менее 2,0 м/сут на участках дорог, проходящих в насыпях высотой до 1,5 м или в выемках.

5.4.5 При наличии материалов для устройства дренирующего слоя с коэффициентом фильтрации от 0,5 до 1,0 м/сут или при количестве воды более 0,007 м за сутки, подлежащей отводу с 1 м² проезжей части, а также в выемках и в местах с нулевыми отметками предусматривают устройство продольных трубчатых дрен, плоских геосинтетических дрен и др. с поперечными выпусками у краев покрытия, а также применение продольного дренажа из крупнопористого материала. Конструкцию дренажа назначают на основании технико-экономического сравнения вариантов.

5.4.6 На участках дорог с затяжными уклонами (более 100 м), при превышении продольного уклона над поперечным, для перехвата и отвода воды, перемещающейся в дренирующем слое вдоль дороги, предусматривают устройство мелких разрезов в грунтовом основании с укладкой в них перфорированных труб, трубофильтров или щебня с противозаиливающей изоляцией.

5.4.7 Для уменьшения влагонакопления в верхней части земляного полотна целесообразно предусматривать водонепроницаемые прослойки на всю ширину земляного полотна. При ширине земляного полотна более 15 м и водонепроницаемом покрытии допускается устройство замкнутых прослоек («обойм») на ширину проезжей части. Глубина заложения прослойки от поверхности покрытия должна быть, м, не менее:

- в 1-м дорожно-климатическом районе – 0,90;
- во 2-м дорожно-климатическом районе – 0,80;
- в 3-м дорожно-климатическом районе – 0,70.

5.4.8 Капилляропрерывающие прослойки предусматривают толщиной от 0,10 до 0,15 м из крупного песка или гравия с коэффициентом фильтрации не менее 1 м/сут на всю ширину земляного полотна в «обойме» из геотекстильных материалов, выполняющих роль фильтра. При высоте насыпи до 1,5 м допускается использовать в качестве капилляропрерывающих прослоек полотно иглопробивное геотекстильное по СТБ 1104.

5.4.9 Если материал основания в виде щебня, гравия, шлака и т.п. укладывается непосредственно на грунт земляного полотна, предусматривают технологические слои, препятствующие взаимопрониканию материалов смежных слоев. В качестве материалов для устройства технологического слоя следует применять песчано-гравийные смеси, крупные и средней крупности пески, гранитный отсев дробления и т.п. Взамен технологического слоя на границе контакта слоев «слой основания из крупнозернистого

материала – песчаный подстилающий слой» целесообразно применять прослойки из геосеток или георешеток плоских по СТБ 2398.

5.5 Проектирование мероприятий по повышению прочности и стабильности рабочего слоя земляного полотна

5.5.1 Для повышения прочности и стабильной работы конструкции дорожной одежды во времени с учетом сезонного воздействия (изменения) природно-климатических факторов предусматривают мероприятия по увеличению прочности грунта рабочего слоя в расчетный период, повышению его стабильности в годовом цикле и уменьшению его переувлажнения. Типовые решения сохранения стабильности свойств рабочего слоя земляного полотна принимают по ТКП 200.

5.5.2 При устройстве новой конструкции дорожной одежды величина общего модуля упругости на поверхности рабочего слоя земляного полотна при расчетной оптимальной влажности грунта земляного полотна должна быть не ниже 60 МПа.

5.5.3 Стабилизация грунта верхней части или всего рабочего слоя земляного полотна укреплением вяжущими веществами рекомендуется при модуле упругости грунта менее 60 МПа или фактической влажности грунта более $0,7W_T$ (где W_T – предел текучести грунта, %). Стабилизированные верхние слои земляного полотна рассматривают как самостоятельные слои дорожной одежды и включают в расчет.

6 Расчет нежестких дорожных одежд на прочность

6.1 Основные положения

6.1.1 Для того, чтобы обеспечить требуемую надежность и долговечность дорожной одежды, выполняют назначение толщины слоев дорожной одежды в вариантах, намеченных при конструировании, или осуществляют выбор материалов с соответствующими расчетными характеристиками при заданных толщинах слоев.

6.1.2 Для упрощения расчетов с помощью таблиц и номограмм реальные многослойные конструкции приводят к двухслойным и трехслойным.

При расчетах допускается использовать более сложные методы, если они дают результаты, идентичные решениям теории упругости для многослойных систем с анализом напряженно-деформированного состояния конструкции.

В случае применения нетрадиционных конструкций дорожных одежд, не предусмотренных настоящим техническим кодексом, допустимо производить их расчет на

основании дорожных методических документов, утвержденных в установленном порядке.

6.1.3 Дорожные одежды на перегонах рассчитывают на кратковременное многократное приложение нагрузки. При этом в расчет дорожной одежды принимают значения модуля упругости и прочностных характеристик материалов и грунтов, определенных при времени действия нагрузки 0,1 с.

6.1.4 Дорожные одежды на автостоянках, обочинах, остановках общественного транспорта, перекрестках дорог, на подъездах к железнодорожным путям, трамвайным путям и т.п. участках рассчитывают на многократное действие нагрузки, а также на длительное однократное нагружение.

При расчетах дорожных одежд на длительное однократное нагружение используют значения прочностных характеристик материалов, определенные при времени действия нагрузки 600 с.

6.1.5 При расчете на прочность дорожных одежд с асфальтобетонными покрытиями необходимо учитывать особенности их поведения во время эксплуатации в зависимости от температуры окружающей среды.

При расчете грунта земляного полотна и слоев из неукрепленных материалов на сопротивление сдвигу модуль упругости асфальтобетонных слоев покрытия принимают при температуре 20 °С (приложения А и Б). При расчете асфальтобетонного покрытия на сопротивление усталостным разрушениям при растяжении при изгибе его характеристики принимают при температуре 0 °С (приложение Б). При расчете устойчивости асфальтобетонных покрытий к пластическим деформациям расчетную температуру принимают 50 °С.

6.1.6 Дорожные одежды по 6.1.4 необходимо пересчитывать на длительное статическое нагружение по сдвигу в грунте, в слоях из неукрепленных материалов, а также в слоях, обработанных органическим вяжущим. Кроме того, необходимо рассчитывать на растяжение при изгибе монолитные слои из материалов, содержащих неорганическое вяжущее.

6.1.7 Дорожные одежды рассчитывают с учетом критериев надежности. Для основных случаев проектирования допустимый (необходимый) коэффициент надежности K_n определяют как минимальное значение коэффициента прочности $K_{np}^{тр}$ в конце срока службы дорожной одежды в зависимости от категории дороги, типа дорожной одежды и принятой группы нагрузок в соответствии с таблицами 6.1-6.4.

Таблица 6.1 – Значения минимальных коэффициентов прочности дорожных одежд, предназначенных для движения группы нагрузок А₃

Дорожная одежда капитального типа		Значения коэффициентов для категории автомобильных дорог, предназначенных для движения группы нагрузок А ₃						
		I		II		III, IV		
Заданный коэффициент надежности K_H		0,98	0,95	0,98	0,95	0,98	0,95	0,90
Требуемый коэффициент прочности $K_{ПР}^{ТР}$ по критерию	упругого прогиба	1,40	1,20	1,28	1,10	1,18	1,05	1,00
	сдвигоустойчивости неукрепленных слоев	1,25	1,15	1,20	1,10	1,15	1,05	1,00
	усталостного разрушения монолитных слоев при растяжении при изгибе	1,20	1,15	1,10	1,03	1,05	1,00	0,95
	сдвигоустойчивости асфальтобетонных слоев дорожной одежды	1,30	1,25	1,30	1,25	1,20	1,15	1,10
	устойчивости асфальтобетонных слоев к совместному воздействию транспортной нагрузки и природно-климатических факторов	1,30	1,25	1,30	1,25	1,20	1,15	1,10

Таблица 6.2 – Значения минимальных коэффициентов прочности дорожных одежд, предназначенных для движения групп нагрузок А₁ и А₂

Дорожная одежда капитального типа		Значения коэффициентов для категории автомобильных дорог, предназначенных для движения групп нагрузок А ₁ и А ₂									
		I		II		III			IV		
Заданный коэффициент надежности K_H		0,98	0,95	0,98	0,95	0,98	0,95	0,90	0,95	0,90	0,85
Требуемый коэффициент прочности $K_{ПР}^{ТР}$ по критерию	упругого прогиба	1,25	1,15	1,20	1,10	1,20	1,10	1,00	1,05	0,95	0,85
	сдвигоустойчивости неукрепленных слоев	1,10	1,00	1,10	1,00	1,10	1,00	0,94	1,00	0,94	0,90
	усталостного разрушения монолитных слоев при растяжении при изгибе	1,10	1,00	1,10	1,00	1,10	1,00	0,94	1,00	0,94	0,90

Таблица 6.3 — Значения минимальных коэффициентов прочности дорожных одежд, предназначенных для движения группы нагрузок А₁

Дорожная одежда облегченного типа		Значения коэффициентов для категории автомо- бильных дорог, предназначенных для движения группы нагрузок А ₁							
		III		IV			V, VI-a*, VI-b*		
Заданный коэффициент надежности K_n		0,95	0,90	0,90	0,85	0,80	0,80	0,75	0,70
Требуемый коэффици- ент прочно- сти $K_{пр}^{ТР}$ по критерию	упругого прогиба	1,17	1,10	1,06	1,02	1,00	0,98	0,94	0,90
	сдвигоустойчиво- сти неукреплен- ных слоев	1,00	0,94	0,90	0,87	0,84	0,87	0,84	0,80
	усталостного раз- рушения монолит- ных слоев при растяжении при изгибе	0,98	0,93	0,85	0,80	0,78	0,77	0,76	0,75
* При соответствующем технико-экономическом обосновании									

Таблица 6.4 – Значения минимальных коэффициентов прочности дорожных одежд, предназначенных для движения группы нагрузок А₁

Дорожная одежда переходного и низшего типов		Значения коэффициентов для категории ав- томобильных дорог, предназначенных для движения группы нагрузок А ₁					
		IV			V, VI		
Заданный коэффициент надежности K_n		0,85	0,80	0,75	0,80	0,75	0,70
Требуемый коэффици- ент прочно- сти $K_{пр}^{ТР}$ по критерию	упругого прогиба	1,06	1,02	1,00	1,06	0,98	0,90
	сдвигоустойчивости неукрепленных слоев	0,90	0,87	0,85	0,94	0,87	0,80

6.1.8 Расчетные значения влажности грунтов, а также нормативное значение сопротивления растяжению при изгибе асфальтобетона назначают с учетом коэффициента надежности дорожной одежды (см. приложения А и Б).

6.1.9 Основанием для выбора срока службы дорожной одежды является задание заказчика и технико-экономическое обоснование в зависимости от категории автомобильной дороги, типа дорожной одежды, вида покрытия и коэффициента надежности дорожной одежды. Рекомендуемые расчетные сроки службы дорожной одежды приведены в таблице 6.5.

Таблица 6.5 – Рекомендуемый расчетный срок службы дорожной одежды

Категория автомо- бильной дороги	Тип дорожной одежды	Коэффициент надежности K_n						
		0,98	0,95	0,90	0,85	0,80	0,75	0,70
		Срок службы $T_{сл}$, лет						
I-a – I-в	Капитальный	19	14	-	-	-	-	-
II	Капитальный	17	13	-	-	-	-	-
III	Капитальный	15	12	11	-	-	-	-
	Облегченный	-	11	10	-	-	-	-
IV	Капитальный	12	10	9	8	-	-	-
	Облегченный	-	-	8	7	6	-	-
	Переходный	-	-	-	6	5	4	-
V	Облегченный	-	-	-	-	6	5	4
	Переходный	-	-	-	-	5	4	3
	Низший	-	-	-	-	-	4	3
VI-a, VI-б	Облегченный*	-	-	-	-	6	5	4
	Переходный	-	-	-	-	5	4	3
	Низший	-	-	-	-	-	3	2

* При соответствующем технико-экономическом обосновании

6.1.10 В течение расчетного срока службы дорожной одежды, при необходимости, допускается замена слоя износа

6.1.11 Для дорог магистральной и республиканской сети заказчик или проектная организация по согласованию с заказчиком может установить требования к общему уровню надежности асфальтобетона верхнего слоя покрытия. Общий уровень надежности асфальтобетона используют при подборе состава асфальтобетона верхнего слоя покрытия.

Рекомендуемые минимальные значения общего уровня надежности асфальтобетона принимают по графикам, приведенным на рисунке 6.1.

6.1.12 Вид вяжущего и тип асфальтобетонной смеси (асфальтобетона) при устройстве слоев покрытия автомобильных дорог рекомендуется принимать в зависимости от числа накопленных осей для различных групп нагрузок по СТБ 1033 (приложение Д).

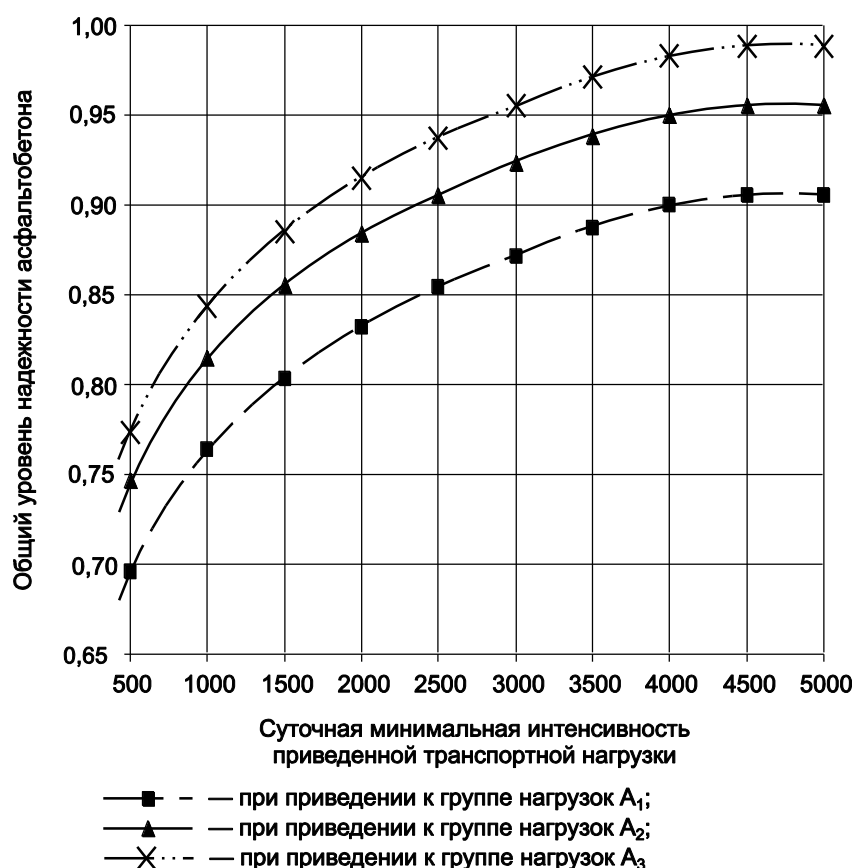


Рисунок 6.1 – Зависимость общего уровня надежности асфальтобетона от суточной интенсивности приведенной транспортной нагрузки на последний год службы дорожной одежды

6.2 Расчетные параметры подвижной нагрузки

6.2.1 В качестве расчетной схемы нагружения конструкции дорожной одежды колесом автомобиля принимают нагружение гибким круглым штампом диаметром D , передающим равномерно распределенную нагрузку от удельного давления воздуха в шине p .

Значение расчетного удельного давления воздуха в шине p и расчетного диаметра D , равновеликого диаметру круга отпечатка расчетного колеса на поверхности покрытия, назначают с учетом параметров расчетных типов автомобилей.

6.2.2 Расчет на прочность дорожной одежды выполняют на многократное воздействие кратковременной нагрузки от расчетного автомобиля, которое определяют по результатам анализа прогнозируемого транспортного потока с учетом перспективы на расчетный срок службы дорожной одежды. Для этого применяют группы расчетных нагрузок, назначаемые заказчиком или проектной организацией по согласованию с заказчиком. При этом в прогнозируемом транспортном потоке назначают не менее 10 % транспортных средств, соответствующих назначенной группе нагрузок.

6.2.3 Параметрами, характеризующими величину и повторность воздействия нагрузки от транспортных средств на дорожную одежду, приняты:

- при проектировании дорожной одежды на статическое нагружение – давление воздуха в шине p , МПа, и расчетный диаметр D , м, равновеликий диаметру круга отпечатка расчетного колеса неподвижного автомобиля;

- при проектировании дорожной одежды на динамическое нагружение – давление воздуха в шине p , МПа, расчетный диаметр D , м, отпечатка колеса движущегося автомобиля и расчетная, приведенная к нормируемому нагружению интенсивность движения N_p .

Значения параметров p и D для групп расчетных нагрузок приведены в приложении В.

6.2.4 Приведение различных типов автомобилей к расчетному автомобилю и приведение расчетного автомобиля к расчетной схеме нагружения осуществляют по приложению В.

6.2.5 При проектировании дорожной одежды специального назначения за нагружение от расчетного автомобиля принимают нагружение от конкретного транспортного средства, систематическая эксплуатация которого прогнозируется на данном объекте. Для этого принимают фактическое давление воздуха в шине p , МПа, фактическое значение колесной нагрузки на покрытие Q , кН, расчетный диаметр отпечатка колеса транспортного средства D , м, и фактическую интенсивность движения N_p , авт./сут, на проектируемом объекте.

Расчетный диаметр статического отпечатка колеса D , м, нестандартных автомобилей и тяжеловесных транспортных средств определяют по формуле

$$D = \sqrt{\frac{40Q}{\pi \cdot p}} \cdot 0,01, \quad (6.1)$$

где Q – фактическое значение колесной нагрузки на покрытие, кН;

p – фактическое давление воздуха в шине, МПа.

Для расчета диаметра динамического отпечатка колеса D_d , м, нестандартных автомобилей и тяжеловесных транспортных средств определяют по формуле

$$D_d = \sqrt{k_d} \cdot D, \quad (6.2)$$

где k_d – коэффициент динамичности.

6.2.6 Учет характера действующей нагрузки (кратковременное многократное нагружение, статическое нагружение) осуществляют через принятие соответствующих значений расчетных характеристик конструктивных слоев, а также через введение коэффициента динамичности при назначении величины нагрузки.

6.2.7 В зависимости от вида расчета дорожной одежды используют различные характеристики интенсивности воздействия на нее транспортной нагрузки:

N_p – приведенную интенсивность движения на первый год расчетного срока службы (общую среднесуточную интенсивность движения, приведенную к эквивалентной интенсивности воздействия расчетной нагрузки на одну полосу проезжей части в сутки, ед/сут);

$\sum N_p$ – число накопленных осей за расчетный срок службы, приложенных к расчетной точке на поверхности конструкции.

6.2.8 Перспективную общую среднесуточную интенсивность движения устанавливают по данным анализа закономерностей изменения объема перевозок и интенсивности движения при проведении титульных экономических обследований.

6.2.9 Величину приведенной интенсивности движения на первый год срока службы дорожной одежды N_p , авт./сут, определяют по формуле

$$N_p = f_{\text{пол}} \cdot \sum_{m=1}^n N_m S_{m\text{сум}}, \quad (6.3)$$

где $f_{\text{пол}}$ – коэффициент, учитывающий число полос движения и распределение движения по ним, определяемый по таблице 6.6;

n – общее число различных марок транспортных средств в составе транспортного потока, шт.;

N_m – число проездов в сутки в обоих направлениях транспортных средств m -й марки;

$S_{m\text{сум}}$ – суммарный коэффициент приведения воздействия на дорожную одежду транспортного средства m -й марки к расчетной нагрузке $Q_{\text{расч}}$, определяемый по приложению В.

6.2.10 Число накопленных осей за расчетный срок службы $\sum N_p$, ед., определяют по формуле

$$\sum N_p = 0,7 N_p K_c T_{\text{РГД}} k_n, \quad (6.4)$$

Таблица 6.6 – Значение коэффициента $f_{пол}$

Число полос движения	Значение коэффициента $f_{пол}$ для полосы с номером		
	1	2	3
1	1,00	-	-
2	0,55	-	-
3	0,50	0,30	-
4	0,35	0,20	-
6	0,30	0,20	0,05
Примечания 1 Порядковый номер полосы считают справа по ходу движения в одном направлении. 2 Для расчета обочин $f_{пол} = 0,01$. 3 На многополосных дорогах допустимо проектировать дорожную одежду переменной толщины по ширине проезжей части в соответствии со значениями $\sum N_p$ в пределах различных полос, определенными по формуле (6.3). 4 На перекрестках и подходах к ним (в местах перестроения 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.			

где K_c – коэффициент суммирования; определяют согласно приложению Г или по формуле

$$K_c = \frac{q^{T_{сл}} - 1}{q - 1}, \quad (6.5)$$

здесь $T_{сл}$ — расчетный срок службы дорожной одежды; принимают по таблице 6.5;

q – показатель изменения интенсивности движения по годам;

$T_{рдр}$ – расчетное число расчетных дней в году, соответствующих определенному состоянию деформируемости конструкции дорожной одежды, определяют по приложению Г;

k_n – коэффициент, учитывающий вероятность отклонения суммарного движения от среднего ожидаемого; принимают по таблице 6.7.

Таблица 6.7 — Значение коэффициента k_n

Тип дорожной одежды	Значение коэффициента k_n при категориях дорог				
	I-a – I-b	II	III	IV	V, VI-a, VI-b
Капитальный	1,49	1,49	1,38	1,31	-
Облегченный	-	-	1,32	1,26	1,06
Переходный, низший	-	-	-	1,16	1,04

6.3 Общая процедура и критерии расчета на прочность

6.3.1 В соответствии с принципами расчета по предельным состояниям дорожные одежды рассчитывают с учетом следующих критериев:

а) дорожные одежды капитального и облегченного типа:

- сопротивления упругому прогибу всей конструкции по 6.4;
- сопротивления сдвигу в грунтах и в неукрепленных материалах по 6.5;
- сопротивления слоев из монолитных материалов усталостному разрушению

при растяжении при изгибе по 6.6;

б) дорожные одежды переходного и низшего типов:

- сопротивления упругому прогибу всей конструкции по 6.4.

6.3.2 Последовательность расчета дорожных одежд по критериям предельного состояния должна быть следующей:

а) выполняют расчет дорожной одежды на сопротивление упругому прогибу на основании зависимости требуемого модуля упругости конструкции от расчетной интенсивности движения.

В результате этого расчета назначают толщины конструктивных слоев и их модули упругости так, чтобы общий модуль упругости дорожной одежды был не менее требуемого с учетом соответствующего коэффициента прочности;

б) выполняют расчет полученной конструкции дорожной одежды по двум независимым критериям прочности: сопротивлению сдвигу в грунте и слоях малосвязанных материалов и прочности слоев из монолитных материалов усталостному разрушению при растяжении при изгибе.

6.3.3 Конструкцию дорожной одежды считают прочной, если коэффициент прочности по каждому из критериев больше или равен $K_{пр}^{тр}$, определенному с учетом заданного коэффициента надежности проектируемой конструкции (см. таблицы 6.1-6.4), в течение заданного срока службы дорожной одежды (см. таблицу 6.5).

Конструкцию выбирают на основе экономического сравнения нескольких вариантов конструкций дорожных одежд, отвечающих условиям прочности. При этом допустимо, чтобы коэффициент прочности по какому-либо из критериев значительно превосходил $K_{пр}^{тр}$.

6.3.4 Минимальную толщину конструктивных слоев дорожных одежд принимают по таблице 6.8.

6.3.5 Толщина конструктивных асфальтобетонных слоев покрытий и оснований (кроме защитных и выравнивающих слоев) должна быть не менее значений, приведенных в СТБ 1033 (таблица К.1).

Таблица 6.8 – Минимальная толщина конструктивных слоев дорожной одежды

Вид материала	Минимальная толщина слоя, м
Щебеночно-гравийные материалы, обработанные органическим вяжущим	0,08
Щебень, устроенный по способу пропитки	0,10
Укрепленные грунты и малопрочные материалы, асфальтогранулят	0,12
Неукрепленные материалы, устроенные на прочном основании (на каменистом или укрепленном грунте)	0,15
Неукрепленные материалы, устроенные на песчаном основании	0,17
Неукрепленный песчаный грунт	0,50

Для других конструктивных слоев дорожной одежды толщина слоя должна превышать размер наибольших частиц каменных материалов более чем в 1,5 раза (за исключением слоев из материалов, которые применяются по способу пропитки).

6.3.6 Верхний слой покрытия толщиной 0,03 м и менее в расчет прочности конструкции дорожной одежды не включают.

6.4 Расчет дорожной одежды по допускаемому упругому прогибу

6.4.1 Конструкция дорожной одежды в целом удовлетворяет требованиям прочности и надежности по критерию упругого прогиба при условии

$$K_{\text{пр}}^{\text{тр}} \leq E_{\text{общ}}/E_{\text{тр}}, \quad (6.6)$$

где $K_{\text{пр}}^{\text{тр}}$ – требуемый коэффициент прочности дорожной одежды по критерию упругого прогиба, принимаемый в зависимости от требуемого коэффициента надежности по таблицам 6.1-6.4;

$E_{\text{общ}}$ – общий расчетный модуль упругости конструкции, МПа;

$E_{\text{тр}}$ – требуемый модуль упругости дорожной конструкции с учетом категории дороги, типа дорожной одежды и интенсивности воздействия группы нагрузок, МПа.

6.4.2 Значение требуемого модуля упругости дорожной конструкции $E_{\text{тр}}$, МПа, при $\sum N_p > 4 \cdot 10^4$, шт., вычисляют по формуле

$$E_{\text{тр}} = \sqrt{\frac{p}{0,6}} 98,65 [\lg(\sum N_p) - C], \quad (6.7)$$

где p – расчетное давление на покрытие, МПа;

$\sum N_p$ – число накопленных осей за расчетный срок службы дорожной одежды, устанавливаемое в соответствии с 6.2.10 (см. формулы (6.3) и (6.4));

C – коэффициент, равный:

для группы нагрузок A_1 - 3,55;

для группы нагрузок A_2 - 3,23;

для группы нагрузок A_3 - 3,05.

Независимо от результата расчета по формуле (6.7), требуемый модуль упругости дорожной конструкции $E_{тр}$ должен быть не менее указанного в таблице 6.9.

6.4.3 Значение требуемого модуля упругости конструкции дорожной одежды $E_{тр}$, МПа, при $\sum N_p < 4 \cdot 10^4$, шт., определяют по таблице 6.9.

6.4.4 Общий расчетный модуль упругости конструкции дорожной одежды $E_{общ}$, МПа, определяют по номограмме, изображенной на рисунке 6.2.

Таблица 6.9 – Требуемый модуль упругости дорожной одежды $E_{тр}$

Категория автомобильной дороги	Требуемый модуль упругости $E_{тр}$, МПа, дорожной одежды				
	капитального типа при группе нагру- зок			облегчен- ного типа	переходного и низшего типов
	A_1	A_2	A_3		
I-а – I-в	260	290	330	-	-
II	255	285	325	-	-
III	240	270	310	210	-
IV	190	210	250	180	110
V	-	-	-	160	100
VI-а, VI-б	-	-	-	110*	80

* При соответствующем технико-экономическом обосновании.

6.4.5 Расчетные значения модулей упругости грунтов и дорожно-строительных материалов принимают по приложениям А и Б. Значения модулей упругости материалов, содержащих органическое вяжущее, принимают при температуре 10 °С.

6.4.6 Расчет на сопротивление упругому прогибу (по требуемому модулю упругости) ведут в следующей последовательности:

а) определяют значение коэффициента прочности $K_{пр}^{тр}$ по таблицам 6.1-6.4;

б) по числу накопленных осей за расчетный срок службы на одну полосу с учетом типа дорожной одежды по формуле (6.7) назначают требуемый модуль упругости дорожной одежды $E_{тр}$, МПа, и сравнивают со значениями таблицы 6.9, после этого вычисляют произведение $K_{пр}^{тр} \cdot E_{тр} = E_{общ}$;

в) предварительно назначают толщину верхних слоев из материалов, содержащих органическое вяжущее;

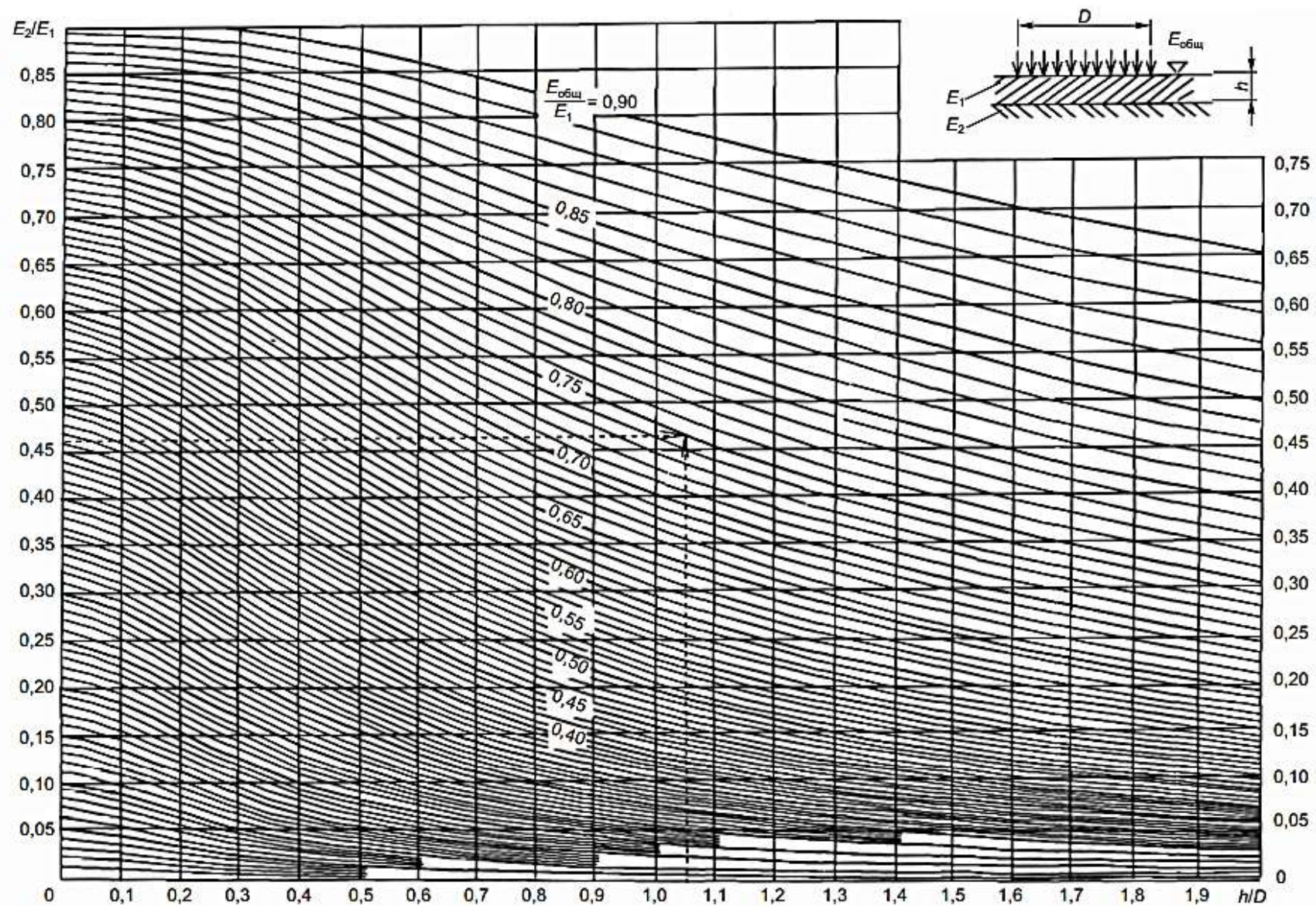


Рисунок 6.2 – Номограмма для определения общего модуля упругости двухслойной системы $E_{\text{общ}}$, МПа

г) модуль упругости грунта активной зоны земляного полотна и материалов слоев назначают по приложениям А и Б, после чего по номограмме (рисунок 6.2), выполняя расчет сверху вниз, находят модуль упругости на поверхности основания;

д) если основание однослойное, то по модулям упругости на поверхности основания, материала слоя основания и грунта земляного полотна определяют толщину основания по той же номограмме (см. рисунок 6.2);

е) если по конструктивным или технологическим соображениям, а также по условиям осушения или обеспечения необходимой морозоустойчивости и т.п. предусмотрено основание из нескольких слоев, то предварительно назначают толщины дополнительных слоев, а затем послойно снизу вверх находят по номограмме (см. рисунок 6.2) модуль упругости на поверхности дополнительного слоя, после чего аналогично определяют толщину остальной части основания;

ж) допустимо вести расчет дорожной одежды снизу вверх с последовательным определением модулей упругости на поверхности конструктивных слоев дорожной одежды.

6.5 Расчет на сдвигоустойчивость грунтов земляного полотна и неукрепленных материалов конструктивных слоев дорожных одежд

6.5.1 Дорожную одежду проектируют так, чтобы при воздействии транспортных нагрузок в грунте земляного полотна и в неукрепленных материалах дорожной одежды не возникали деформации сдвига, что достигается выполнением условия прочности:

$$K_{\text{пр}}^{\text{тр}} \leq T_{\text{пр}}/T_{\text{а}}, \quad (6.8)$$

где $K_{\text{пр}}^{\text{тр}}$ – требуемый коэффициент прочности дорожной одежды, принимаемый по таблицам 6.1-6.4;

$T_{\text{пр}}$ – предельная величина активного напряжения сдвига в расчетной (наиболее опасной) точке конструкции, определяемая по 6.5.2, МПа;

$T_{\text{а}}$ – расчетное активное напряжение сдвига (часть сдвигающего напряжения, не погашенного внутренним трением) в расчетной (наиболее опасной) точке конструкции от действующего временного нагружения, определяемое по 6.5.3, МПа.

6.5.2 Предельное активное напряжение сдвига $T_{\text{пр}}$, МПа, возникающее в грунте рабочего слоя (или в дополнительном слое основания) определяют по формуле

$$T_{\text{пр}} = C K_1 K_2, \quad (6.9)$$

где C – сцепление в грунте земляного полотна (или в песчаном слое), МПа;

K_1 – коэффициент учета особенностей работы рассчитываемого слоя (грунта) на границе с вышележащим слоем дорожной одежды, принимаемый по таблице 6.10;

Таблица 6.10 – Значения коэффициента K_1

Материал вышележащего слоя	Коэффициент K_1
Укрепленный материал по таблице Б.5 (см. приложение Б)	$\frac{7,0}{5,5}$
Материал по таблице Б.6, армированный геосеткой	$\frac{6,5}{5,0}$
Материал по таблице Б.6, без армирования, песок крупный	$\frac{6,0}{4,5}$
Песок средней крупности	$\frac{5,0}{4,0}$
Песок мелкий	$\frac{4,0}{3,0}$
Песок пылеватый, супеси легкие пылеватые	$\frac{3,0}{1,5}$
Примечание – В числителе приведены значения для случая расчета «дополнительный слой основания – несущий слой основания», в знаменателе – для случая расчета «грунт земляного полотна – основание дорожной одежды».	

K_2 – коэффициент запаса на неоднородность условий работы дорожной одежды, определяемый по графику, представленному на рисунке 6.3.

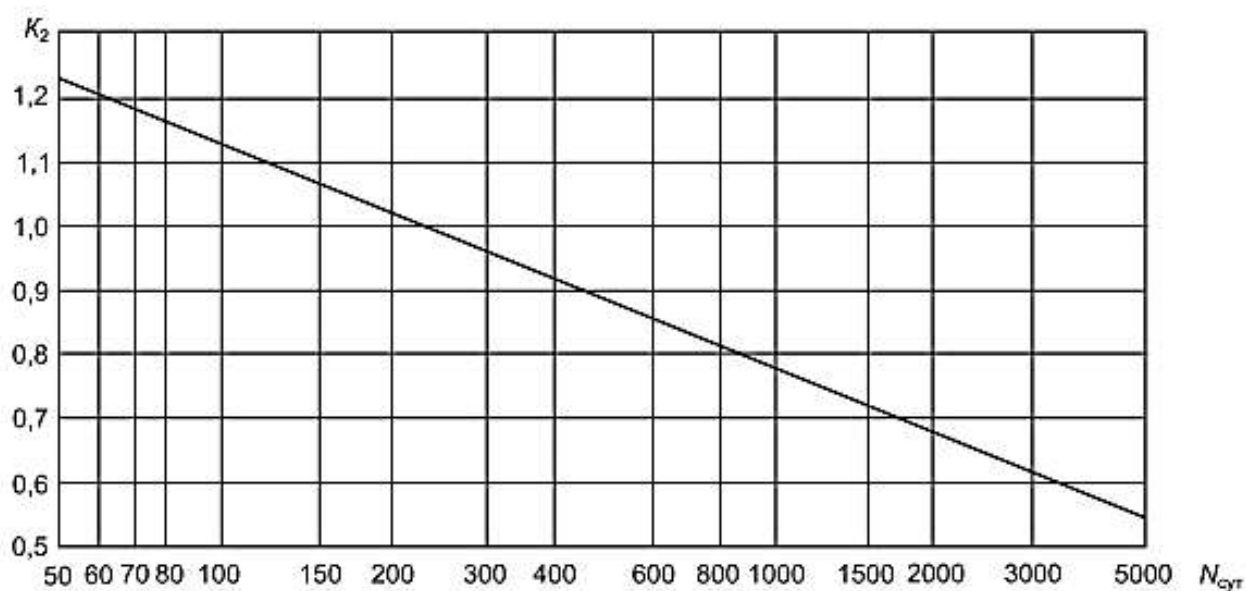


Рисунок 6.3 – Зависимость коэффициента K_2 от количества расчетных нагрузений за сутки $N_{\text{сут}}$

При расчете на длительное действие нагружения принимают $K_2 = 1,23$, а величину $N_{\text{сут}}$ определяют по формуле

$$N_{\text{сут}} = \sum N_p / (T_{\text{рдг}} T_{\text{сл}}), \quad (6.10)$$

где $\sum N_p$ – число накопленных осей за расчетный срок службы, определяемое по 6.2.10, шт.;

$T_{\text{рдг}}$ – количество расчетных дней в году принимают по приложению Г, сут;

$T_{\text{сл}}$ – расчетный срок службы, определяемый по таблице 6.5, лет.

6.5.3 Расчетное активное напряжение сдвига T_a , МПа, возникающее в грунте или в неукрепленных материалах, определяют по формуле

$$T_a = \bar{\tau}_a p + \tau_b, \quad (6.11)$$

где $\bar{\tau}_a$ – активное напряжение сдвига от действия единичного нагружения, определяемое по номограммам, изображенным на рисунках 6.4 и 6.5, МПа;

τ_b – активное напряжение сдвига от собственного веса дорожной одежды, определяемое по номограмме, изображенной на рисунке 6.6, МПа.

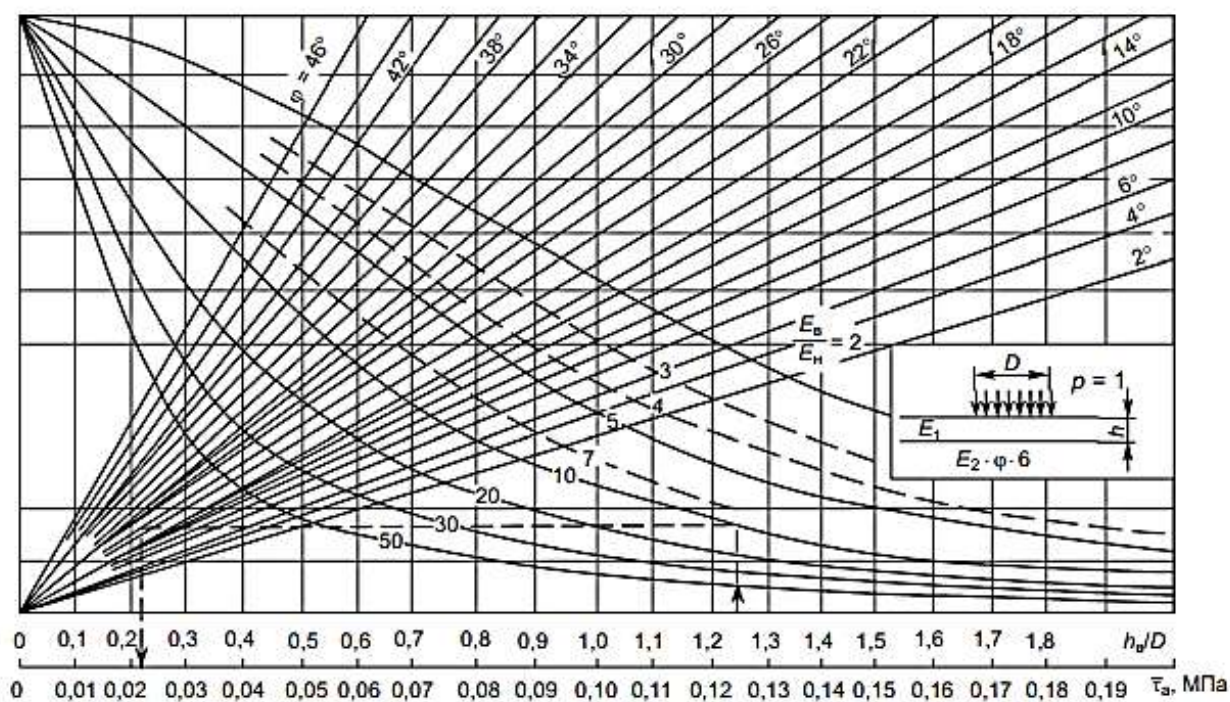


Рисунок 6.4 – Номограмма для определения активного напряжения сдвига $\bar{\tau}_a$ от единичного нагружения в нижнем слое двухслойной системы (при $h_b/D = 0-2,0$)

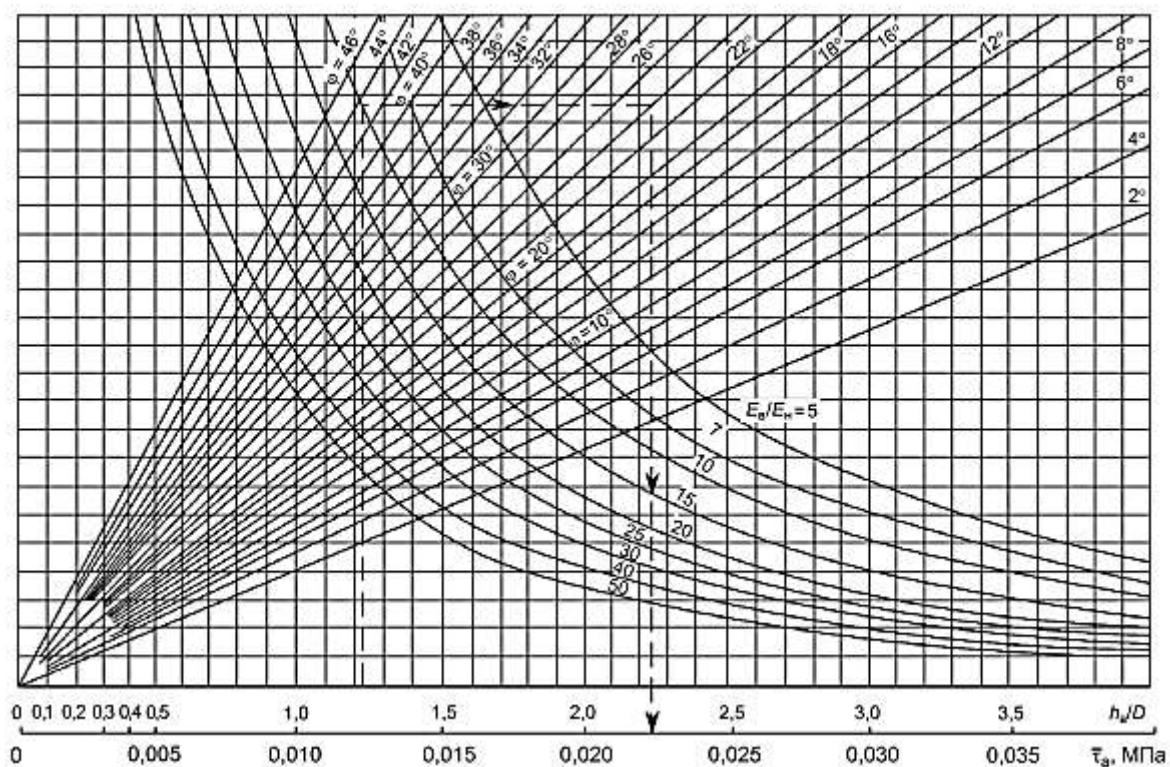


Рисунок 6.5 – Номограмма для определения активного напряжения сдвига $\bar{\tau}_a$ от единичного нагружения в нижнем слое двухслойной системы (при $h_v/D = 2,0-4,0$)

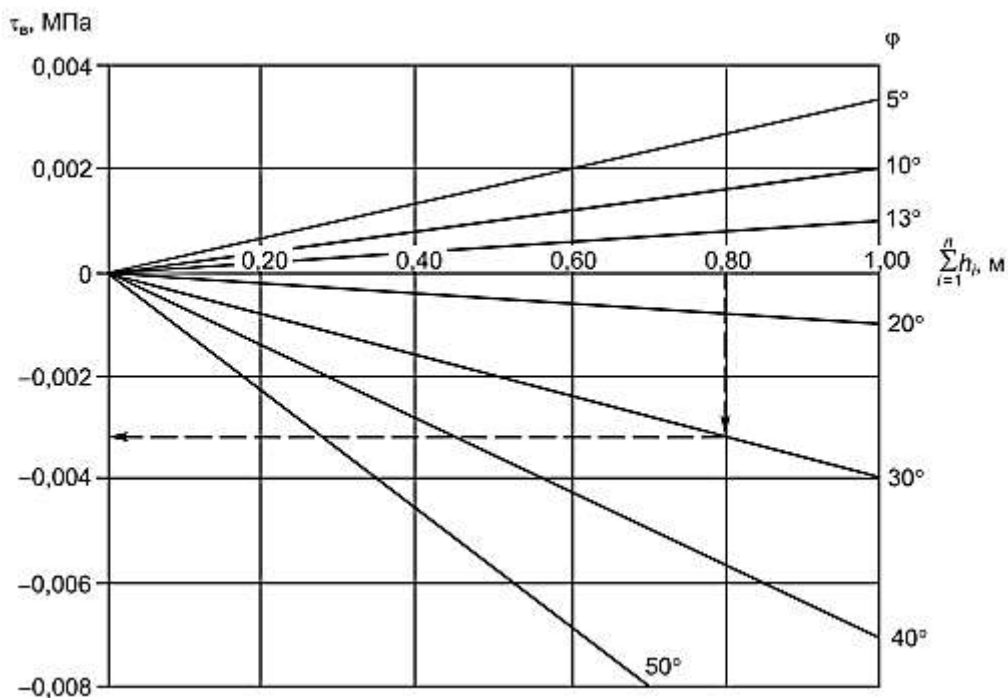


Рисунок 6.6 – Номограмма для определения активного напряжения сдвига от собственного веса дорожной одежды τ_v

6.5.4 При расчетах многослойную конструкцию дорожной одежды приводят к двухслойной расчетной модели.

При расчете сдвигоустойчивости грунта земляного полотна за нижний слой принимают грунт земляного полотна (с учетом его влажности), а за верхний – всю конструкцию дорожной одежды толщиной h_b , равной сумме толщин слоев дорожной одежды.

Модуль упругости верхнего слоя дорожной одежды E_b , МПа, принимают как средневзвешенный модуль пакета слоев, рассчитанный по формуле

$$E_b = \sum_{i=1}^n E_i h_i / \sum_{i=1}^n h_i, \quad (6.12)$$

где n – количество слоев дорожной одежды, шт.;

E_i – модуль упругости i -го слоя, МПа;

h_i – толщина i -го слоя, м.

При пользовании номограммами, приведенными на рисунках 6.4 и 6.5, для определения $\bar{\tau}_a$ величину φ принимают согласно приложению А.

6.5.5 При расчете сдвигоустойчивости неукрепленных материалов конструктивных слоев оснований дорожных одежд с помощью номограмм, изображенных на рисунках 6.4 и 6.5, каждому слою присваивают характеристики C_n и φ_n . Модуль упругости принимают равным общему модулю упругости на поверхности рассчитываемого слоя; толщину верхнего слоя модели принимают равной общей толщине слоев, которые лежат над песчаным слоем, а модуль упругости E_b рассчитывают как средневзвешенное значение для этих слоев по формуле (6.12).

6.5.6 При расчете несвязанных слоев дорожных одежд по условию сдвигоустойчивости значения модулей упругости материалов, которые содержат органическое вяжущее, определяют при температуре 20 °С.

При расчете на многократное воздействие транспортной нагрузки значение динамического модуля упругости асфальтобетонов принимают в соответствии с составом и маркой битума по приложению Б. При расчете на статическое действие нагрузки принимают модули упругости материалов, соответствующие длительности действия нагрузки не менее 600 с, по приложению Б.

6.5.7 Расчет конструкций дорожных одежд по критериям сдвига в грунте земляного полотна, а также в песчаных материалах промежуточных слоев дорожной одежды выполняют в следующей последовательности:

а) согласно приложению Б назначают расчетные модули упругости слоев из асфальтобетона при температуре 20 °С. Расчетные прочностные характеристики C и φ грунта земляного полотна и песка подстилающего слоя дорожной одежды (если такой есть) принимают с учетом расчетной влажности в соответствии с приложением А. Другие расчетные характеристики грунта и материалов принимают те же, что и в расчете по упругому прогибу;

б) по рисунку 6.3 или 6.4 определяют активное напряжение сдвига от одиночного кратковременного нагружения. Для этого приводят многослойную конструкцию дорожной одежды к двухслойной расчетной модели по 6.5.4 и 6.5.5;

в) по формуле (6.9) определяют предельное активное напряжение сдвига $T_{пр}$, возникающее в грунте земляного полотна или в песчаных слоях дорожной одежды;

г) по формуле (6.11) определяют расчетное активное напряжение сдвига T_a , возникающее в грунте земляного полотна;

д) по условию (6.7) проверяют выполнение условия прочности;

е) при необходимости, изменяя толщину конструктивных слоев, подбирают конструкцию, которая отвечает условию (6.7).

6.6 Расчет конструкции на сопротивление монолитных слоев усталостному разрушению при растяжении при изгибе

6.6.1 В монолитных слоях дорожной одежды напряжения, возникающие при прогибе дорожной одежды под действием кратковременных повторных нагружений, не должны вызывать нарушения структуры материала и приводить к образованию трещин. Для этого должно выполняться условие

$$K_{пр}^{тр} \leq R_{доп} / \sigma_r, \quad (6.13)$$

где $K_{пр}^{тр}$ – требуемый коэффициент прочности дорожной одежды с учетом заданного коэффициента надежности, принимаемый по таблицам 6.1 – 6.4;

$R_{доп}$ – предельно допустимое напряжение изгиба материала слоя с учетом усталости, определяемое расчетом, МПа;

σ_r – полное растягивающее напряжение при изгибе, определяемое расчетом, МПа.

6.6.2 Полное растягивающее напряжение при изгибе σ_r в монолитном слое вычисляют с помощью номограмм.

В практике проектирования дорожных одежд встречается два характерных случая:

а) монолитный слой или некоторая сумма смежных слоев из однотипных монолитных материалов находится в верхней части дорожной одежды – это асфальтобетоны и подобные им покрытия, асфальтобетонные основания, расположенные непосредственно под асфальтобетонным покрытием;

б) монолитный слой, расположенный в толщине дорожной одежды, – разного рода монолитные основания.

6.6.3 Однослойные монолитные покрытия рассчитывают на напряжение при изгибе с помощью номограммы (рисунок 6.7).

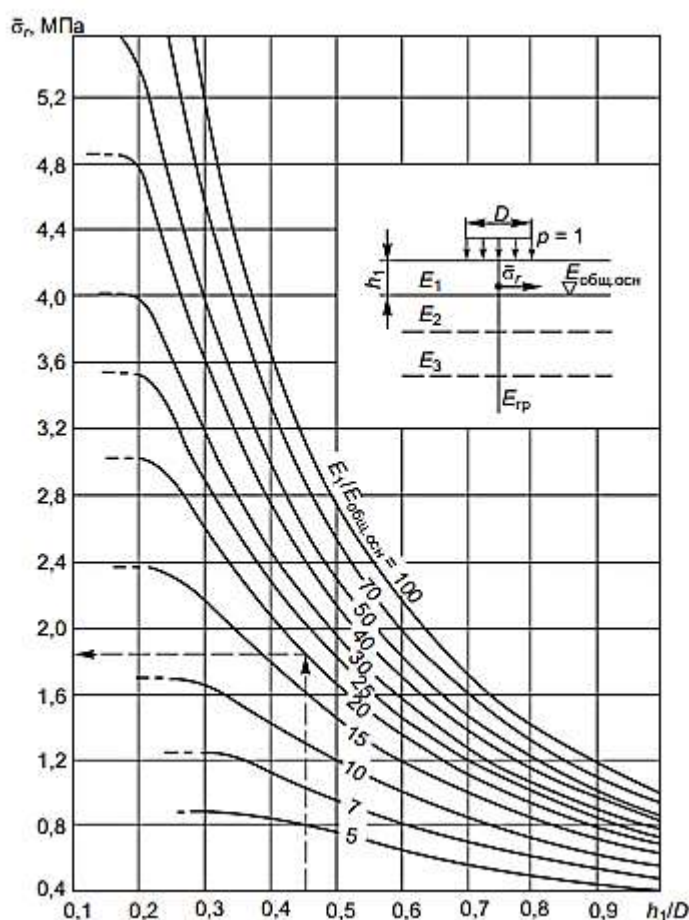


Рисунок 6.7 – Номограмма для определения растягивающего напряжения $\bar{\sigma}_r$ при изгибе от одиночного нагружения в верхнем монолитном слое дорожной одежды

Номограмма связывает относительную толщину покрытия h_1/D (горизонтальная ось) и отношение модуля упругости материала покрытия к общему модулю на поверхности основания $E_i/E_{\text{общ.осн}}$ (кривые на номограмме) с максимальным напряжением на растяжение при изгибе $\bar{\sigma}_r$ в материале покрытия от местного нагружения, равного

1 МПа (вертикальная ось). Значение диаметра D принимают по таблице В.1 (приложение В). Модуль упругости материала покрытия принимают в соответствии с приложением Б. Номограмма построена для наиболее неблагоприятного случая, когда сцепление покрытия с основанием недостаточно.

6.6.4 При расчете на изгиб нижнего слоя двухслойного покрытия и слоев асфальтобетонного основания, подстилающего асфальтобетонное покрытие, необходимо пакет асфальтобетонных слоев в целом принимать за один эквивалентный слой. В этом случае модуль упругости эквивалентного слоя толщиной, соответствующей общей толщине пакета, необходимо определять по формуле (6.12), а рассчитывать – на выполнение условия (6.13) в нижнем слое асфальтобетонного основания, если он обладает наименьшей прочностью на растяжение при изгибе.

Расчетные характеристики принимают по приложению Б. Если минимальной прочностью среди асфальтобетонных слоев обладает один из вышележащих слоев, то в расчет принимаются средневзвешенные расчетные характеристики пакета слоев. Также средневзвешенные характеристики принимаются в расчет, если толщина плотных слоев асфальтобетона превышает более чем в 1,3 раза толщину слоев из пористого асфальтобетона и общая толщина слоев из плотного асфальтобетона – более 0,1 м.

Для монолитных слоев по 6.6.2 а) рассчитывается только один нижний слой.

6.6.5 Промежуточные монолитные слои оснований дорожной одежды необходимо рассчитывать с использованием номограммы (рисунок 6.8).

Для этого многослойную конструкцию следует привести к трехслойной, где средним будет рассчитываемый монолитный слой (см. слой h_2 на рисунке 6.8). Номограмма связывает относительную толщину двух верхних слоев трехслойной системы $(h_1 + h_2)/D$ и растягивающие напряжения $\bar{\sigma}_r$ от растягивающего напряжения в нижней точке слоя, который рассчитывается, под центром нагруженной площади (где эти напряжения достигают максимального значения) при разных соотношениях модулей упругости слоев E_1/E_2 (кривые на номограмме) и E_2/E_3 (лучи на номограмме). Полное значение напряжений σ_r вычисляется по формуле (6.17). Модули упругости промежуточного слоя принимают согласно приложению Б.

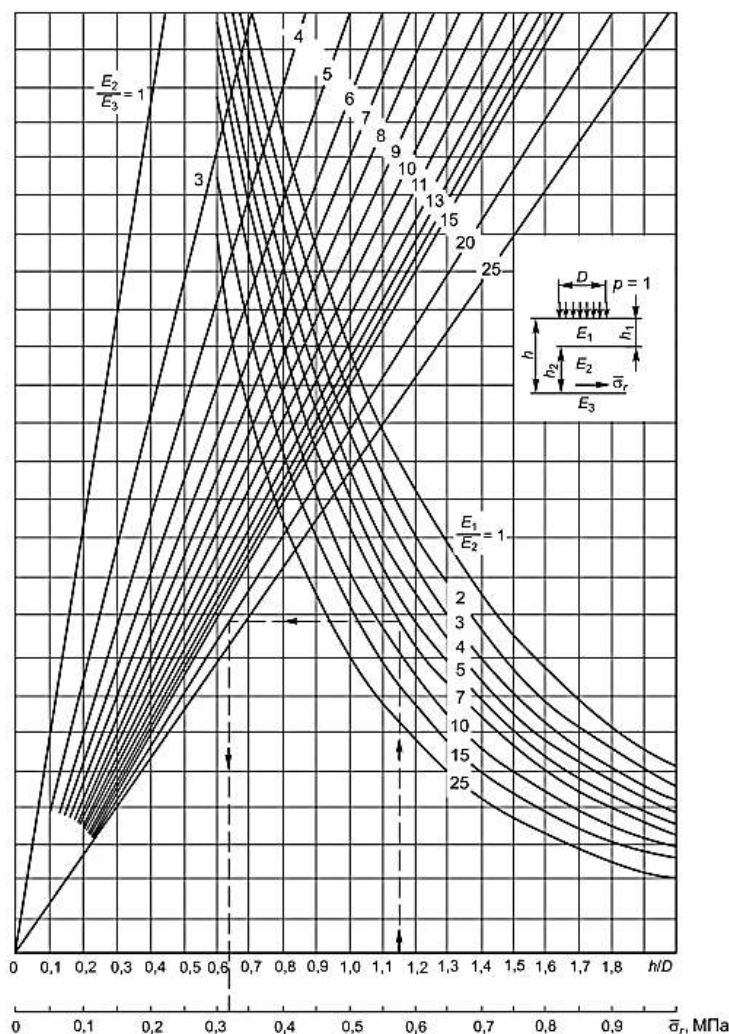


Рисунок 6.8 – Номограмма для определения растягивающего напряжения $\bar{\sigma}_r$ в промежуточном монолитном слое дорожной одежды

6.6.6 Предельно допустимые растягивающие напряжения при изгибе асфальтобетона $R_{\text{доп}}$, МПа, определяют по формуле

$$R_{\text{доп}} = R_{\text{и}} (1 - 0,1 t) K_{\text{м}} K_{\text{кн}} K_{\text{т}}, \quad (6.14)$$

где $R_{\text{и}}$ – прочность асфальтобетона на растяжение при изгибе с учетом повторности действия напряжений, принимаемая согласно приложению Б, МПа;

t – коэффициент нормированного отклонения, принимаемый по таблице 6.11;

Таблица 6.11 – Коэффициент нормированного отклонения t

$K_{\text{н}}$	0,75	0,80	0,85	0,90	0,95	0,98
t	0,52	0,84	1,06	1,32	1,71	2,19

$K_{\text{м}}$ – коэффициент учета снижения прочности асфальтобетона во времени от действия природно-климатических факторов, принимаемый по таблице 6.12;

K_T – коэффициент учета снижения прочности асфальтобетона в конструкции в результате температурных воздействий, принимаемый по таблице 6.12;

Таблица 6.12 – Значения коэффициентов K_M и K_T

Материал покрытия	K_M	K_T
Асфальтобетон на модифицированном вяжущем	1,00	1,00
Асфальтобетон плотный:		
марки I	1,00	0,90
марки II	0,95	0,85
марки III	0,85	0,80
Асфальтобетон пористый:		
марки I	0,85	0,90
марки II	0,80	0,80
Асфальтобетон высокопористый	0,70	0,70

K_{KH} – коэффициент учета кратковременности и повторности нагружения на дорогу, определяемый по формуле

$$K_{KH} = \alpha \sum N_p^{-(1/m)}, \quad (6.15)$$

здесь α – коэффициент, учитывающий повторность нагружения в нерасчетный период года, принимают в соответствии с приложением Б;

m – показатель усталости материала, принимают в соответствии с приложением Б;

$\sum N_p$ – число накопленных осей, приложенных к расчетной точке на поверхности дорожной конструкции за расчетный срок службы, шт.

6.6.7 Для прочих монолитных оснований $R_{доп}$, МПа, определяют по формуле

$$R_{доп} = R_{и}. \quad (6.16)$$

6.6.8 Полное растягивающее напряжение при изгибе σ_r , МПа, определяют по формуле

$$\sigma_r = \bar{\sigma}_r \rho K_6, \quad (6.17)$$

где $\bar{\sigma}_r$ – растягивающее напряжение в рассматриваемом слое, МПа;

K_6 – коэффициент, учитывающий особенности напряженного состояния покрытия под колесом автомобиля со спаренными баллонами ($K_6 = 0,85$) и однобаллонными колесами ($K_6 = 1,0$).

6.6.9 Расчет покрытия по 6.6.3 и его эквивалентного монолитного слоя на изгиб по 6.6.4 осуществляют в следующей последовательности:

а) вычисляют h_1/D при однослойном покрытии или $\sum h_i/D$ (асфальтобетонное покрытие на асфальтобетонном основании) и по формуле (6.12) рассчитывают средний модуль упругости асфальтобетонных слоев;

б) общий модуль упругости $E_{\text{общ.осн}}$ на поверхности основания, подстилающего асфальтобетон, приводят к эквивалентному жесткому полупространству с модулем упругости $E_{\text{общ}}$, определяемому путем последовательного вычисления общих модулей упругости каждой пары смежных слоев по номограмме (см. рисунок 6.2);

в) по отношениям $E_i/E_{\text{общ.осн}}$ основания и h_1/D с помощью номограммы (см. рисунок 6.7) определяют растягивающее напряжение $\bar{\sigma}_r$ в рассматриваемом слое от разового нагружения. Полное растягивающее напряжение при изгибе σ_r определяют по формуле (6.17);

г) вычисляют допустимые растягивающие напряжения $R_{\text{доп}}$ по формуле (6.14). Далее вычисляют соотношение $R_{\text{доп}}/\sigma_r$, и если оно больше или равно $K_{\text{пр}}^{\text{тр}}$, то конструкцию считают соответствующей требованиям сопротивления усталостному разрушению при растяжении при изгибе. В противном случае необходимо откорректировать толщину слоев и повторить расчет.

6.6.10 Промежуточные монолитные слои рассчитывают в следующем порядке:

а) по формуле (6.12) вычисляют средний модуль упругости конструктивных слоев, которые расположены выше рассчитываемого монолитного слоя (слой h_1 , см. рисунок 6.8).

Расчетный модуль упругости слоев из материалов, содержащих органическое вяжущее принимают при температуре 0 °С (см. приложение Б).

Слои, подстилающие монолитный слой, приводят к эквивалентному жесткому полупространству с модулем упругости E_3 , определяемым путем последовательного вычисления общих модулей упругости каждой пары смежных слоев по номограмме (см. рисунок 6.2);

б) по номограмме (см. рисунок 6.8) определяют растягивающее напряжение $\bar{\sigma}_r$ в расчетном слое от одиночного нагружения. Для этого из точки на верхней горизонтальной оси, которая соответствует отношению $\sum h_i/D$, проводят вертикаль до кривой

с соответствующим отношением E_1/E_2 , а из точки пересечения проводят вертикаль до луча, который соответствует отношению E_2/E_3 , откуда опускают вертикаль на нижнюю горизонтальную ось, где находят соответствующее значение $\bar{\sigma}_r$. Расчетное значение σ_r определяют по формуле (6.17) при $K_6 = 1,0$. Далее вычисляют соотношение $R_{\text{доп}}/\sigma_r$, и если оно больше или равно $K_{\text{пр}}^{\text{тр}}$, то конструкцию считают соответствующей требованиям сопротивления усталостному разрушению при растяжении при изгибе.

В противном случае необходимо откорректировать толщину слоев основания и повторить расчет.

7 Проектирование устройств по осушению дорожных одежд

7.1 Основные положения

7.1.1 На участках дорог с земляным полотном, возведенном из пучинистых, сильнопучинистых и чрезмерно пучинистых грунтов по [1], а также пылеватых и глинистых грунтов с коэффициентом фильтрации менее 0,5 м/сут, во всех дорожно-климатических районах при всех схемах увлажнения рабочего слоя земляного полотна (см. приложение А) необходимо предусматривать защиту земляного полотна и дорожной одежды от деформаций пучинообразования, что обеспечивается проектированием устройств осушения и морозозащитных мероприятий.

7.1.2 При проектировании земляного полотна необходимо вывести зону промерзания грунтов из зоны капиллярного увлажнения за счет возвышения поверхности покрытия над расчетным уровнем грунтовых вод по [1].

За расчетный уровень грунтовых вод следует принимать максимально возможный уровень за период между капитальными ремонтами. Расчетный уровень грунтовых вод по данным разовых измерений его величины в период изысканий дороги определяют на основе статистического метода, который позволяет учесть климатические и грунтово-гидрологические условия района строительства участка дороги (приложение Д).

7.1.3 Если по грунтово-гидрологическим условиям или технико-экономическим показателям целесообразно снизить требование по возвышению поверхности покрытия, то следует предусмотреть специальные мероприятия по понижению уровня грунтовых вод или защите верхней части земляного полотна от избыточного увлажнения, проектируемые в соответствии с ТКП 200.

7.1.4 При возведении земляного полотна из пучинистых, сильнопучинистых и чрезмерно пучинистых грунтов по [1] необходимо предусмотреть мероприятия для уменьшения притока поверхностных вод в основание дорожной одежды и грунт земляного полотна. Для этого устраивают изоляцию обочин в виде асфальтобетонного покрытия или гидроизолирующих слоев и прослоек, обеспечивают требуемый поперечный уклон обочин, устраивают лотки вдоль проезжей части и высокоэффективные дренажные системы под обочинами.

7.1.5 Дренирующий слой проектируют из песка, гравия, шлака и других зернистых материалов с коэффициентом фильтрации не менее 1 м/сут. Для магистральных и республиканских дорог в случаях, когда земляное полотно сложено из чрезмерно пучинистых грунтов, а также на вогнутых переломах профиля и в случае прохождения дороги в выемках коэффициент фильтрации материала должен быть не менее 2 м/сут.

7.1.6 Проектирование мероприятий по осушению дорожной одежды осуществляют в следующей последовательности:

а) дорогу разделяют на характерные участки по виду продольного профиля и природным условиям (характер рельефа местности, наличие водотоков, пересекающих дорогу, и др.) с учетом особенностей конструкции земляного полотна (насыпь высотой, отвечающей требованиям [1], выемка, насыпь ниже требуемой по [1], переходный участок от насыпи к выемке) и дорожной одежды (наличие монолитных слоев основания, а также морозозащитных или теплоизоляционных слоев из укрепленных материалов), обеспеченности материалами для устройства дренирующих конструкций, осуществления мер по ограничению притока воды в дорожную одежду;

б) для характерных участков определяют количество воды, поступающей в основание в расчетный период за сутки с учетом предусмотренных мер по ограничению притока воды в дорожную одежду;

г) обосновывают расчетом толщину дренирующего слоя, необходимую в данных условиях, или определяют, каким значением коэффициента фильтрации должен обладать дренирующий материал в заданной дренажной конструкции.

При проектировании дренирующего слоя необходимо, кроме осушения, учитывать необходимость обеспечения сдвигоустойчивости самого зернистого материала и прочности всей конструкции дорожной одежды.

7.1.7 Дренажные конструкции проектируют с учетом объема воды, поступающей в основание дорожной одежды в расчетный период, фильтрационной способности материала дренирующего слоя и конструкции земляного полотна.

7.1.8 Выбор конкретного мероприятия по регулированию притока воды должен сопровождаться технико-экономическим сравнением вариантов.

7.2 Расчет дренирующего слоя

7.2.1 Целью расчета дренажной конструкции является определение требуемой толщины дренирующего слоя в зависимости от объема воды, поступающей весной в расчетный период в основание проезжей части.

7.2.2 Объем воды, поступающей весной в расчетный период в основание проезжей части, складывается из объемов воды, освобождающейся при оттаивании увлажненного грунта под проезжей частью и проникающей в основание с поверхности дороги.

Для расчета толщины дренирующего слоя объем воды q , поступающей в основание за сутки, на 1 м^2 проезжей части принимают по таблице 7.1.

Таблица 7.1 – Расчетные значения объема воды, поступающей в дорожное основание

Дорожно-климатический район	Объем воды, поступающей в основание за сутки, q , л/м ²			
	Супесь легкая пылеватая, песок пылеватый	Суглинок пылеватый, глины	Суглинок пылеватый	Супесь пылеватая
1	5,0	6,0	8,0	9,0
2	4,6	5,6	7,5	8,5
3	4,2	5,2	7,0	8,0

Примечания
 1 При наличии в дорожной одежде основания из монолитных материалов объем воды q уменьшают на 10 %.
 2 При обеспечении водонепроницаемости обочин объем воды q уменьшают на 20 %.
 3 На участках перелома продольного профиля при встречных уклонах объем воды q увеличивают на 20 %.

7.2.3 Полную толщину дренирующего слоя дорожной одежды h_n , м, определяют по формуле

$$h_n = h_m b K_c + h_{зап}, \quad (7.1)$$

где h_m – толщина слоя, определяемая по номограмме (рисунок 7.1) в зависимости от коэффициента фильтрации материала дренирующего слоя K_f и объема воды q , поступающей в основание проезжей части за сутки, м;

b – коэффициент, зависящий от длины пути фильтрации воды, равный:

- 0,80 – для дорог I категории;
- 0,50 – “ II категории;
- 0,40 – “ III категории;
- 0,33 – “ IV и V категорий;

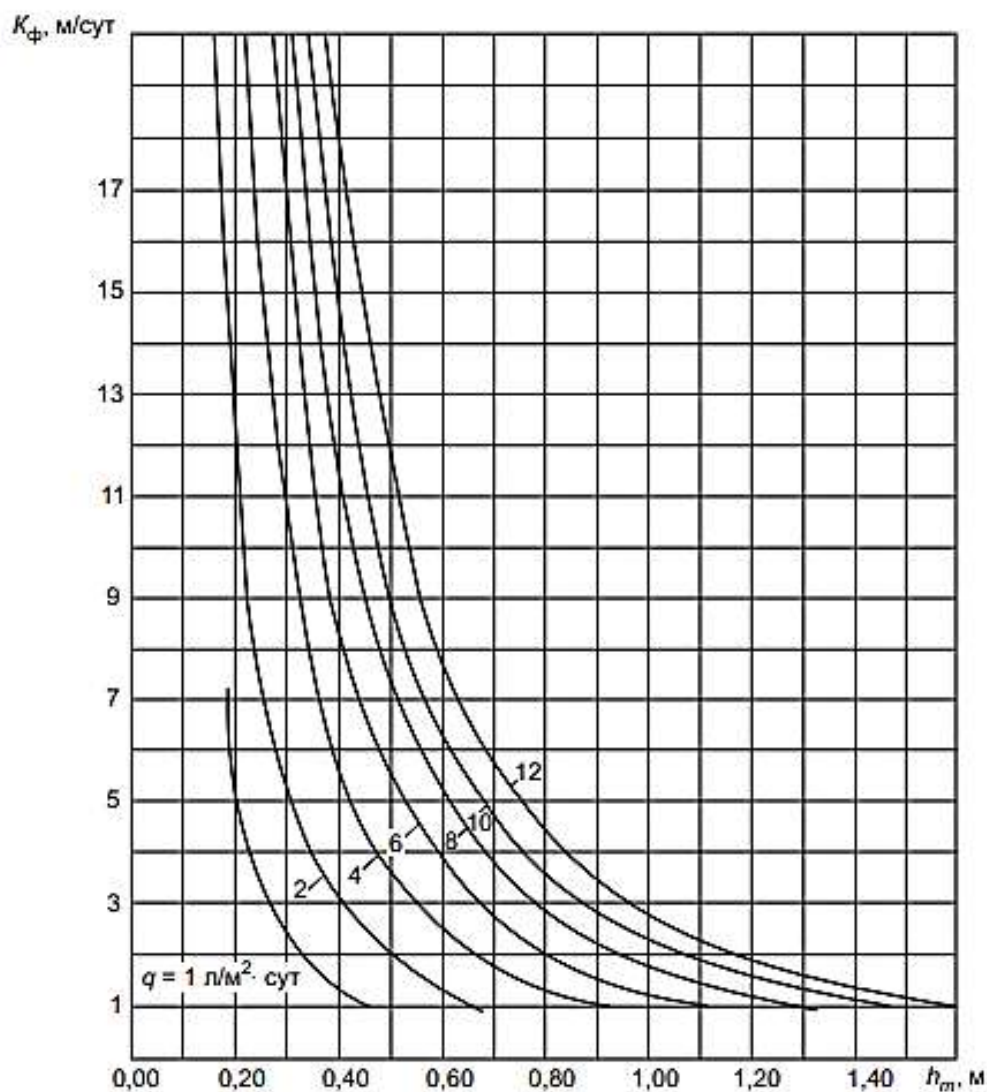


Рисунок 7.1 – Номограмма для определения толщины слоя h_m в зависимости от коэффициента фильтрации материала дренирующего слоя K_{ϕ} и объема воды q , поступающего в основание за сутки

K_c – коэффициент, учитывающий снижение фильтрационных свойств материала фильтрующего слоя в процессе эксплуатации дорог, равный:

- 1,1 – для сильнопучинистых и чрезмернопучинистых грунтов;
- 1,0 – в остальных случаях;

$h_{\text{зап}}$ – дополнительная толщина слоя, зависящая от капиллярных свойств материала, равная, м:

- 0,18-0,20 – пески мелкие;
- 0,14-0,15 – пески средней крупности;
- 0,10-0,12 – пески крупные.

Во всех случаях полную толщину дренирующего слоя дорожной одежды h_n принимают не менее 0,25 м.

7.2.4 Толщину дренирующего слоя, работающего по принципу поглощения h_n , м, достаточную для временного размещения в его порах поступающей в конструкцию в начальный период ее оттаивания воды, определяют по формуле, основанной на сравнении объема воды, подлежащей размещению, и объема свободных пор в материале дренирующего слоя:

$$h_n = \frac{Q \cdot 0,001 \cdot n + 0,3 \cdot h_{\text{зап}}}{1 - \varphi_{\text{зим}}}, \quad (7.2)$$

где Q – общее количество воды, поступающей в основание за весь расчетный период, л/м² (таблица 7.2);

Таблица 7.2 – Общее количество воды поступающей в основание

Схема увлажнения рабочего слоя	Количество воды, поступающей в основания дорожной одежды из грунта, л/м ²			
	супеси легкой и песка	суглинка и глины	суглинка пылеватого	супеси пылеватой
1	15	20	35	80
2	25	50	80	130
3	60	90	130	180

$\varphi_{\text{зим}}$ – коэффициент заполнения пор влагой в материале дренирующего слоя к началу оттаивания (таблица 7.3).

Таблица 7.3 – Коэффициент заполнения пор

Толщина дренирующего слоя $h_{\text{д.сл}}$, м	Значение коэффициента заполнения пор $\varphi_{\text{зим}}$ при пористости n			
	0,40	0,36	0,32	0,28
$\leq 0,1$	0,49	0,59	0,68	0,78
0,2	0,43	0,52	0,62	0,71
0,3	0,37	0,46	0,55	0,65
0,4	0,30	0,40	0,49	0,58
$\geq 0,5$	0,24	0,33	0,42	0,51

Примечание. Промежуточные значения $\varphi_{\text{зим}}$ следует определять по интерполяции в зависимости от пористости песка и толщины дренирующего слоя.

7.2.5 Вычисление $\varphi_{\text{зим}}$ в зависимости от пористости n и толщины слоя $h_{\text{д.сл}}$ можно производить по аппроксимирующей формуле

$$\varphi_{\text{зим}} = (1,55 - 2,5 \cdot n) - (0,816 - 0,501 \cdot n) h_{\text{д.сл}} \quad (7.3)$$

7.2.6 Расчет производится методом последовательного приближения. Задаваясь толщиной дренирующего слоя по таблице 7.3 или аппроксимирующей зависимости (7.3), находят $\varphi_{\text{зим}}$, а затем вычисляют полную толщину дренирующего слоя $h_{\text{п}}$.

7.2.7 На участках, имеющих длину пути фильтрации больше 10 м, дренирующий слой должен быть рассчитан на поглощение количества воды, поступающей за расчетный период.

За длину пути фильтрации принимают половину ширины дренирующего слоя при двухскатном поперечном профиле и полную ширину – при односкатном.

7.2.8 Если общая толщина дренирующего слоя больше 0,5 м, ее можно уменьшить следующим образом:

- увеличить поперечный уклон низа дренирующего слоя;
- заменить материал дренирующего слоя на материал с большим коэффициентом фильтрации;
- заменить грунт в верхней части земляного полотна на другой, с меньшим притоком воды в расчетный период;
- уменьшить приток воды с помощью специальных мер;
- снизить степень увлажнения местности путем понижения уровня грунтовой воды;
- выполнить поперечные прорезы мелкого заложения при больших продольных уклонах;
- уложить вдоль краев проезжей части продольные трубчатые дрены при удельном притоке воды $q_p > 0,005 \text{ м}^3/(\text{м}^2\text{сут})$.

8 Обеспечение морозоустойчивости дорожных одежд и земляного полотна

8.1 В условиях сезонного промерзания земляного полотна при избыточном увлажнении грунтов, при неблагоприятных грунтовых и гидрологических условиях строительства, наряду с требуемой прочностью и сдвигоустойчивостью, должна быть обеспечена и необходимая морозоустойчивость дорожных одежд. С этой целью предусматривают специальные мероприятия:

- использование непучинистых или слабопучинистых грунтов для сооружения верхней части земляного полотна, находящейся в зоне промерзания;

- осушение рабочего слоя земляного полотна, в том числе устройство дренажных систем для увеличения расстояния от низа дорожной одежды до уровня грунтовых вод;

- устройство гидроизолирующих или капилляропрерывающих прослоек для перехода от 2-й или 3-й схемы увлажнения рабочего слоя к 1-й схеме увлажнения;

- устройство морозозащитного слоя из непучинистых стабильных минеральных материалов, в том числе укрепленных минеральными или органическими вяжущими, не изменяющих своего объема при промерзании в увлажненном состоянии;

- применение специальных устройств, предохраняющих земляное полотно от воздействия отрицательных температур воздуха и источников увлажнения.

8.2 Специальные меры по морозозащите требуются в случае, когда земляное полотно возводится из сильнопучинистых и чрезмерно пучинистых грунтов. При этом в зависимости от дорожно-климатического района, в котором осуществляется строительство дороги, толщина стабильных слоев конструкции дорожной одежды из условия морозоустойчивости должна быть не менее указанной в [1].

9 Расчет нежестких дорожных одежд при реконструкции и капитальном ремонте автомобильных дорог

9.1 Общие положения

9.1.1 В случае реконструкции или капитального ремонта нежестких дорожных одежд необходимо:

- выполнить обследование состояния конструктивных слоев дорожной одежды в соответствии с ГОСТ 32836 и мероприятия по ТКП 140;

- на основании данных обследования принять решение о сохранении, частичном или полном удалении материала конструктивных слоев дорожной одежды.

9.1.2 На ремонтируемых участках, где сохраняют или используют старую дорожную одежду, проектирование ведут на основе детальных данных по конструкции существующей дорожной одежды, состоянию ее конструктивных слоев и оценке способности этих слоев выполнять свои функции. Для получения исходных данных существующая дорожная одежда и рабочий слой земляного полотна должны быть обследованы с выполнением комплекса работ, предусмотренных ГОСТ 32836, ТКП 140, а также георадарных, буровых и других видов исследований, позволяющих получить необходимую информацию.

9.1.3 При разработке проектного решения должны быть рассмотрены вопросы:

- целесообразности использования существующей дорожной одежды или отдельных ее конструктивных слоев без предварительного разрушения;
- целесообразности использования технологии холодного ресайклинга (регенерации) существующего покрытия для использования его в качестве основания для новой конструкции дорожной одежды в соответствии с ТКП 620;
- ликвидации колеиности со сменой верхних слоев дорожной одежды методом фрезерования на ширину полос наката или на всю ширину покрытия с укладкой новых слоев асфальтобетона;
- целесообразности использования материалов конструктивных слоев после их переработки;
- необходимости усиления существующей конструкции дорожной одежды;
- необходимости использования в слоях асфальтобетона геосеток в качестве армирующей и трещинопрерывающей прослойки;
- необходимости повышения морозостойкости существующей конструкции дорожной одежды;
- необходимости улучшения дренирования существующей дорожной одежды;
- необходимости изменения конструкции укрепления обочин;
- необходимости использования прикормочного дренажа;
- необходимости уширения существующей конструкции дорожной одежды и разработки способов уширения.

9.2 Проектирование реконструируемых и капитально ремонтируемых дорожных одежд

9.2.1 При назначении вида ремонта реконструируемых и капитально ремонтируемых магистральных и республиканских дорог дополнительно к обследованию по ГОСТ 32836 выполняют:

- определение процента дефектности DP существующей дорожной одежды по ТКП 140 (в долях единицы);
- определение с использованием георадарных технологий толщин слоев по [2], а также определение их расчетных характеристик;
- определение характеристик грунта и материала дренирующего слоя;
- определение фактического модуля упругости дорожной одежды по ТКП 140;
- оценку ровности дорожного покрытия по ТКП 140 с приведением результатов измерений к индексу ровности IRI.

9.2.2 Значение допустимого индекса ровности $IRI_{\text{доп}}$ в зависимости от срока службы дорожной одежды и категории дороги определяют по формуле

$$IRI_{\text{доп}} = IRI_0 \cdot \exp(Bt), \quad (9.1)$$

где IRI_0 – начальная ровность дорожного покрытия, определяемая по таблице 9.1, мм/м;

B – коэффициент приведения, определяемый по таблице 9.1, лет⁻¹;

t – срок службы покрытия после окончания строительства, реконструкции или капитального ремонта, лет.

Таблица 9.1 – Значение показателя IRI_0 и коэффициента B

Категория автомобильной дороги	I	II	III	IV
IRI_0 , мм/м	1,5	2,0	2,0	2,5
B , лет ⁻¹	0,0559	0,0644	0,0677	0,0403

Оценку ровности покрытия по индексу IRI на местных дорогах, как правило, не выполняют.

9.2.3 На основании обследования дорожной одежды определяют коэффициент надежности существующей дорожной одежды $K_H^{\text{сущ}}$ по формуле

$$K_H^{\text{сущ}} = K_H - DP, \quad (9.2)$$

где DP – процент дефектности существующей дорожной одежды (в долях единицы с точностью до 0,01).

В случае, когда площадь разрушения составляет 95 %-100 % площади покрытия, расчет по формуле (9.2) не применяют, а расчет конструкции усиления дорожной одежды осуществляют по 9.2.6.

9.2.4 Виды ремонтных работ назначаются в зависимости от состояния дорожной одежды, определяемого ровностью покрытия по индексу IRI , коэффициентом надежности существующей дорожной одежды $K_H^{\text{сущ}}$ и фактическим модулем упругости конструкции E_f по ТКП 140.

Значения допустимого коэффициента надежности существующей дорожной одежды $K_H^{\text{доп}}$ в зависимости от категории дороги приведены в таблице 9.2.

Таблица 9.2 – Допустимый коэффициент надежности дорожной одежды $K_n^{\text{доп}}$

Тип дорожной одежды	Категория автомобильной дороги	Допустимый коэффициент надежности $K_n^{\text{доп}}$
Капитальный	I	0,80
	II	
	III	
	IV	
Облегченный	III	0,70
	IV	
	V	
Переходный	IV	0,50
	V	

9.2.5 Толщину конструкции усиления рассчитывают на основании значений фактического модуля упругости конструкции дорожной одежды E_f , требуемого модуля упругости $E_{тр}$, зависящего от интенсивности движения и состава транспортного потока, коэффициента надежности существующей дорожной одежды K_n и выбора материалов для устройства конструкции усиления.

9.2.6 Расчет толщины конструкции усиления осуществляют по номограмме, изображенной на рисунке 6.2.

Назначают модули упругости слоев усиления E_1 , затем находят рассчитанное соотношение E_f/E_1 на оси ординат и проводят горизонталь до пересечения с наклонной линией, характеризующей соотношение $E_{тр}/E_1$. Из точки пересечения опускают вертикаль до пересечения с осью абсцисс и находят соотношение h/D . Приняв расчетный диаметр D по приложению В, определяют толщину слоя усиления h .

9.2.7 В случае, когда $IRI_f > IRI_{\text{доп}}$, $K_n < K_n^{\text{доп}}$, а $E_f < 0,7E_{тр}$, проектируют следующие варианты ремонтных мероприятий:

вариант I – демонтаж покрытия и несущего слоя основания дорожной одежды с дальнейшим устройством несущих слоев основания и новых слоев покрытия;

вариант II – полный демонтаж дорожной одежды с устройством дренирующих и морозозащитных слоев основания дорожной одежды, несущих слоев основания и новых слоев покрытия;

вариант III – полный демонтаж дорожной одежды и рабочего слоя земляного полотна. Переустройство рабочего слоя земляного полотна и слоев дорожной одежды.

9.2.8 При усилении существующей дорожной одежды по варианту I в конструкции дорожной одежды предусматривают устройство выравнивающего слоя, нижнего слоя покрытия и верхнего слоя покрытия (слоя износа).

Выравнивающий слой проектируют из плотных (пористых) мелкозернистых, крупнозернистых и песчаных асфальтобетонных смесей. Выравнивающий слой может быть запроектирован совместно с нижним слоем покрытия, если общая толщина слоев усиления не превышает 0,10 м.

Вариант I назначают в случае обеспечения дренирующей способности и морозостойкости существующей дорожной одежды, а также достаточной несущей способности грунта рабочей зоны земляного полотна.

9.2.9 Вариант II назначают при условии достаточной несущей способности грунта рабочей зоны земляного полотна, но при условии отсутствия дренажной способности и морозостойкости слоев существующей дорожной одежды.

9.2.10 Вариант III назначают при условии отсутствия дренажной способности и морозостойкости слоев существующей дорожной одежды и низкой прочности грунтов земляного полотна.

Конструкцию новой дорожной одежды по вариантам II и III определяют расчетом в соответствии с разделом 6.

9.2.11 При ремонте дорожной одежды предусматривают мероприятия по предотвращению копирования дефектов старого покрытия на новом. Для этого рекомендуется предусматривать разделку и герметизацию существующих трещин, заделку существующих выбоин, применение специальных мер по приложению Е либо устройство трещинопрерывающих слоев из высокопористых асфальтобетонных смесей, черного щебня и т.п. В отдельных случаях следует применять армирование конструкции усиления геосетками при соответствующем технико-экономическом обосновании.

9.2.12 При использовании вариантов ремонта I, II в случае, когда нельзя увеличивать толщину дорожной одежды, допустимо использовать технологию регенерации методом холодного ресайклинга дорожной одежды по ТКП 620 при соответствующем технико-экономическом обосновании. Обязательным условием применения технологии является подтверждение дренирующей способности и морозоустойчивости конструкции дорожной одежды, что обеспечивается наличием дренирующих материалов в конструкции или проектированием мероприятий по осушению дорожной одежды.

Подбор состава регенерированного материала и определение его характеристик осуществляют по СТБ 1415 и ТКП 620.

9.2.13 Если толщина монолитных слоев старой дорожной одежды более 0,16 м, следует предусматривать частичное фрезерование старого покрытия. Глубина

фрезерования покрытия назначается в зависимости от состояния укрепленных вяжущим слоев старой дорожной одежды по таблице 9.3.

Таблица 9.3 – Зависимость глубины фрезерования от состояния укрепленных вяжущим слоев старой дорожной одежды

Показатели состояния существующей дорожной одежды			Глубина фрезерования покрытия, %
$IRI_{\text{ф}}$	$K_{\text{н}}$	$E_{\text{ф}}$	
$<IRI_{\text{доп}}$	$>K_{\text{н}}^{\text{доп}}$	$0,8E_{\text{тр}} \leq E_{\text{ф}} < E_{\text{тр}}$	25*
$>IRI_{\text{доп}}$	$>K_{\text{н}}^{\text{доп}}$	$0,7E_{\text{тр}} \leq E_{\text{ф}} < 0,8E_{\text{тр}}$	50*
$>IRI_{\text{доп}}$	$>K_{\text{н}}^{\text{доп}}$	$<0,7E_{\text{тр}}$	75
* При наличии на покрытии трещин шириной раскрытия в нижней части более 50 мм фрезерование покрытия предусматривают на глубину 75 %.			

9.2.14 При фрезеровании покрытия дорожной одежды значение фактического модуля упругости дорожной одежды после фрезерования $E_{\text{ф}}^{\text{фр}}$, МПа, определяют по формуле

$$E_{\text{ф}}^{\text{фр}} = E_{\text{ф}} - \Delta E, \quad (9.3)$$

где $E_{\text{ф}}$ – фактический измеренный модуль упругости дорожной одежды, МПа;

ΔE – снижение общего модуля упругости за счет фрезерования покрытия, определяемое по номограмме (см. рисунок 6.2) в зависимости от глубины фрезерования и значения усредненного модуля упругости материалов фрезеруемых слоев, принимаемых по приложению Б, МПа.

Допустимое отклонение от расчетного значения средней глубины фрезерования должно составлять до 25 % (для обеспечения поперечного и продольного выравнивания) при условии, что площадь таких участков менее 20 % общей площади покрытия.

9.2.15 Примеры расчета конструкций дорожных одежд при новом строительстве и при выполнении ремонтных мероприятий приведены в приложении Ж.

9.3 Особенности проектирования осушения дорожной одежды реконструируемых дорог

9.4.1 При проектировании усиления дорожной одежды в ходе реконструкции дороги дренажные устройства следует назначать с учетом состояния старой дорожной одежды и ее дренажной системы, а также принятых технических решений – усиление дорожной одежды без уширения, усиление с уширением, полная перестройка.

Принципы и методы расчета на морозоустойчивость и осушение усиливаемых и реконструируемых участков дорожных одежд аналогичны расчетам новых конструкций дорожных одежд.

9.4.2 Если коэффициент фильтрации материала дренирующего слоя дорожной одежды менее 1 м/сут, следует проектировать мероприятия по отводу воды либо замене материала. Вид мероприятия определяется на основании технико-экономического сравнения.

9.4.3 Если новую дренажную систему предусматривают в пределах уширения проезжей части и обочин, то для усиления фильтрации воды в старом подстилающем слое следует устраивать новый дренирующий слой с заглублением по отношению к низу старого по ТКП 200.

9.4.4 На участках, где дренирующий слой под проезжей частью существующей дорожной одежды устроен только на ширину проезжей части, следует предусмотреть конструкцию нового дренажного устройства, в котором для отвода воды служит песчаный слой, вновь уложенный на всю ширину обочин.

9.4.5 На участках, где в существующей дорожной одежде нет песчаного слоя (или песок утратил фильтрационные свойства), новый дренирующий слой следует устраивать в пределах уширения проезжей части, укрепительных полос и обочин с заглублением относительно низа старой одежды не менее чем на 0,05 м, если для обеспечения необходимой прочности уширяемой части одежды не требуется слой песка большей толщины.

9.4.6 На участках, где существующий дренирующий слой уложен на всю ширину земляного полотна и фильтрационные свойства песка удовлетворяют требованиям, в целях максимального использования существующей конструкции дренажа, покрытие в пределах уширения и укрепления полосы устраивают на новом основании по существующему песчаному слою.

9.4.7 В выемках и на участках с нулевыми отметками при неблагоприятных грунтово-гидрологических условиях, обуславливающих значительный приток воды в основание дорожной одежды, водоотводные устройства следует проектировать в соответствии с требованиями ТКП 200.

9.4.8 На участках реконструкции и капитального ремонта дорог со значительным повышением отметок земляного полотна с засыпкой существующей дорожной одежды грунтом мероприятия по обеспечению осушения дорожной одежды аналогичны применяемым при новом строительстве.

Приложение А
(обязательное)

Расчетные характеристики грунтов и схемы увлажнения рабочего слоя земляного полотна

А.1 Расчетные значения модуля упругости E_y , угла внутреннего трения φ , внутреннего сцепления C пылевато-глинистых грунтов и пылеватых песков принимают по таблице А.1 с учетом данных таблицы А.2.

Таблица А.1 — Расчетные значения характеристик грунтов

Вид грунта	Число пластич- ности J _p , %	Содержание песчаных зерен (2–0,5 мм), % по массе	Показа- тели	Расчетные значения характеристик грунта, в зависимости от влажности W _p , %								
				0,50	0,55	0,60	0,65	0,70	0,75	0,80	0,85	0,90
Песок												
Крупный (в том числе ПГС по ГОСТ 23735 с содержанием щебня (гравия) до 30 %)	-	-	E _y , МПа	130,0								
			φ	35°								
			C, МПа	0,004								
Средней крупности	-	-	E _y , МПа	120,0								
			φ	32°								
			C, МПа	0,004								
Мелкий	-	-	E _y , МПа	100,0								
			φ	31°								
			C, МПа	0,003								
Однородный	-	-	E _y , МПа	75,0								
			φ	31°								
			C, МПа	0,003								
Пылеватый	-	-	E _y , МПа	96,0	90,0	84,0	78,0	72,0	60,0	60,0	54,0	48,0
			φ	38°	38°	37°	37°	36°	35°	34°	33°	32°
			C, МПа	0,026	0,024	0,022	0,018	0,014	0,012	0,011	0,010	0,009

Окончание таблицы А.1

Вид грунта	Число пластич- ности J _p , %	Содержание песчаных зерен (2–0,5 мм), % по массе	Показа- тели	Расчетные значения характеристик грунта, в зависимости от влажности W _p , %								
				0,50	0,55	0,60	0,65	0,70	0,75	0,80	0,85	0,90
Супесь												
Крупная легкая	1–7	Более 50	E _y , МПа	108,0	108,0	100,0	100,0	79,0	69,0	62,0	54,0	50,0
			φ	32°	30°	29°	28°	27°	26°	25°	23°	22°
			C, МПа	0,022	0,016	0,014	0,013	0,011	0,010	0,007	0,005	—
Пылеватая	1–7	Более 50	E _y , МПа	108,0	108,0	100,0	100,0	79,0	69,0	62,0	54,0	50,0
			φ	32°	30°	29°	28°	27°	26°	25°	23°	22°
			C, МПа	0,022	0,020	0,014	0,013	0,011	0,010	0,007	0,005	—
Суглинок												
Легкий непылеватый	7–12	Более 40	E _y , МПа	108,0	100,0	77,0	64,0	52,0	42,0	34,0	27,0	23,0
			φ	27°	25°	23°	21°	19°	18°	16°	13°	11°
			C, МПа	0,035	0,026	0,024	0,018	0,014	0,011	0,009	0,006	0,004
Легкий пылеватый	7–12	Менее 40	E _y , МПа	108,0	100,0	77,0	64,0	52,0	42,0	34,0	27,0	23,0
			φ	28°	25°	24°	22°	20°	18°	16°	14°	11°
			C, МПа	0,040	0,030	0,030	0,019	0,015	0,012	0,009	0,007	0,005
Тяжелый непылеватый	12–17	Более 40	E _y , МПа	100,0	80,0	62,0	49,0	38,0	29,0	21,0	13,0	10,0
			φ	25°	22°	20°	18°	15°	13°	10°	7°	—
			C, МПа	0,050	0,035	0,030	0,022	0,016	0,013	0,010	0,008	0,007
Тяжелый пылеватый	12–17	Менее 40	E _y , МПа	100,0	80,0	62,0	49,0	38,0	29,0	21,0	13,0	10,0
			φ	25°	22°	20°	18°	15°	13°	10°	7°	-
			C, МПа	0,050	0,035	0,030	0,022	0,016	0,013	0,010	0,008	0,007
Глина												
Легкая непылеватая	17–27	Более 40	E _y , МПа	82,0	62,0	51,0	34,0	24,0	17,0	10,0	5,0	-
			φ	23°	20°	17°	15°	12°	8°	3°	-	-
			C, МПа	0,060	0,040	0,032	0,024	0,020	0,020	0,010	0,008	0,010
Легкая пыле- ватая	17–27	Менее 40	E _y , МПа	82,0	62,0	51,0	34,0	24,0	17,0	10,0	5,0	-
			φ	23°	20°	17°	15°	12°	8°	3°	-	-
			C, МПа	0,060	0,040	0,032	0,024	0,020	0,020	0,010	0,008	0,010
Тяжелая	Св. 27	Не нормиру- ется	E _y , МПа	70,0	48,0	34,0	24,0	16,0	10,0	5,0	4,0	-
			φ	22°	19°	16°	13°	10°	5°	-	-	-
			C, МПа	0,060	0,044	0,034	0,025	0,020	0,015	0,010	0,006	-

Таблица А.2 — Среднее значение влажности грунта $W_{\text{таб}}$

Дорожно-климатический район	Схема увлажнения рабочего слоя земляного полотна	Среднее значение влажности грунта $W_{\text{таб}}$, в долях от W_t			
		Супесь легкая	Песок пылеватый	Суглинок легкий	Супесь пылеватая, суглинок пылеватый
1	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
2	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
3	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

А.2 Расчетное значение влажности грунта W_p , %, определяют по формуле

$$W_p = W_{\text{таб}}(1 + 0,1t), \quad (\text{А.1})$$

где $W_{\text{таб}}$ – среднее многолетнее значение относительной (доли от границы текучести) влажности грунта в наиболее неблагоприятный (весенний) период года в рабочем слое земляного полотна в зависимости от дорожно-климатического района, схемы увлажнения земляного полотна и типа грунта;

t – коэффициент нормированного отклонения, принимаемый по таблице 6.13 в зависимости от требуемого коэффициента надежности.

А.3 Расчетные схемы увлажнения верхней части земляного полотна – в соответствии с [1].

**Приложение Б
(обязательное)**

**Расчетные значения прочностных и деформационных характеристик
конструктивных слоев дорожных одежд**

Таблица Б.1 – Характеристики асфальтобетонов и эмульсионно-минеральных смесей при расчете на растяжение при изгибе под кратковременными нагрузками

Вид материала	Расчетные значения модуля упругости E_y , МПа	m	α	Прочность на растяжение при изгибе $R_{и}$, МПа
Плотный асфальтобетон типа А				
с модифицирующей добавкой по СТБ 2661	5800	6,9	3,2	13,8
на модифицированном битуме по СТБ 1220	5500	6,9	3,3	13,0
с применением модификаторов на основе термопластов	6760	6,9	3,1	6,5
на битуме марок БНД или БН:				
60/90	4500	5,5	4,3	9,8
90/130	3600	5,0	4,8	9,5
130/200	2600	4,5	5,4	9,3
на дорожном битуме марок:				
50/70	6000	6,0	5,0	10,0
70/100	4500	5,5	4,3	9,8
Плотный асфальтобетон типа С				
с модифицирующей добавкой по СТБ 2661	6100	7,0	3,0	14,0
на модифицированном битуме по СТБ 1220	5800	7,0	3,1	13,8
на битуме марок БНД или БН:				
60/90	5600	5,5	5,1	11,0
90/130	4800	5,0	5,3	10,5
на дорожном битуме марок:				
50/70	7800	6,0	5,0	11,5
70/100	5600	5,5	5,1	10,5
Пористый асфальтобетон				
На битуме марок БНД:				
60/90	2800	4,3	8,2	8,0
90/130	2200	4,0	8,6	7,8
130/200	1800	3,8	9,0	7,6
200/300	1400	3,7	9,6	7,1
На дорожном битуме марок:				
50/70	3600	4,5	5,8	8,3
70/100	2800	4,3	8,2	8,0
Высокопористый асфальтобетон				
На битуме марок БНД:				
60/90	2100	4,0	9,3	5,8
90/130	1700	3,8	9,8	5,5
На дорожном битуме марок:				
70/100	2100	4,0	9,3	5,8

Окончание таблицы Б.1

Вид материала	Расчетные значения модуля упругости E_y , МПа	m	α	Прочность на растяжение при изгибе $R_{и}$, МПа
Смеси эмульсионно-минеральные дорожные по СТБ 2413				
	1500	3,8	8,8	6,5
Примечания 1 Характеристики плотных асфальтобетонов даны для типа А. Для типов В и Д значения E_y и $R_{и}$ уменьшают в 1,15 раза. Для асфальтобетонов типов Б и Г значения E_y и $R_{и}$ увеличивают в 1,15 и 1,20 раза соответственно. 2 Для асфальтобетонов в составе минеральной части, которых содержится асфальтогранулят по СТБ 1705 в объеме от 0 до 10 %, расчетные характеристики смесей остаются без изменений. Для асфальтобетонов в составе минеральной части, которых содержится асфальтогранулят по СТБ 1705 в объеме от 10 до 20 % значения E_y увеличивают в 1,10 раза к соответствующей марки смеси. 3 Расчетные характеристики асфальтобетонов, подобранных по методу объемного проектирования приведены в таблице А.1 [3]				

Таблица Б.2 – Значения кратковременного модуля упругости асфальтобетонов и эмульсионно-минеральных смесей при расчете конструкции по допускаемому упругому прогибу и по условию сдвигустойчивости

Материал	Марка битума	Кратковременный модуль упругости E_y , МПа, при температуре покрытия, °С		
		10	20	50
Плотный асфальтобетон тип А	Модифицирующая добавка по СТБ 2661	3800	2240	630
	Модифицированный битум по СТБ 1220	4000	2350	660
	Модификаторы на основе термопластов	3520	2080	580
	Битум марок БНД:			
	60/90	3200	1800	460
	90/130	2400	1200	420
	130/200	1500	800	380
Плотный асфальтобетон типа С	200/300	1200	600	360
	Дорожный битум марок:			
	50/70	4400	2600	520
	70/100	3200	1800	460
	Модифицирующая добавка по СТБ 2661 или модифицированный битум по СТБ 1220	3900	2200	540
	Битум марок БНД:			
	60/90	3700	2100	530
	90/130	2700	1400	460
	Дорожный битум марок:			
	50/70	4200	2500	580
	70/100	3700	2100	530

Окончание таблицы Б.2

Материал	Марка битума	Кратковременный модуль упругости E_y , МПа, при температуре покрытия, °С		
		10	20	50
Пористый и высокопористый асфальтобетон	Битум марок БНД:			
	60/90	2000	1200	360
	90/130	1400	800	350
	130/200	1100	600	340
	200/300	950	450	330
	Дорожный битум марок:			
	50/70	2800	2800	2800
	70/100	2000	2000	2000
Смеси эмульсионно-минеральные дорожные по СТБ 2413	-	1300	900	340
Примечания 1. Модули упругости плотных асфальтобетонов типа А, для асфальтобетонов типов В и Д значение E_y уменьшают в 1,10 раза, для асфальтобетонов типов Б и Г значение E_y увеличивают в 1,10 и 1,15 раза соответственно. 2. Модули упругости пористого и высокопористого асфальтобетонов даны применительно к песчаным смесям. При температуре 50 °С модули упругости для мелкозернистых смесей увеличивают в 1,10 раза, а для крупнозернистых смесей – в 1,20 раза. 3. Для асфальтобетонов в составе минеральной части, которых содержится асфальтогранулят по СТБ 1705 в объеме от 0 до 10 %, расчетные характеристики смесей остаются без изменений. Для асфальтобетонов в составе минеральной части, которых содержится асфальтогранулят по СТБ 1705 в объеме от 10 % до 20 % значения E_y увеличивают в 1,10 раза к соответствующей марке смеси. 4. Расчетные характеристики асфальтобетонов, подобранных по методу объемного проектирования приведены в таблице А.1 [3]. 5. Расчетные характеристики асфальтобетонов, подобранных по методу объемного проектирования приведены в таблице А.1 [3].				

Таблица Б.3 – Значения модуля упругости асфальтобетона при расчете на длительную нагрузку

Вид асфальтобетона	Тип смеси	Расчетный модуль упругости при статическом действии нагрузки E_y , МПа, при расчетной температуре, °С	
		20	50
Плотные смеси	ЩМС, А	480	300
	Б	400	250
	В	320	200
	Г	300	200
	Д	200	150
Пористые и высокопористые смеси	Крупнозернистая	360	250
	Мелкозернистая	290	200
	Песчаная	250	190

Таблица Б.4 – Характеристики асфальтобетона при расчете на сдвигоустойчивость асфальтобетонных слоев

Наименование материала	Угол внутреннего трения φ	Внутреннее сцепление C , МПа
Асфальтобетон мелкозернистый горячий плотный типа С	43°	0,28
Асфальтобетон крупнозернистый горячий пористый	39°	0,29
Асфальтобетон мелкозернистый горячий плотный типа А	39°	0,27
Асфальтобетон мелкозернистый горячий плотный типа Б	38°	0,31
Асфальтобетон крупнозернистый горячий плотный типа А	38°	0,29
Асфальтобетон мелкозернистый горячий пористый	38°	0,27
Асфальтобетон крупнозернистый горячий плотный типа Б	37°	0,33
Асфальтобетон мелкозернистый горячий плотный типа В	36°	0,33
Асфальтобетон мелкозернистый горячий плотный типа Г	34°	0,37
Асфальтобетон мелкозернистый горячий плотный типа Д	32°	0,35
Вибролитой асфальт	32°	0,34
Примечание – Характеристики приведены для битума БНД 90/130. При применении битума БНД 60/90 и БМА 100/130 показатели φ увеличивают в 1,05 раза, C – в 1,20 раза. При применении битума марки БМА 70/100 показатели φ увеличивают в 1,06 раза, C – в 1,40 раза.		

Таблица Б.5 – Расчетные характеристики слоев из материалов и грунтов, укрепленных вяжущими веществами

Материал слоя	Расчетные характеристики материалов	
	Модуль упругости E_y , МПа	Прочность на растяжение при изгибе R_i , МПа
Щебеночно-песчаные смеси из сталеплавильных шлаков по СТБ 1957, марок С1-С4/С5-С6, стабилизированной с законченным естественным путем процессом всех видов распада структуры, щебеночно-гравийно-песчаные смеси и крупнообломочные грунты (оптимального/неоптимального состава), обработанные:		
цементом марок:		
100	1200/1000	0,80/0,70
75	1000/900	0,70/0,60
60	900/800	0,60/0,50
40	700/600	0,50/0,40
комплексными вяжущими	950/700	0,40/0,30
вязким битумом или эмульсией на вязком битуме	450/350	0,30/0,20

Продолжение таблицы Б.5

Материал слоя	Расчетные характеристики материалов	
	Модуль упругости E_y , МПа	Прочность на растяжение при изгибе $R_{и}$, МПа
Щебень из малопрочных пород, доломитовый щебень, гравелистые, крупные, средние пески, обработанные: цементом марок: 100 75 60 40 20 комплексными вяжущими вязким битумом или эмульсией на вязком битуме	950 850 750 600 500 450 280	0,60 0,50 0,40 0,30 0,20 0,30 0,20
Мелкие пески, легкая и пылеватая супесь, легкий суглинок, пески из отходов дробления горных пород, обработанные: цементом марок: 100 75 60 40 20 комплексными вяжущими вязким битумом или эмульсией на вязком битуме	850 750 550 400 250 400 270	0,50 0,40 0,30 0,20 0,15 0,30 0,25
Тяжелые, пылеватые суглинки, песчанистые, пылеватые глины, обработанные: комплексными вяжущими вязким битумом или эмульсией на вязком битуме	250 150	0,15 0,10
Щебеночно-гравийно-песчаные смеси и крупнообломочные грунты (оптимального состава/неоптимального состава), обработанные цементом с модифицирующей, улучшающей прочность добавкой на основе редиспергируемых полимерных порошков и минеральных наполнителей (типа ПМК «Nicoфлок») или аналогичной по свойствам добавкой, марок: 100 75 60 40	1400/1200 1200/1100 1100/1000 850/700	1,00/0,90 0,80/0,70 0,70/0,60 0,60/0,50
Щебень из малопрочных пород, доломитовый щебень, гравелистые, крупные, средние пески, обработанные цементом с модифицирующей, улучшающей прочность добавкой на основе редиспергируемых полимерных порошков и минеральных наполнителей (типа ПМК «Nicoфлок») или аналогичной по свойствам добавкой, марок:		

Окончание таблицы Б.5

Материал слоя	Расчетные характеристики материалов	
	Модуль упругости E_y , МПа	Прочность на растяжение при изгибе $R_{и}$, МПа
60	900	0,50
40	700	0,40
Мелкие пески, легкая и пылеватая супесь, легкий суглинок, пески из отходов дробления горных пород, обработанные цементом с модифицирующей, улучшающей прочность добавкой на основе редиспергируемых полимерных порошков и минеральных наполнителей (типа ПМК «Nisoflok») или аналогичной по свойствам добавкой, марок:		
60	660	0,40
40	500	0,30
Ресайклированный материал с размером зерен от 20 до 40 мм для слоев основания и покрытия, обработанный:		
цементом	850	0,70
комплексным вяжущим	800	0,40

Таблица Б.6 – Расчетные характеристики слоев из неукрепленных материалов

Материал слоя	Расчетные характеристики материалов		
	Модуль упругости слоя E_y , МПа	Внутреннее сцепление C , МПа	Угол внутреннего трения φ
Черный щебень марки 1000 и выше, крупностью до 40 мм, уложенный по способу заклинки	900	-	-
Ресайклированный материал с крупностью от 20 до 40 мм для слоев основания и покрытия, обработанный органическим вяжущим	550	-	-
Фракционированный щебень марки 1000 и выше, применяемый по способу пропитки:			
вязким битумом или эмульсией на вязком битуме	600	-	-
цементно-песчаной смесью марки М75 при глубине пропитки более 0,5 толщины слоя	500	-	-
Каменная мостовая, пакеляж:			
из колотого камня	500	-	-
из булыжного камня	400	-	-
Щебеночно-песчаные шлаковые смеси марок С1 – С6 из малоактивных металлургических шлаков по СТБ 1957	400	-	-

Таблица Б.6 – Расчетные характеристики слоев из неукрепленных материалов

Материал слоя	Расчетные характеристики материалов		
	Модуль упругости слоя E_y , МПа	Внутреннее сцепление C , МПа	Угол внутреннего трения φ
Фракционированный щебень с максимальным размером зерен основной фракции св. 40 до 80 мм (в числителе – из осадочных пород марки 800 и выше, в знаменателе – из магматических пород марки 1000 и выше), применяемый по способу заклинки с использованием: известняковой смесью, фосфогипсом асфальтогранулятом по СТБ 1705 Фракционированного щебня, гранитного отсева	450/350 440/330 400/320	0,07/0,06 0,06/0,05 0,05/0,04	48°/45° 45°/44° 43°/42°
Щебеночно-гравийно-песчаные смеси по СТБ 2318 (в числителе – для ГПС с включением гравия (щебня) из легкоуплотняемых осадочных горных пород, в знаменателе – для ЩГПС и ЩПС с включением в состав смеси щебня из трудноуплотняемых изверженных и магматических горных пород), номер:			
С0	295/270	0,04/0,03	43°/42°
С1	300/280	0,04/0,03	43°/42°
С2	290/265	0,04/0,03	43°/42°
С3	280/250	0,03/0,02	42°/41°
С4	300/270	0,03/0,02	42°/41°
С5	280/250	0,03/0,02	42°/41°
С6	250/230	0,03/0,02	42°/41°
С7	240/180	0,03/0,02	42°/41°
С8	240/200	0,03/0,02	42°/41°
ЩОС по СТБ 2507 без добавления асфальтогранулята, при использовании щебня в качестве основной фракции (в числителе – из осадочных пород марки от 600 до 800 и выше, в знаменателе – из магматических пород марки 1000 и выше):			
ЩОС 1	250/320	0,04	42°
ЩОС 2	280/330	0,04	42°
ЩОС 3	280/330	0,04	42°
ЩОС 4	220/250	0,04	42°
ЩОС по СТБ 2507 с добавлением асфальтогранулята, при использовании щебня марки 1000 и выше в качестве основной фракции:			
ЩОС 5	370	0,05	44°
ЩОС 6	370	0,05	44°
ЩОС 7	370	0,05	44°
ЩОС 8	290	0,05	44°

Таблица Б.6 – Расчетные характеристики слоев из неукрепленных материалов

Материал слоя	Расчетные характеристики материалов		
	Модуль упругости слоя E_y , МПа	Внутреннее сцепление C , МПа	Угол внутреннего трения φ
Щебеночно-песчаные смеси оптимального зернового состава, подобранные по СТБ 1698 крупностью до 40 мм, песчано-гравийные смеси по ГОСТ 23735 с содержанием щебня (гравия) более 30 %, минеральный бетон из гранитного отсева, из малопрочных известняков, малоперекристаллизованных доломитов, в том числе с остекленной поверхностью	180	0,02	41°
Примечания 1 В случае использования в щебеночных смесях оптимального гранулометрического состава в качестве заполняющего щебня марки по дробимости 600 или 800, значение модуля упругости следует снизить на 10 %. 2 При армировании основания дорожной одежды синтетическими геосетками с пределом по прочности при растяжении (в продольном и поперечном направлениях) не менее 50 кН/м и относительным удлинением волокон при разрыве (в продольном и поперечном направлениях) не более 13 % модуль упругости слоя основания E_y допускается увеличивать на 10 %.			

Приложение В (обязательное)

Расчетные транспортные нагрузки

В.1 При проектировании дорожных одежд в качестве расчетных принимают нагрузки, соответствующие предельным нагрузкам на ось расчетного двухосного автомобиля, которые представлены в таблице В.1.

Таблица В.1 – Предельные нагрузки на ось расчетного двухосного автомобиля

Группа расчетной нагрузки	Нормативная статическая нагрузка на покрытие от колеса расчетного автомобиля $Q_{расч}$, кН	Расчетные параметры нагрузки	
		p , МПа	D , м
A_1	50,0	0,60	$\frac{0,37}{0,33}$
A_2	57,5	0,8	$\frac{0,35}{0,30}$
A_3	65,0	0,9	$\frac{0,34}{0,29}$

Примечания
 1. В числителе приведены значения для движущегося колеса, в знаменателе – для неподвижного колеса.
 2. Данные о нагрузках, передаваемых на дорожное покрытие серийно выпускаемыми автотранспортными средствами, принимают по специальным справочникам.

В.2 Суммарный коэффициент приведения нагрузки $S_{м сум}$ определяют по формуле

$$S_{м сум} = \sum_{1}^n S_n, \quad (B.1)$$

где n – число осей у данного транспортного средства, для приведения которого к расчетной нагрузке определяется коэффициент $S_{м сум}$;

S_n – коэффициент приведения номинальной динамической нагрузки от колеса каждой из n осей транспортного средства к расчетной динамической нагрузке.

В.3 Коэффициент приведения нагрузки S_n определяют по формуле

$$S_n = (Q_{дп}/Q_{расч})^P, \quad (B.2)$$

где $Q_{дп}$ – номинальная динамическая нагрузка от колеса на покрытие, кН;

$Q_{расч}$ – нормативная статическая нагрузка от колеса на покрытие, кН;

P – показатель степени, принимаемый равным:

4,4 – для дорожных одежд капитального типа;

3,0 – для дорожных одежд облегченного типа;

2,0 – для дорожных одежд переходного и низшего типов.

В.4 Номинальную динамическую нагрузку $Q_{дп}$, кН, определяют по паспортным данным на транспортное средство с учетом распределения статических нагрузок на каждую ось по формуле

$$Q_{дп} = K_{дин} \cdot Q_{п}, \quad (B.3)$$

где $K_{дин}$ – коэффициент динамичности, $K_{дин} = 1,3$;

$Q_{п}$ – паспортная статическая нагрузка на колесо данной оси, кН.

При определении расчетного значения номинальной статической нагрузки для многоосных автомобилей фактическую номинальную нагрузку на колесо, определяемую по паспортным данным, следует умножать на коэффициент K_c , вычисляемый по формуле

$$K_c = a - b \sqrt{B_m - c}, \quad (B.4)$$

где a , b , c – параметры, определяемые в зависимости от капитальности дорожной одежды и числа осей тележки по таблице В.2;

B_m – расстояние между крайними осями автотранспортного средства, м.

Таблица В.2 – Значения параметров a , b , c

Тележки	a	b	c
Двухосные	$\frac{1,7}{1,52}$	$\frac{0,43}{0,36}$	$\frac{0,5}{0,5}$
Трехосные	$\frac{2,0}{1,60}$	$\frac{0,46}{0,28}$	$\frac{1,0}{1,0}$
<i>Примечание</i> – Значения в числителе – для капитальных и облегченных типов дорожных одежд, в знаменателе – для переходных и низших.			

В.5 Суммарный коэффициент приведения определяют в следующей последовательности:

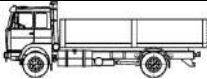
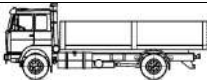
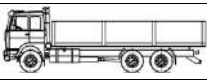
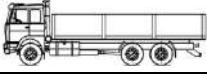
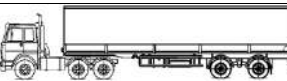
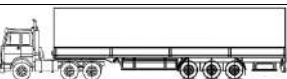
- назначают расчетную нагрузку и определяют ее параметры: $Q_{расч}$, p и D ;
- для каждой марки автомобилей в составе перспективного движения по паспортным данным устанавливают величину номинальной статической нагрузки на колесо для всех осей транспортного средства $Q_{п}$;
- умножив полученные значения $Q_{п}$ и расчетную нагрузку $Q_{расч}$ на коэффициент динамичности, находят величины номинальных динамических нагрузок $Q_{дп}$ от колеса для каждой оси и величину расчетной динамической нагрузки $Q_{драсч}$;

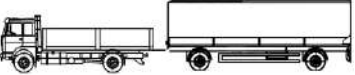
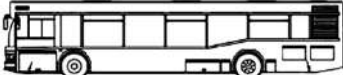
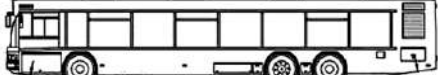
- по формуле (В.2) вычисляют коэффициент приведения номинальной нагрузки от колеса каждой из осей S_n к расчетной;

- по формуле (В.1) вычисляют суммарный коэффициент приведения нагрузки от рассматриваемого типа автомобиля к расчетной нагрузке.

В.6 Допускается принимать суммарный коэффициент приведения $S_{\text{сум}}$ по данным таблицы В.3.

Таблица В.3 – Значения суммарных коэффициентов приведения $S_{\text{сум}}$ для различных транспортных средств

Вид транспортного средства	Коэффициенты приведения $S_{\text{сум}}$ к расчетной нагрузке		
	$K_{\text{пр}} (A_1)$	$K_{\text{пр}} (A_2)$	$K_{\text{пр}} (A_3)$
1 Легковой автомобиль	0,002	0,0015	0,0012
2 Микроавтобус	0,0037	0,0027	0,002
3 Грузовые автомобили			
3.1 Легкие (грузоподъемность 2–5 т)	0,20	0,10	0,05
3.2 Средние (грузоподъемность 5–8 т)	0,60	0,30	0,27
3.3 Тяжелые грузовые автомобили			
3.3.1  (задняя ось 10,0 т)	1,00	0,87	0,65
3.3.2  (задняя ось 11,5 т)	1,35	1,00	0,87
3.3.3  (задняя ось 13,0 т)	2,90	1,50	1,00
3.3.4  (тележка 20,0 т)	3,60	1,60	1,10
3.3.5  (тележка 26,0 т)	4,80	3,50	2,00
4 Автопоезда с полуприцепом			
4.1  (задняя ось тягача 11,5 т)	2,50	1,50	0,90
4.2  (задняя ось тягача 13,0 т)	4,20	2,50	1,70
4.3  (задняя ось тягача 11,5 т)	3,00	1,90	1,10
4.4  (задняя ось тягача 13,0 т)	6,20	3,50	2,20
4.5  (задняя ось тягача 11,5 т)	7,00	4,10	2,50
4.6  (тележка тягача 18,0 т)	3,00	1,90	1,10
4.7  (тележка тягача 20,0 т)	5,50	3,50	2,20
4.8  (тележка тягача 20,0 т)	7,00	4,00	2,80

Вид транспортного средства		Коэффициенты приведения $S_{\text{тсум}}$ к расчетной нагрузке		
		$K_{\text{пр}} (A_1)$	$K_{\text{пр}} (A_2)$	$K_{\text{пр}} (A_3)$
5 Автопоезда с прицепом				
5.1	 (задняя ось автомо- биля 11,5 т)	2,50	1,20	0,95
5.2	 (задняя ось автомо- биля 13,0 т)	4,00	2,20	1,30
5.3	 (задняя ось автомо- биля 11,5 т)	3,50	2,00	1,20
5.4	 (задняя ось автомо- биля 13,0 т)	6,40	4,00	2,80
5.5	 (тележка автомо- биля 20,0 т)	4,00	2,50	1,70
5.6	 (тележка автомо- биля 26,0 т)	8,10	5,00	3,50
6 Автобусы				
6.1	 (задняя ось 11,5 т)	1,50	1,00	0,60
6.2	 (средняя ось 11,5 т)	3,76	1,90	1,20
6.3	 (средняя ось 11,5 т)	2,00	1,20	0,80

Приложение Г
(обязательное)

**Параметры для определения расчетного суммарного числа приложений
транспортной нагрузки за срок службы дорожной одежды**

Г.1 Расчетное число расчетных дней в году $T_{рдг}$ за проектный срок службы конструкции $T_{сл}$ устанавливают по данным специальных исследований. Расчетным считается день, в течение которого сочетание состояния грунта земляного полотна по влажности и температуре асфальтобетонных слоев конструкции обеспечивают возможность накопления остаточной деформации в грунте земляного полотна или в неукрепленных слоях дорожной одежды и верхних слоях асфальтобетона. Для условий на территории Республики Беларусь значения $T_{рдг}$ приведены в таблице Г.1.

Таблица Г.1 – Значение $T_{рдг}$ в зависимости от расположения дороги

Дорожно-климатический район	$T_{рдг}$ при расчете на прочность дорожной одежды, сут
1 Северный, влажный	125
2 Центральный	130
3 Южный, неустойчиво-влажный	135

Г.2 Значение коэффициента суммирования K_c принимают по таблице Г.2.

Таблица Г.2 – Значение коэффициента суммирования

Показатель изменения интенсивности движения по годам q	Значение K_c при сроке службы дорожной одежды $T_{сл}$, лет			
	8	10	15	20
0,90	5,7	6,5	7,9	8,8
0,92	6,1	7,1	8,9	10,1
0,94	6,5	7,7	10,0	11,8
0,96	7,0	8,4	11,4	13,9
0,98	7,5	9,1	13,1	16,6
1,00	8,0	10,0	15,0	20,0
1,02	8,6	10,9	17,2	24,4
1,04	9,2	12,0	20,0	29,8
1,06	9,9	13,2	23,2	36,0
1,08	10,6	14,5	27,2	45,8
1,10	11,4	15,9	31,7	67,3

Приложение Д
(обязательное)

Определение расчетного уровня грунтовых вод

Д.1 При проектировании земляного полотна необходимо вывести зону промерзания грунта из зоны капиллярного увлажнения за счет возвышения поверхности покрытия над расчетным уровнем грунтовых вод. За расчетный уровень грунтовых вод принимают максимальный возможный уровень за период между капитальными ремонтами дорожной одежды.

Расчетный уровень грунтовых вод H_p , м, по данным разовых измерений данной величины в период изыскания дороги определяют на основе статистического метода по формуле

$$H_p = K_0 + K_1 H_{\min} + K_2 Q_{\text{ос}} + K_3 Q_3, \quad (\text{Д.1})$$

где K_0, K_1, K_2, K_3 – коэффициенты корреляции;

$H_{\min}$ – минимальный осенне-летний уровень грунтовых вод, м;

$Q_{\text{ос}}, Q_3$ – суммарное количество осенних и зимних осадков, мм, принимаемое по таблице Д.1.

Таблица Д.1 – Суммарное количество осенних и зимних осадков

Станция наблюдения	Расчетное количество осадков, мм	
	осенних $Q_{\text{ос}}$	зимних Q_3
Полоцк	180	180
Витебск	200	200
Орша	170	180
Вилейка	190	210
Борисов	210	230
Минск	180	240
Лида	160	220
Могилев	180	250
Гродно	180	210
Новогрудок	200	250
Бобруйск	190	240
Барановичи	180	220
Жлобин	160	200
Ивацевичи	190	240
Гомель	150	250
Житковичи	170	230
Пинск	170	180
Брест	180	230
Брагин	180	220

Д.2 Коэффициенты K_0 , K_1 , K_2 , K_3 представлены в таблице Д.2. Для их расчета использованы данные о фактическом уровне грунтовых вод, наблюдаемом на характерных участках местности. Таблица составлена, основываясь на наиболее распространенных в Беларуси видах грунтов (пески, супеси) и глубин залегания грунтовых вод. Для конкретных условий строительства автомобильной дороги значения коэффициентов K_0 , K_1 , K_2 , K_3 следует вычислять отдельно.

Таблица Д.2 – Значения коэффициентов K_0 , K_1 , K_2 , K_3

Дорожно-климатический район	Участок	Глубина залегания грунтовых вод в период изыскания $H_{тр}^{изм}$, м	Значения коэффициентов			
			K_0	K_1	K_2	K_3
1, 2	Междуречье	1–3	0,17	0,57	-0,001	-0,001
		3–5	1,80	0,70	-0,008	-0,004
	В пойме рек	0–3	0,62	0,39	0,0	-0,003
		1–3	0,67	0,37	-0,0007	-0,004
3	Междуречье	1–3	0,41	0,65	-0,0006	-0,004
	В пойме рек	1–3	1,22	0,42	-0,002	-0,004

Примечания

1 К пойменным местам следует относить участки местности, где на режим грунтовых вод оказывают влияние близлежащие водоемы (расстояние от крупных рек и озер не более 2 км, мелких – не более 1 км), остальные – к междуречью.

2 При вычислении расчетного уровня грунтовых вод для случая залегания их в период изысканий от 0 до 1 м могут быть получены отрицательные значения. Тогда за расчетный уровень грунтовых вод следует принимать поверхность земли.

Д.3 Минимальный осенне-летний уровень грунтовых вод определяют по формуле

$$H_{\min} = H_{\min}^{\text{ср}} + \alpha (H_{\text{тр}}^{\text{изм}} - H^{\text{ср}}), \quad (\text{Д.2})$$

где $H_{\min}^{\text{ср}}$ – среднестатистический минимальный многолетний уровень грунтовых вод, м;

$H_{\text{тр}}^{\text{изм}}$ – уровень грунтовых вод, измеренный на трассе дороги, м;

$H^{\text{ср}}$ – среднестатистический многолетний уровень грунтовых вод в месяц измерения его на трассе, м;

$$\alpha = Z\delta_{\text{пр}},$$

здесь Z – коэффициент корреляции, который определяют по формуле

$$Z = \frac{\sum (H_{\min} - H_{\min}^{\text{ср}}) \cdot (H_{\text{тр}}^{\text{изм}} - H^{\text{ср}})}{\sum (H_{\min} - H_{\min}^{\text{ср}})^2 \cdot \sum (H_{\text{тр}}^{\text{изм}} - H^{\text{ср}})^2}, \quad (\text{Д.3})$$

$\delta_{\text{пр}}$ – среднеквадратическое отклонение прогнозируемых уровней, которое определяют по формуле

$$\delta_{\text{пр}} = \delta_{\text{мин}} / \delta_{\text{низм}}, \quad (\text{Д.4})$$

где $\delta_{\text{мин}}$ – коэффициент, определяемый по формуле

$$\delta_{\text{мин}} = \sqrt{\frac{\sum (H_{\text{мин}} - H^{\text{ср}})^2}{n - 1}}; \quad (\text{Д.5})$$

где $\delta_{\text{низм}}$ – коэффициент, определяемый по формуле

$$\delta_{\text{низм}} = \sqrt{\frac{\sum (H_{\text{тр}}^{\text{изм}} - H^{\text{ср}})^2}{n - 1}}. \quad (\text{Д.6})$$

Значения показателей $H_{\text{мин}}$, α и $H^{\text{ср}}$ принимают по таблице Д.3.

Статистический метод позволяет определить расчетный уровень грунтовых вод по данным разовых измерений в период изысканий с относительной погрешностью 10 %.

Пример

Необходимо определить расчетный уровень грунтовых вод с помощью статистического метода.

Условие

Требуется определить расчетный уровень грунтовых вод, если в период изысканий в мае грунтовые воды залегают на глубине 1,8 м от поверхности земли. Участок проектируемой дороги находится в 3-м дорожно-климатическом районе вблизи г. Гомеля в пойме рек; земляное полотно возводится из песков пылеватых.

Решение

По таблице Д.3 для соответствующих условий выбирают значения:

$$H_{\text{мин}}^{\text{ср}} = 1,98 \text{ м}; \alpha = 0,83; H^{\text{ср}} = 1,29 \text{ м}.$$

По формуле (Д.2) вычисляют величину минимального осеннего уровня грунтовых вод:

$$H_{\text{мин}} = 1,98 + 0,83 (1,8 - 1,29) = 2,4 \text{ м}.$$

Из таблицы Д.2 для приведенных в примере условий выбирают значения коэффициентов:

$$K_0 = 1,22; K_1 = 0,42; K_2 = -0,002; K_3 = -0,004.$$

Расчетное количество осадков осенних и зимних для станции Гомель выбирают из таблицы Д.1:

$$Q_{\text{ос}} = 150 \text{ мм}; Q_3 = 250 \text{ мм}.$$

Подставляя полученные значения в формулу (Д.1), вычисляют расчетный уровень грунтовых вод:

$$H_p = 1,22 + 0,42 * 2,40 - 0,002 * 150 - 0,004 * 250 = 0,93 \text{ м}.$$

Таблица Д.3 — Значения расчетных коэффициентов

Дорожно-климатический район	Участок	Глубина залегания грунтовых вод в период изысканий $H_{измтр}^{изм}$, м	Значения коэффициентов, которые выбирают при проведении изысканий в месяце											
			май			июнь			июль			август		
			H_{min}^{cp} , м	α	H^{cp} , м	H_{min}^{cp} , м	α	H^{cp} , м	H_{min}^{cp} , м	α	H^{cp} , м	H_{min}^{cp} , м	α	H^{cp} , м
3	Междуречье	1–3	2,21	0,88	0,58+2,03	2,21	0,87	0,79+2,17	2,21	0,98	1,04+2,31	2,21	0,94	1,11+2,47
		3–5	4,36	0,62	3,00+4,60	4,36	0,72	2,92+4,48	4,36	0,78	3,23+4,75	4,36	0,59	3,30+4,83
	В пойме рек	0–3	0,88	1,10	0,15+0,61	0,88	0,83	0,18+0,86	0,88	0,92	0,33+0,99	0,88	0,83	0,28+1,16
		1–3	1,98	0,83	0,56+2,02	1,98	0,84	0,73+2,05	1,98	0,85	0,95+2,23	1,98	0,88	0,98+2,36
1 и 2	Междуречье	1–3	1,96	0,91	0,68+1,86	1,96	0,91	0,83+1,99	1,96	0,98	1,04+2,16	1,96	0,81	1,13+2,31
		3–5	4,34	0,44	3,11+4,33	4,24	0,73	3,27+4,26	4,34	0,72	3,41+4,27	4,34	0,74	3,53+4,47
	В пойме рек	1–3	1,87	0,61	0,47+1,69	1,87	0,73	0,61+1,87	1,87	0,85	0,82+2,12	1,87	0,83	0,96+2,23
Примечание – При подсчете максимального уровня грунтовых вод меньшие значения H^{cp} принимают в случае, когда количество атмосферных осадков в месяц, предшествующий изысканиям, больше нормы не менее чем на 15 %–20 %, средние – близко к норме и большие значения H^{cp} , когда количество осадков меньше нормы не менее чем на 15 %–20 %. Под нормой подразумевается среднее многолетнее количество атмосферных осадков, выпавших в определенном месяце для конкретной метеорологической станции.														

Приложение Е (рекомендуемое)

Проектирование мероприятий по предотвращению образования отраженных трещин

Е.1 При условии, что основными дефектами на участке покрытия являются только отраженные температурные трещины, а проектирование дорожной одежды ведется под группу нагрузки Аз, в проекте предусматривают мероприятия по предотвращению отражения дефектов старого покрытия на новом. Должно выполняться условие отсутствия отраженных трещин

$$\sigma_{\tau} \leq \sigma_p^{\text{пред}}, \quad (\text{Е.1})$$

где σ_{τ} – напряжения, возникающие в новом покрытии в районе трещины, МПа;

$\sigma_p^{\text{пред}}$ – предельное напряжение при растяжении, МПа.

Величину σ_{τ} определяют по графику, представленному на рисунке Е.1, в зависимости от толщины всех слоев старого покрытия и средневзвешенного модуля упругости при температуре минус 15 °С.

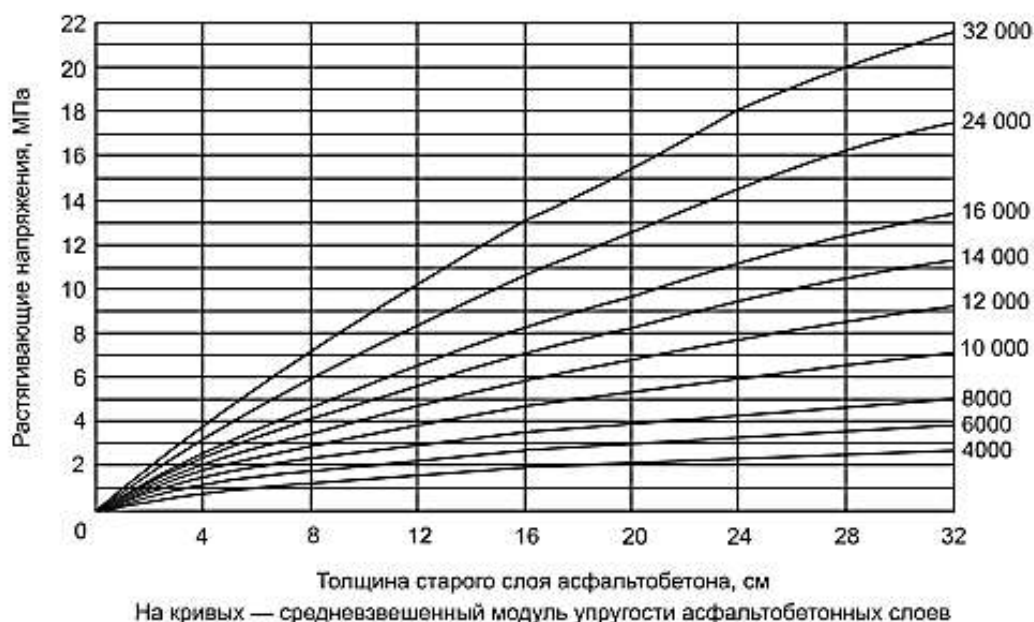


Рисунок Е.1 – Зависимость растягивающих напряжений в нижней части слоя асфальтобетона от толщины старого слоя и его средневзвешенного модуля упругости при температуре минус 15 °С

Значение средневзвешенного модуля упругости при температуре минус 15 °С определяют по СТБ 1415.

Предельное напряжение при растяжении $\sigma_p^{\text{пред}}$, МПа, вычисляют по формуле

$$\sigma_p^{\text{пред}} = 0,2 R_c, \quad (\text{Е.2})$$

где R_c – предельная структурная прочность материала нижнего слоя нового асфальтобетонного покрытия по СТБ 1033.

Е.2 Если условие (Е.1) не выполняется, то выполняют:

- фрезерование старого покрытия на глубину Δh ;
- разделку трещин на ширину 0,05–0,50 м с заполнением битумоминеральной смесью подобранного состава.

Возможна комбинация двух способов.

Е.3 Значение Δh определяют следующим образом:

- последовательно снижают толщину покрытия (рекомендуется последовательное снижение на 0,01 м);
- определяют по рисунку Е.1 напряжения, возникающие в районе трещины σ_T , для каждого шага снижения толщины покрытия;
- проверяют условие (Е.1) для каждого шага снижения толщины;
- при выполнении условия (Е.1) принимают глубину фрезерования Δh равной глубине снижения толщины.

Е.4 Снизить растягивающие напряжения в покрытии возможно за счет разделки трещины на определенную ширину. Ширину разделки определяют по графику, приведенному на рисунке Е.2 в зависимости от коэффициента снижения растягивающих напряжений. Данный коэффициент представляет собой отношение растягивающих напряжений, возникающих в нижней части нового слоя, при неразделанных трещинах к растягивающим напряжениям, возникающим в нижней части нового слоя, при разделке трещины на определенную ширину.

Е.5 Ширину разделки трещин определяют по следующей методике:

- для начальной общей толщины покрытия по рисунку Е.1 определяют напряжения, возникающие в районе трещины σ_T ;
- определяют коэффициент снижения растягивающих напряжений как отношение σ_T к σ_p^p (где σ_p^p – расчетные растягивающие напряжения, действующие в нижней части нового слоя, принимаемые равными 1 МПа);

- по рисунку Е.2 определяют отношение ширины разделки трещин к толщине старого слоя асфальтобетона;
- ширина разделки трещин равна произведению полученного в предыдущем пункте отношения на общую толщину покрытия.



Рисунок Е.2 – Зависимость ширины разделки трещины от коэффициента снижения растягивающих напряжений

Е.6 В случае значительной глубины фрезерования либо частых трещин с требуемой шириной разделки более 0,30 м рекомендуется комбинированный способ. Следует произвести фрезерование и одновременно разделку трещин, при этом уменьшается как глубина фрезерования, так и ширина разделки трещин.

Приложение Ж (справочное)

Примеры расчета нежестких дорожных одежд

Ж.1 Пример расчета нежесткой дорожной одежды

Задание: запроектировать конструкцию дорожной одежды во 2-м дорожно-климатическом районе для дороги категории I-а с расчетным сроком службы 18 лет на действие группы нагрузок А₃. Расчетная интенсивность движения приведенных автомобилей на первый год расчетного срока службы – 1389 авт/сут на одну полосу движения. Прирост интенсивности движения – 5 % в год. Грунт рабочего слоя земляного полотна – супесь пылеватая. Средняя высота насыпи – 1,5 м. Дорога проходит по 1 типу местности.

При проектировании необходимо использовать:

- верхний слой покрытия – из плотной асфальтобетонной смеси на модифицированном битуме;
- нижний слой покрытия – из плотной асфальтобетонной смеси типа А на битуме БНД 60/90;
- верхний слой основания – из пористого асфальтобетона на битуме БНД 60/90;
- второй слой основания – из черного щебня;
- третий слой основания – из щебня по способу заклинки (заклинка каменной мелочью);
- дополнительный слой основания – из среднезернистого песка.

Расчет производят в следующей последовательности.

1. Вычисляют число накопленных осей за срок службы по 6.2.10:

$$\sum N_p = 0,7 N_p K_c T_{\text{рдг}} k_n,$$

где $K_c = 29,8$ (см. приложение Г, таблицу Г.2);

$T_{\text{рдг}} = 130$ сут (см. приложение Г, таблицу Г.1);

$k_n = 1,49$ (см. таблицу 6.8).

Тогда $\sum N_p = 0,7 \cdot 1389 \cdot 29,8 \cdot 130 \cdot 1,49 = 5\,290\,000$ шт.

Определяют расчетную влажность и расчетные характеристики грунта земляного полотна по формуле (А.1) (приложение А):

$$W_p = W_{\text{таб}} (1 + 0,1 \cdot t),$$

где $W_{\text{таб}} = 0,75$ (см. таблицу А.2);

$t = 2,19$ (см. таблицу 6.13).

Тогда $W_p = 0,75 \cdot (1 + 0,1 \cdot 2,19) = 0,91 \%$.

По таблице А.1 принимаем: $E_y = 54$ МПа; $\varphi = 23^\circ$; $C = 0,005$ МПа.

2. Предварительно назначают конструкцию дорожной одежды, как указано в таблице Ж.1.

Таблица Ж.1 – Параметры конструкции дорожной одежды

Но- мер слоя	Материал	h , м	E_{10} , МПа	E_{20} , МПа	E_0 , МПа	$R_{и}$, МПа	φ	C , МПа
1	Асфальтобетон плотный на модифицированном битуме	0,05	5000	3800	5500	$R_{и} = 13$ $m = 6,9$ $\alpha = 3,3$	-	-
2	Асфальтобетон плотный крупнозернистый типа А на битуме БНД 60/90	0,06	3200	1800	4500	$R_{и} = 9,8$ $m = 5,5$ $\alpha = 4,3$	-	-
3	Асфальтобетон пористый крупнозернистый на битуме марки БНД 60/90	0,08	2000	1200	2800	$R_{и} = 8,0$ $m = 4,3$ $\alpha = 8,2$	-	-
4	Черный щебень	0,20	900	900	900	-	-	-
5	Щебень по способу заклинки каменной мелочью	0,20	300	300	300	-	43°	0,05
6	Песок среднезернистый	0,40	120	120	120	-	32°	0,004
7	Грунт земляного полотна – супесь пылеватая	-	54	54	54	-	23°	0,005

Примечание – Расчетные характеристики приняты по приложению Б.

По приложению В определяют для группы нагрузок A_3 расчетный диаметр и давление колеса на покрытие: $D = 0,41$ м; $p = 0,6$ МПа.

3. Выполняют расчет по допускаемому упругому прогибу.

Расчет по допускаемому упругому прогибу выполняют послойно, начиная с подстилающего грунта, по номограмме (см. рисунок 6.2).

3.1 Дополнительный слой основания (слой 6):

$$\frac{E_2^{VI}}{E_1^{VI}} = \frac{54}{120} = 0,45; \quad \frac{h_{VI}}{D} = \frac{0,40}{0,41} = 0,97.$$

Тогда по номограмме (см. рисунок 6.2): $\frac{E_{\text{общ}}^{\text{VI}}}{E_1^{\text{VI}}} = 0,72$; $E_{\text{общ}}^{\text{VI}} = 120 \cdot 0,72 = 86$ МПа.

3.2 Третий слой основания из щебня по способу заклинки (слой 5):

$$\frac{E_2^{\text{V}}}{E_1^{\text{V}}} = \frac{86}{300} = 0,28; \quad \frac{h_{\text{V}}}{D} = \frac{0,20}{0,41} = 0,49.$$

Тогда $\frac{E_{\text{общ}}^{\text{V}}}{E_1^{\text{V}}} = 0,43$; $E_{\text{общ}}^{\text{V}} = 129$ МПа.

3.3 Второй слой основания из черного щебня (слой 4):

$$\frac{E_2^{\text{IV}}}{E_1^{\text{IV}}} = \frac{129}{900} = 0,14; \quad \frac{h_{\text{IV}}}{D} = \frac{0,20}{0,41} = 0,49.$$

Тогда $\frac{E_{\text{общ}}^{\text{IV}}}{E_1^{\text{IV}}} = 0,28$; $E_{\text{общ}}^{\text{IV}} = 252$ МПа.

3.4 Верхний слой основания из пористого асфальтобетона (слой 3):

$$\frac{E_2^{\text{III}}}{E_1^{\text{III}}} = \frac{252}{2000} = 0,13; \quad \frac{h_{\text{III}}}{D} = \frac{0,08}{0,41} = 0,2.$$

Тогда $\frac{E_{\text{общ}}^{\text{III}}}{E_1^{\text{III}}} = 0,17$; $E_{\text{общ}}^{\text{III}} = 340$ МПа.

3.5 Нижний слой покрытия из плотного асфальтобетона (слой 2):

$$\frac{E_2^{\text{II}}}{E_1^{\text{II}}} = \frac{340}{3200} = 0,11; \quad \frac{h_{\text{II}}}{D} = \frac{0,06}{0,41} = 0,15.$$

Тогда $\frac{E_{\text{общ}}^{\text{II}}}{E_1^{\text{II}}} = 0,12$; $E_{\text{общ}}^{\text{II}} = 420$ МПа.

3.6 Верхний слой покрытия из плотного асфальтобетона на модифицированном вяжущем (слой 1):

$$\frac{E_2^{\text{I}}}{E_1^{\text{I}}} = \frac{420}{5000} = 0,09; \quad \frac{h_{\text{I}}}{D} = \frac{0,05}{0,41} = 0,12.$$

Тогда $\frac{E_{\text{общ}}^{\text{I}}}{E_1^{\text{I}}} = 0,11$; $E_{\text{общ}}^{\text{I}} = 550$ МПа.

Определяют по 6.4.2 величину минимально требуемого модуля упругости:

$$E_{\text{тр}} = 98,65 [\lg (\sum N_p) - c] = 98,65 [\lg (5\,290\,000) - 3,05] = 362 \text{ МПа.}$$

Определяют соблюдение условия по 6.4.1 при требуемом коэффициенте прочности $K_{\text{пр}}^{\text{тр}} = 1,40$:

$$550 > 362 \cdot 1,40 = 506,80 \text{ МПа.}$$

Условие выполнено.

4. Выполняют расчет на сдвигустойчивость грунта земляного полотна.

Расчет выполняют в соответствии с 6.5.

4.1 Определяют расчетное активное сопротивление сдвига T_a по формуле (6.10):

$$T_a = \bar{\tau}_a p + \tau_b,$$

где $\tau_b = -0,0015$ МПа – по номограмме (см. рисунок 6.6);

$$p = 0,6 \text{ МПа};$$

$\bar{\tau}_a$ – определяют по номограмме (см. рисунок 6.5), так как общая толщина дорожной одежды – 0,99 м (99 см). Расчетная температура – 20 °С.

Приводят пакет вышележащих слоев к средневзвешенному:

$$E_b = \frac{3800 \cdot 0,05 + 1800 \cdot 0,06 + 1200 \cdot 0,08 + 900 \cdot 0,20 + 300 \cdot 0,20 + 120 \cdot 0,40}{0,99} = 690 \text{ МПа}.$$

$$\text{Далее } \frac{E_b}{E_n} = \frac{690}{54} = 12,8; \quad \frac{h}{D} = \frac{0,99}{0,41} = 2,4; \quad \bar{\tau}_a = 0,006 \text{ МПа}.$$

$$\text{Тогда } T_a = 0,006 \cdot 0,6 - 0,0015 = 0,0021 \text{ МПа}.$$

4.2 Определяют предельную величину активного сдвига по 6.5.2:

$$T_{пр} = CK_1K_2,$$

где $C = 0,005$ МПа;

$K_1 = 1,5$ – для супеси пылеватой;

K_2 – определяют по рисунку 6.3 в зависимости от среднесуточной интенсивности движения приведенных автомобилей за расчетный срок службы, определяемой по формуле (6.9).

$$N_{сут} = \frac{5\,290\,000}{130 \cdot 18} = 2260 \frac{\text{шт.}}{\text{сут}}; \quad K_2 = 0,66.$$

$$\text{Тогда } T_{пр} = 0,005 \cdot 1,5 \cdot 0,66 = 0,005 \text{ МПа}.$$

Для обеспечения сдвигустойчивости должно выполняться условие

$$T_a K_{пр}^{тр} < T_{пр}, \text{ т.е. } 0,0021 \cdot 1,25 = 0,0026 < 0,005.$$

Условие выполнено.

5. Выполняют расчет на сдвигустойчивость дополнительного слоя основания из среднезернистого песка.

5.1 Определяют активное напряжение сдвига:

$$\tau_b = -0,0031 \text{ МПа};$$

$$p = 0,6 \text{ МПа};$$

$\bar{\tau}_a$ – определяют по номограмме (см. рисунок 6.4), так как $h = 0,59 \text{ м (59 см)} < 0,82 \text{ м (82 см)}$.

Приводят пакет вышележащих слоев к средневзвешенному:

$$E_b = \frac{3800 \cdot 0,05 + 1800 \cdot 0,06 + 1200 \cdot 0,08 + 900 \cdot 0,20 + 300 \cdot 0,20}{0,59} = 1142 \text{ МПа}.$$

$$\text{Далее } \frac{E_b}{E_n} = \frac{1142}{86} = 13,2; \quad \frac{h}{D} = \frac{0,59}{0,41} = 1,43; \quad \tau_a = 0,015 \text{ МПа}.$$

$$\text{Тогда } T_a = 0,015 \cdot 0,6 - 0,0031 = 0,0059 \text{ МПа}.$$

5.2 Определяют предельную величину активного сдвига при $C = 0,004 \text{ МПа}$; $K_1 = 6,5$; $K_2 = 0,66$. Тогда $T_{np} = 0,004 \cdot 6,5 \cdot 0,66 = 0,017 \text{ МПа}$.

Определяют выполнение условия:

$$T_a K_{np}^{тр} = 0,0074 < T_{np} = 0,017.$$

Условие выполнено.

6. Выполняют расчет на сдвигоустойчивость нижнего слоя основания из щебня, расклинцованного каменной мелочью.

6.1 Определяют активное напряжение сдвига:

$$\tau_b = -0,0019 \text{ МПа};$$

$$p = 0,6 \text{ МПа};$$

$\bar{\tau}_a$ – определяют по номограмме (см. рисунок 6.4), так как $h = 0,19 \text{ м (19 см)} < 0,82 \text{ м (82 см)}$.

Приводят пакет вышележащих слоев к средневзвешенному:

$$E_b = \frac{3800 \cdot 0,05 + 1800 \cdot 0,06 + 1200 \cdot 0,08}{0,19} = 2074 \text{ МПа}.$$

$$\text{Далее } \frac{E_b}{E_n} = \frac{2074}{129} = 16,1; \quad \frac{h}{D} = \frac{0,19}{0,41} = 0,46; \quad \bar{\tau}_a = 0,035 \text{ МПа}.$$

$$\text{Тогда } T_a = 0,035 \cdot 0,6 - 0,0019 = 0,019 \text{ МПа}.$$

6.2 Определяют предельную величину активного сдвига при $C = 0,05 \text{ МПа}$; $K_1 = 7,0$; $K_2 = 0,66$.

$$\text{Тогда } T_{np} = 0,05 \cdot 7,0 \cdot 0,66 = 0,23 \text{ МПа}.$$

Определяют выполнение условия:

$$T_a K_{\text{пр}}^{\text{тр}} = 0,024 < T_{\text{пр}} = 0,23.$$

Условие выполнено.

7. Выполняют расчет конструкции монолитных слоев на сопротивление усталостному разрушению при растяжении при изгибе.

7.1 Определяют растягивающее напряжение при изгибе σ_r по формуле

$$\sigma_r = \bar{\sigma}_r \cdot \rho \cdot K_\sigma,$$

где $\rho = 0,6$ МПа; $K_\sigma = 1,0$.

Для определения $\bar{\sigma}_r$ используют номограмму (см. рисунок 6.7). Для этого приводят пакет асфальтобетонных слоев к средневзвешенному при условии толщины монолитных слоев 0,19 м (19 см). Расчетная температура – 0 °С.

$$E_b = \frac{5500 \cdot 0,05 + 4500 \cdot 0,06 + 2800 \cdot 0,08}{0,19} = 4050 \text{ МПа};$$

$$\frac{E_b}{E_{\text{осн}}} = \frac{4050}{252} = 16,1; \quad \frac{h}{D} = \frac{0,19}{0,41} = 0,46; \quad \bar{\sigma}_r = 1,35 \text{ МПа}.$$

Тогда $\sigma_r = 1,35 \cdot 0,6 \cdot 1 = 0,81$ МПа.

7.2 Определяют предельно допустимое растягивающее напряжение при изгибе:

$$R_{\text{доп}} = R_{\text{и}} \cdot (1 - 0,1t) \cdot K_m \cdot K_{\text{кн}} \cdot K_t,$$

где $K_m = 0,75$; $K_t = 0,8$; $K_{\text{кн}} = 5,8 \cdot 5\,290\,000^{-\frac{1}{4,3}} = 0,161$.

Тогда $R_{\text{доп}} = 8 \cdot (1 - 0,1 \cdot 2,19) \cdot 0,75 \cdot 0,8 \cdot 0,161 = 0,603$ МПа.

Определяют выполнение условия (6.12):

$$0,603/0,81 = 0,74 < K_{\text{пр}}^{\text{тр}} = 1,20.$$

Условие выполнено.

Ж.2 Пример расчета мероприятий по предотвращению образования отраженных трещин

Исходные данные: эксплуатируемое дорожное асфальтобетонное покрытие состоит из трех асфальтобетонных слоев: 1 – средней толщиной $h = 0,063$ м, 2 – средней толщиной $h = 0,079$ м, 3 – средней толщиной $h = 0,101$ м. Общий вид конструкции дорожного покрытия представлен на рисунке М.4.

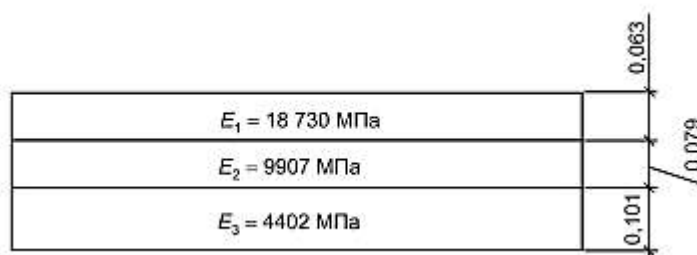


Рисунок Ж.4 – Общий вид эксплуатируемой дорожной одежды

На рисунке М.5 указаны модули упругости асфальтобетонных слоев при температуре минус 15 °С.

При ремонте эксплуатируемой дорожной одежды предусмотрено дорожное покрытие, состоящее из двух слоев, как показано на рисунке М.5:

- нижний слой 1 – из щебеночного мелкозернистого горячего пористого асфальтобетона марки I (ЩМПг – I по СТБ 1033-2016) толщиной $h = 0,06 \text{ м}$, $R_c = 7,5 \text{ МПа}$ по СТБ 1033;

- верхний слой 2 – из щебеночного мелкозернистого горячего плотного асфальтобетона марки II типа Б (ЩМБг – II /2,33 СТБ 1033-2016) толщиной $h = 0,05 \text{ м}$.



Рисунок Ж.5 – Общий вид ремонтируемой дорожной одежды

Проверка условия необходимости мероприятий по предотвращению образования отраженных трещин выполняется в следующем порядке.

Определяют предельное напряжение при растяжении:

$$\sigma_p^{\text{пред}} = 0,2R_c = 0,2 \cdot 7,5 = 1,5 \text{ МПа}.$$

Определяют средневзвешенный модуль упругости материала покрытия при температуре минус 15 °С – при толщине покрытия $h = 0,243 \text{ м}$ $E_b = 9906 \text{ МПа}$.

По графику, представленному на рисунке Е.1 (см. приложение Е), в зависимости от толщины старого покрытия $h = 0,243 \text{ м}$ и среднего модуля упругости $E_b = 9906 \text{ МПа}$ при температуре минус 15 °С определяют значение растягивающих напряжений в нижней части слоя $\sigma_r = 5,93 \text{ МПа}$.

Проверяют условие устойчивости к образованию отраженных трещин (Е.1): $5,93 \text{ МПа} \leq 1,5 \text{ МПа}$, т. е. условие не выполнено, следовательно необходимо предусмотреть мероприятия по предотвращению образования отраженных трещин.

Выполняют расчет глубины фрезерования покрытия и ширины разделки трещин.

Снижают толщину покрытия на 0,01 м (т. е. общая толщина покрытия $h = 0,233$ м), в этом случае растягивающие напряжения в нижней части слоя $\sigma_r = 5,45 \text{ МПа}$. Проверяют условие (Е.1), т. е. $5,45 \text{ МПа} \leq 1,5 \text{ МПа}$. Условие не выполнено. Снижают толщину покрытия еще на 0,01 м и т. д., до выполнения условия (Е.1). Результаты расчета приведены в таблице М.3.

Таблица Ж.3 – Результаты определения глубины фрезерования

Шаг вычислений	Толщина старого асфальтобетонного покрытия h , м	Средний модуль упругости старого покрытия E_a , МПа	Напряжения в нижней части слоя, если разделка трещины не производится σ_r , МПа
1	0,243	9906	5,93
2	0,233	9528	5,45
3	0,223	9115	4,97
4	0,213	8664	4,48
5	0,203	8168	4,00
6	0,193	7620	3,62
7	0,183	7013	3,28
8	0,173	6693	3,02
9	0,163	6496	2,86
10	0,153	6273	2,64
11	0,143	6019	2,39
12	0,133	5727	2,14
13	0,123	5387	1,99
14	0,113	4987	1,72
15	0,103	4509	1,46

Таким образом, для предотвращения отраженных трещин необходимо фрезерование старого асфальтобетонного покрытия на глубину 0,10 м, так как при данной глубине выполняется условие (Е.1) – $1,46 \text{ МПа} \leq 1,5 \text{ МПа}$.

Определяют ширину разделки трещин для рассматриваемого примера.

Как установлено выше, растягивающие напряжения в нижней части слоя $\sigma_r = 5,93 \text{ МПа}$.

Коэффициент снижения растягивающих напряжений равен $5,93/1 = 5,93$.

По графику, представленному на рисунке Е.2 (см. приложение Е), определяют отношение ширины разделки трещин к толщине старого слоя асфальтобетона (в

нашем случае – 1,79). Определяют ширину разделки трещин путем умножения полученного коэффициента на общую толщину покрытия: $1,79 \cdot 0,243 = 0,43$ м, т. е. 0,45 м.

В ходе расчетов установлено, что для предотвращения образования отраженных трещин на новом покрытии необходимо произвести фрезерование старого покрытия на глубину 0,10 м или произвести разделку трещин на ширину 0,45 м.

В рассматриваемом примере для уменьшения глубины фрезерования и ширины разделки трещин можно предусмотреть комплекс мероприятий, где совместно будет применена разделка трещин и фрезерование покрытия.

С этой целью принимают глубину фрезерования 0,06 м. В этом случае по таблице Ж.3 растягивающие напряжения в нижней части слоя $\sigma_r = 3,28$ МПа. Коэффициент снижения растягивающих напряжений равен $3,28/1 = 3,28$. Отношение ширины разделки трещин к толщине старого слоя асфальтобетона 0,18. Ширина разделки трещин равна 0,05 м ($0,18 \cdot 0,243 = 0,04$ м). Таким образом, при совместном выполнении комплекса мероприятий по фрезерованию покрытия на глубину 0,06 м и разделке трещины на ширину 0,05 м, отраженные трещины на новом покрытии не образуются.

Ж.3 Расчет дорожной одежды на действие группы нагрузок А₂

Задание: запроектировать дорожную одежду во 2-м дорожно-климатическом районе для III категории дорог с заданным сроком службы 12 лет на действие группы нагрузок А₂. Расчетная интенсивность движения приведенных автомобилей на последний год службы – 400 автомобилей в сутки на 1 полосу движения. Прирост интенсивности движения – 5 % в год. Грунт рабочего слоя земляного полотна – супесь легкая. Средняя высота насыпи – 1,5 м. Дорога проходит по I типу местности.

Вычисляют число накопленных осей за срок службы по 6.2.10 при $K_c = 17,71$ (см. таблицу Г.2 приложения Г); $T_{рдг} = 130$ сут (см. таблицу Г.1); $K_n = 1,38$ (см. таблицу 6.8).

$$\text{Тогда } \sum N_p = 0,7 \cdot 400 \cdot \frac{17,71}{105^{11}} \cdot 130 \cdot 1,38 = 520\,404 \text{ шт.}$$

Определяют расчетную влажность и расчетные характеристики грунта земляного полотна по формуле (А.1) (см. приложение А).

Расчетная влажность:

$$W_p = W_{\text{таб}}(1 + 0,1 \cdot t);$$

$$W_{\text{таб}} = 0,60 \text{ (см. таблицу А.2);}$$

$$t = 1,71 \text{ (см. таблицу 6.13).}$$

$$\text{Тогда } W_p = 0,60 (1 + 0,1 \cdot 1,71) = 0,8 \text{ \%}.$$

Тогда по таблице А.1 принимаем: $E_y = 62$ МПа; $\varphi = 25^\circ$; $C = 0,007$ МПа.

Назначают расчетную конструкцию дорожной одежды, как указано в таблице Ж.4.

Таблица Ж.4 – Параметры конструкции дорожной одежды

Номер слоя	Материал	h , м	E_{10} , МПа	E_{20} , МПа	E_0 , МПа	$R_{и}$, МПа	φ	C , МПа
1	Асфальтобетон плотный м/з на битуме БНД 90/130	0,06	2400	1200	3600	$R_{и} = 9,5$ $m = 5,0$ $\alpha = 4,8$	-	-
2	Асфальтобетон пористый к/з на битуме БНД 90/130	0,08	1400	800	2200	$R_{и} = 7,8$ $m = 4,0$ $\alpha = 8,6$	-	-
3	Щебень по способу заклинки	0,30	300	-	-	-	42°	0,04
4	Песок к/з	0,30	130	-	-	-	35°	0,004
5	Супесь легкая	-	62	-	-	-	25°	0,007
Примечание – Расчетные характеристики приняты по приложению Б.								

По приложению В определяют для группы нагрузок A_2 расчетный диаметр и давление: $D = 0,37$ м; $p = 0,6$ МПа.

Выполняют расчет по допускаемому упругому прогибу.

Расчет по допускаемому упругому прогибу выполняют послойно, начиная с подстилающего грунта, по номограмме (см. рисунок 6.2).

Слой основания из к/з песка (слой 4):

$$\frac{E_2^{IV}}{E_1^{IV}} = \frac{62}{130} = 0,48; \quad \frac{h_{IV}}{D} = \frac{0,30}{0,37} = 0,81.$$

По номограмме (см. рисунок 6.2):

$$\frac{E_{общ}^{IV}}{E_1^{IV}} = 0,725; \quad E_{общ}^{IV} = 130 \cdot 0,725 = 94,25 \text{ МПа}.$$

Слой основания из щебня по способу заклинки (слой 3):

$$\frac{E_2^{III}}{E_1^{III}} = \frac{94,25}{300} = 0,31; \quad \frac{h_{III}}{D} = \frac{0,30}{0,37} = 0,81.$$

$$\text{Тогда } \frac{E_{общ}^{III}}{E_1^{III}} = 0,58; \quad E_{общ}^{III} = 174 \text{ МПа}.$$

Нижний слой покрытия из пористого асфальтобетона (слой 2):

$$\frac{E_2^{II}}{E_1^{II}} = \frac{174}{1400} = 0,12; \quad \frac{h_{II}}{D} = \frac{0,08}{0,37} = 0,21.$$

Тогда $\frac{E_{\text{общ}}^{\text{II}}}{E_1^{\text{II}}} = 0,15$; $E_{\text{общ}}^{\text{II}} = 210 \text{ МПа}$.

Верхний слой покрытия из плотного асфальтобетона (слой 1):

$$\frac{E_2^{\text{I}}}{E_1^{\text{I}}} = \frac{210}{2400} = 0,09; \quad \frac{h_1}{D} = \frac{0,06}{0,37} = 0,16.$$

Тогда $\frac{E_{\text{общ}}^{\text{I}}}{E_1^{\text{I}}} = 0,11$; $E_{\text{общ}}^{\text{I}} = 274 \text{ МПа}$.

Определяют по 6.4.2 значение минимально требуемого модуля упругости:

$$E_{\text{тр}} = 98,65 \cdot [\lg(\sum N_p) - c] = 98,65 \cdot [\lg(520\,404) - 3,23] = 245 \text{ МПа}.$$

Требуемый коэффициент прочности $K_{\text{пр}}^{\text{тр}} = 1,1$.

Определяют соблюдение условия по 6.4.1.

$$274 > 245 \cdot 1,1 = 269,5 \text{ МПа, т. е. условие выполнено.}$$

Выполняют расчет конструкции монолитных слоев на сопротивление усталостному разрушению при растяжении при изгибе:

1 Определяют полное растягивающее напряжение при изгибе σ_r .

$$\sigma_r = \bar{\sigma}_r \cdot p \cdot K_6, \text{ где } p = 0,6 \text{ МПа; } K_6 = 1,0.$$

Для определения $\bar{\sigma}_r$ используют номограмму (см. рисунок 6.7). Для этого необходимо знать отношение значений $\frac{E_{\text{в}}}{E_{\text{осн}}}$ и $\frac{h}{D}$. Расчетная температура – 0 °С. Толщина монолитного слоя $h = 0,14 \text{ м}$.

Приводят пакет асфальтобетонных слоев к средневзвешенному.

$$E_{\text{в}} = \frac{3600 \cdot 0,06 + 2200 \cdot 0,08}{0,14} = 2800 \text{ МПа;}$$

$$\frac{E_{\text{в}}}{E_{\text{осн}}} = \frac{2800}{174} = 16,1; \quad \frac{h}{D} = \frac{0,14}{0,37} = 0,38;$$

$$\bar{\sigma}_r = 1,84 \text{ МПа.}$$

$$\text{Тогда } \sigma = 1,84 \cdot 0,6 \cdot 1 = 1,1 \text{ МПа.}$$

2 Определяют предельно допустимое растягивающее напряжение при изгибе.

$$R_{\text{доп}} = R_{\text{и}} \cdot (1 - 0,1t) \cdot K_{\text{м}} \cdot K_{\text{кн}} \cdot K_{\text{т}},$$

где $K_{\text{м}} = 0,85$; $K_{\text{т}} = 0,90$;

$$K_{\text{кн}} = 8,6 \cdot 520\,404^{-\frac{1}{4}} = 0,32.$$

$$\text{Тогда } R_{\text{доп}} = 7,8 \cdot (1 - 0,1 \cdot 1,71) \cdot 0,85 \cdot 0,90 \cdot 0,32 = 1,59.$$

Определяют выполнение условия (6.12):

$$\sigma K_{\text{пр}}^{\text{тр}} = 1,1 < R_{\text{доп}} = 1,59, \text{ т. е. условие выполняется.}$$

Все условия выполняются, конструкция является прочной.

Библиография

[1] СН 3.03.04-2019 Автомобильные дороги

[2] ДМД 02191.5.005-2007 Рекомендации по использованию георадарных технологий для мониторинга автомобильных дорог и искусственных сооружений

[3] ДМД 33200.013-2021 Рекомендации по подбору составов асфальтобетонных смесей методом объемного проектирования

Утвержден приказом Департамента «Белавтодор» Министерства транспорта и коммуникаций Республики Беларусь от 19 декабря 2007 г. № 285

[4] ДМД 33200.027-2023 Рекомендации по использованию смесей оптимального гранулометрического состава из вторичных материалов для дорожного строительства.

Утвержден приказом Департамента «Белавтодор» Министерства транспорта и коммуникаций Республики Беларусь от 10.08.2023 № 204