




ДОНСКОЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
УПРАВЛЕНИЕ ДИСТАНЦИОННОГО ОБУЧЕНИЯ И ПОВЫШЕНИЯ
КВАЛИФИКАЦИИ

Кафедра «Автомобильные дороги»

Учебно-методическое пособие

«Современные методы расчета и конструирования дорожных одежд. Специальный курс по проектированию дорожных одежд»



Авторы
Углова Е.В.,
Конорев А.С., Тиратурян А.Н.

Ростов-на-Дону, 2017

Аннотация

Учебное пособие включает в себя основную информацию о существующих методах расчета и конструирования нежестких дорожных одежд, как в Российской Федерации так и за рубежом. Описаны основные достоинства и недостатки методики конструирования дорожных одежд, регламентируемой ОДН 218.046-01 «Проектирование нежестких дорожных одежд». Рассмотрен усовершенствованный подход к конструированию нежестких дорожных одежд с учетом современного транспортного потока. Приводятся рекомендации по обоснованному выбору и назначению материалов слоев нежестких дорожных одежд

Предназначено для обучающихся по специальности 08.05.01 «Строительство уникальных зданий и сооружений», специализация «Строительство автомагистралей, аэродромов и специальных сооружений», для обучающихся по направлениям подготовки 08.03.01, 08.04.01 «Строительство», программа «Автомобильные дороги».

Авторы

Д.т.н., проф., заведующий кафедрой
«Автомобильные дороги» Углова Е.В.

К.т.н., доц. кафедры

«Автомобильные дороги» Конорев А.С.

К.т.н., ст. преп. кафедры

«Автомобильные дороги» Тиратурян А.Н.



Оглавление

1 ТЕРМИНЫ И ОПРЕДЕЛЕНИЯ	5
2 ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ КОНСТРУИРОВАНИЯ НЕЖЕСТКИХ ДОРОЖНЫХ ОДЕЖД	8
2.1. Основные положения ОДН 218.046-01	9
2.2. Дополнительные положения	10
3. КОНСТРУИРОВАНИЕ НЕЖЕСТКИХ ДОРОЖНЫХ ОДЕЖД В УСЛОВИЯХ ВОЗДЕЙСТВИЯ ИНТЕНСИВНОГО ГРУЗОВОГО ТРАНСПОРТНОГО ПОТОКА.....	13
3.1 Уточнение значений коэффициентов приведения транспортных средств к расчетной нагрузке в зависимости от количества осей	13
3.2 Класс транспортной нагрузки как характеристика дорожных одежд	26
3.3 Назначение толщины покрытия с учетом суммарного числа приложений расчетной нагрузки	33
3.4 Назначение запаса толщины верхнего слоя покрытия на величину износа	34
ВЫВОДЫ ПО ГЛАВЕ 3.....	36
4. КОНСТРУИРОВАНИЕ НЕЖЕСТКИХ ДОРОЖНЫХ ОДЕЖД НА АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГАХ I – II КАТЕГОРИИ.....	38
4.1 Конструирование пакета асфальтобетонных слоев ..	38
4.2 Конструирование слоев основания нежесткой дорожной конструкции.....	56
4.3 Примеры рекомендуемых конструкций нежестких дорожных одежд	58
ВЫВОДЫ ПО ГЛАВЕ 4.....	59
5. АКТУАЛИЗАЦИЯ ДЕЙСТВУЮЩЕГО ПОДХОДА К ПРОЕКТИРОВАНИЮ НЕЖЕСТКИХ ДОРОЖНЫХ ОДЕЖД	61
5.1. Обоснование значения коэффициента надежности от суммарного числа приложений расчетной нагрузки	61
5.2 Дополнения к существующему методу расчета нежестких дорожных конструкций	67
5.3. Новый метод прогнозирования разрушений дорожных	

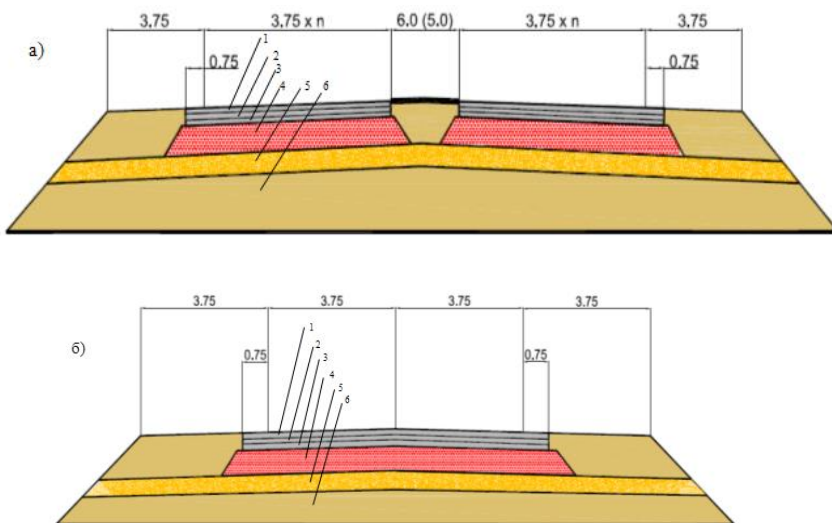


одежд на автомобильных дорогах I и II технических категорий в условиях интенсивного воздействия грузового транспортного потока	69
ВЫВОДЫ ПО ГЛАВЕ 5	74
ОБЩИЕ ВЫВОДЫ	76
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК	79
ПРИЛОЖЕНИЕ 1 ПРИМЕР КОНСТРУИРОВАНИЯ НЕЖЕСТКОЙ ДОРОЖНОЙ ОДЕЖДЫ	81

1 ТЕРМИНЫ И ОПРЕДЕЛЕНИЯ

Дорожная одежда – многослойная конструкция, ограниченная проезжей частью автомобильной дороги, состоящая из дорожного покрытия, слоев основания и подстилающего слоя, воспринимающая многократно повторяющееся воздействие транспортных средств и погодно-климатических факторов и обеспечивающее передачу транспортной нагрузки на верхнюю часть земляного полотна.

Дорожная конструкция – инженерное сооружение, состоящее из дорожной одежды и верхней части земляного полотна в пределах рабочего слоя.



Покрытие	1 – Верхний слой покрытия
	2 – Нижний слой покрытия
Основание	3 – Верхний слой основания
	4 – Нижние слои основания
	5 – Дополнительный слой основания
Земляное полотно	6 – Рабочая зона грунта земляного полотна

Рисунок 1 – Поперечный профиль дорожной конструкции на участках автомобильных дорог I (а) и II категории (б)

Покрытие – верхняя часть дорожной одежды, восприни-

мающая усилия от колес транспортных средств и подвергающаяся непосредственному воздействию атмосферных факторов.

Основание – часть конструкции дорожной одежды, 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.

Дополнительный слой основания – слои между несущим основанием и грунтом земляного полотна, предусматриваемый для обеспечения требуемой морозоустойчивости и дренирования конструкции, позволяющий снижать толщину вышележащих слоев из дорогостоящих материалов.

Рабочий слой земляного полотна (подстилающий грунт) – верхняя часть полотна в пределах от низа дорожной одежды до 2/3 глубины промерзания, но не менее 1,5 м от поверхности покрытия.

Суммарное число приложений расчетной нагрузки – суммарное расчетное число приложений расчетной нагрузки к точке на поверхности конструкции за временной промежуток.

Расчетный срок службы – принимаемый на стадии проектирования (расчета) период эксплуатации дорожной конструкции от ввода в эксплуатацию объекта до достижения предельного состояния (отказа) дорожной конструкции.

Расчетный ресурс дорожной конструкции – суммарное число приложений расчетной нагрузки к точке на поверхности дорожной конструкции за расчетный срок службы.

Класс транспортной нагрузки – уровень воздействия транспортного потока на дорожную конструкцию с учетом скоростного режима движения.

Функциональное конструирование асфальтобетонных слоев дорожной одежды – назначение вида асфальтобетона и органического вяжущего с учетом функций, выполняемых асфальтобетонными слоями покрытия и основания в процессе эксплуатации.

Полимерно-дисперсное армирование асфальтобетонных смесей – воздействие на асфальтовое вяжущее (дисперсионную среду) путем распределения полимера и мелких частиц армирующего вещества (дисперсной фазы) с целью создания полидисперсной системы, обладающей повышенной жесткостью, а также устойчивостью к сдвиговым и пластическим деформациям при повышенных температурах.



Полимерно-дисперсно-армированная асфальтобетонная смесь (ПДА–асфальтобетонная смесь) – это рационально подобранная смесь минеральных материалов (щебня и песка с минеральным порошком) с полимерно-дисперсно-армирующей добавкой и вязким дорожным битумом, взятых в определенных соотношениях и перемешанных в нагретом состоянии.

Полимерно-дисперсно-армированный асфальтобетон (ПДА-асфальто-бетон) – уплотненная ПДА-асфальтобетонная смесь.

Полимерно-дисперсно-армирующая добавка – комплексный модификатор, содержащий полимер и армирующее вещество, образующий с органическим вяжущим полидисперсную систему.

2 ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ КОНСТРУИРОВАНИЯ НЕЖЕСТКИХ ДОРОЖНЫХ ОДЕЖД

Дорожная одежда является очень важным, ответственным и дорогостоящим элементом, призванным обеспечивать прочность и долговечность автомобильной дороги. «Фундамент» будущей работоспособности и долговечности нежесткой дорожной одежды закладывается еще на стадии ее конструирования. Однако в практике Российской Федерации процессу конструирования дорожной одежды не уделено должного внимания, что вынуждает инженер-проектировщика практически вслепую производить подбор и последующий трехкритериальный расчет нежесткой дорожной одежды.

Говоря о зарубежной практике следует отметить, что процесс конструирования дорожных одежд упрощается в первую очередь применением каталогов (альбомов типовых конструкций), применяемых в Германии, Австрии, Бельгии. Так в германском каталоге, приведенном в нормативном документе RSTO-01 [1], толщина слоев дорожной одежды выбирается исходя из ее строительного класса, зависящего от эквивалентного числа проходов осей с нагрузкой 100 кН за 30 лет эксплуатации. Безусловно внедрение аналогичного подхода в отечественной практике, потребует значительного времени, связанного с необходимостью проведения как большого объема численных экспериментов, так и исследований на крупномасштабных моделях (испытательных полигонах). Поэтому особую актуальность имеет разработка отдельного подхода к конструированию нежестких дорожных одежд в современных условиях воздействия интенсивного грузового транспортного потока (для автомобильных дорог I-II категории).

На данный момент в соответствии с ОДН 218.046-01 «Проектирование нежестких дорожных одежд» требования к процессу конструирования приведены в виде общих положений. Подобный подход применялся и ВСН 46-83, однако ряд положений из данного документа, в ОДН 218.046-01 не попал, в то время как некоторые из этих требований не теряют актуальности и на данный момент. Также ряд важных положений можно выделить и белорусском нормативном документе ТКП 45-3.03-112-2008 «Автомобильные дороги. Нежесткие дорожные одежды. Правила проектирования».

В рамках разработки нового подхода к конструированию нежестких дорожных одежд на дорогах в условиях интенсивного

движения транспорта, за основу были приняты основные положения, приведенные в ОДН 218.046-01, однако они были дополнены и расширены.

2.1. Основные положения ОДН 218.046-01

Процесс конструирования дорожной одежды включает:

- назначение числа конструктивных слоев с выбором материалов для их устройства, размещение слоев в конструкции дорожной одежды в такой последовательности, чтобы наилучшим образом проявились их грузораспределяющая и деформативная способности, прочностные и теплофизические свойства, и назначение ориентировочных толщин слоев дорожной конструкции;

- 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.

- При конструировании дорожной одежды необходимо руководствоваться следующими принципами:

- а) конструкция дорожной одежды в целом должна 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 участка или ряда участков дороги, характеризующихся сходными природными условиями (грунты земляного полотна, увлажнение, микроклимат), одинаковыми расчетными нагрузками, а также в равной степени обеспеченными строительными материалами. При выборе конструкции дорожной одежды для данных условий предпочтение следует отдавать конструкции, проверенной на практике в данных условиях на аналогичных объектах;

- в) 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;

г) при назначении конструкции дорожной одежды следует учитывать региональный опыт строительства и службы дорог в заданном конкретном районе.

- Для предотвращения появления температурных трещин на покрытии толщину слоев из материалов, содержащих органическое вяжущее и укладываемых на верхний слой основания из материалов, укрепленных минеральным вяжущим, следует принимать не менее толщины укрепленных минеральным вяжущим слоев основания. При этом толщина слоев, содержащих органическое вяжущее, должна быть не менее 0,18 м для капитального типа дорожной одежды.

- С целью обеспечения нормальных условий работы краевых полос дорожной одежды основание проектируют на 0,60 м шире, чем проезжая часть и укрепленные полосы, а дренарующий слой, при его наличии, проектируют на всю ширину земляного полотна.

2.2. Дополнительные положения

- При конструировании дорожной одежды учитывают, что процесс деформирования и прочностные качества материалов, содержащих органическое вяжущее, обуславливающие проявление упруго-вязко-пластических свойств композиции существенно зависят от температуры и режима нагружения (скорости изменения и продолжительности действия нагрузки).

- Конструкция дорожной одежды в местах изменения скорости или движения с пониженными скоростями, а также на площадках перед пунктами весогабаритного контроля и пунктами взимания платы за проезд должна обеспечивать повышенную сдвигоустойчивость при высоких летних температурах (для обеспечения этого требования в верхнем и нижнем слоях покрытия предусматривают применение асфальтобетонных смесей на модифицированном вяжущем). В районах с повышенными летними температурами (IV ДКЗ) также рекомендуется применение асфальтобетонных смесей повышенной каркасности и на модифицированном вяжущем.

- Покрытие и верхние слои основания испытывают значительные напряжения растяжения и температурные воздействия. Поэтому они должны быть монолитными водо-, морозо- и термостойкими. При выборе материала для верхнего слоя основания надо учитывать категорию дороги, тип покрытия, а также и то, что слои, содержащие органическое вяжущее, обладают

лучшими деформационными качествами и теплофизическими свойствами, чем материалы или грунты, укрепленные неорганическими вяжущими.

- Если материал основания в виде щебня, гравия, шлака и т. п. укладывается непосредственно на дополнительный слой основания из песка или на грунт земляного полотна, предусматривают мероприятия, препятствующие взаимопрониканию материалов смежных слоев, такие как размещение на границе контакта слоев геосинтетических материалов.

- На участках реконструируемых 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.

- Проектировать дорожную одежду в связи с необходимостью ее усиления при реконструкции дорог следует с учетом основных положений изложенных выше применительно к конструированию и расчету новых дорожных одежд. Однако в этом случае обязательно должен быть широко использован опыт службы одежды за период эксплуатации существующей дороги, и учтены особенности, связанные с наличием старой конструкции дорожной одежды. Вопрос усиления дорожной одежды следует рассматривать в тех случаях, когда ее фактическое состояние не удовлетворяет эксплуатационным требованиям.

- 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.

- Стабилизация грунта рабочего слоя земляного полотна укреплением вяжущими веществами рекомендуется при модуле упругости грунта менее 45 МПа или фактической влажности грунта более 0,7W_т (где W_т – предел текучести грунта, %). Стабилизированные верхние слои земляного полотна рассматривают как самостоятельные слои дорожной одежды и включают в расчет.

- В III-V дорожно-климатических зонах целесообразно повышать коэффициент уплотнения верхнего слоя земляного полотна толщиной 30-50 см до 1,0-1,05. Если слой повышенной плотности принят из связного (набухающего) грунта, необхо-

димо предусмотреть меры по защите его от увлажнения.

- Все расчеты по осушению дорожных одежд и земляного полотна выполняются согласно ОДН 218.046-01 «Проектирование нежестких дорожных одежд».

3. КОНСТРУИРОВАНИЕ НЕЖЕСТКИХ ДОРОЖНЫХ ОДЕЖД В УСЛОВИЯХ ВОЗДЕЙСТВИЯ ИНТЕНСИВНОГО ГРУЗОВОГО ТРАНСПОРТНОГО ПОТОКА

3.1 Уточнение значений коэффициентов приведения транспортных средств к расчетной нагрузке в зави- симости от количества осей

Одна из ведущих тенденций в современном отечественном и мировом автомобилестроении состоит в непрерывном увеличении доли выпуска в общей массе транспортных средств многоосных автомобилей, прицепов и полуприцепов с числом осей три и более. Появление этих транспортных средств обусловлено взаимодействием двух противоположных факторов: стремлением повысить грузоподъемность автомобиля и ограничением максимально допустимых осевых нагрузок на дорожные одежды. Многочисленные исследования, проведенные в России и за рубежом, показали, что с точки зрения обеспечения долговечности дорожной одежды предпочтение следует отдавать увеличению числа осей транспортного средства по сравнению с повышением осевых нагрузок [2-11]. В связи с этим историческое развитие конструктивных схем автотранспортных средств осуществлялось, в основном, по пути увеличения числа осей в различном их сочетании [11].

В настоящее время в РФ учет транспортных средств для проектирования дорожных конструкций ведут с распределением автомобилей по группам: легкие грузовые (грузоподъемность до 2 т); средние грузовые (от 2,1 до 5 т); тяжелые грузовые (от 5,1 до 8 т); очень тяжелые грузовые (более 8 т); автомобильные поезда (по соответствующим весовым категориям); легковые автомобили и автобусы. В соответствии с ОДН 218.046-01 допускается использовать значение коэффициентов приведения транспортных средств к расчетной нагрузке, приведенных в таблице 1.

Таблица 1 – Коэффициенты приведения транспортных средств к расчетной нагрузке 100 кН, которые допускается принимать в соответствии с ОДН 218.046-01 при расчете дорожных одежд

Типы автомобилей	Коэффициент приведения к расчётной нагрузке
Легкие грузовые автомобили грузоподъёмностью от 1 до 2 т	0,005
Средние грузовые автомобили грузоподъёмностью от 2 до 5 т	0,2
Тяжёлые грузовые автомобили грузоподъёмностью от 5 до 8 т	0,7
Очень тяжёлые грузовые автомобили грузоподъёмностью более 8 т	1,25
Автобусы	0,7
Тягачи с прицепами	1,5

Данная классификация не отражает воздействие транспортного потока, движущегося в настоящее время по магистральным дорогам РФ.

Учет разновидностей грузовых автомобилей при расчете дорожных одежд выполнили Казахстанские ученые в нормативном документе СН РК 3.03-19-2006[12]. Весь транспортный поток был разбит на 13 типов транспортных средств. Суммарный коэффициент приведения S_m к расчетным нагрузкам от категории транспортных средств и марок машин представлен в таблице 2.

Таблица 2 – Значения суммарного коэффициента приведения S_m к расчетным нагрузкам от категории транспортных средств и марок машин

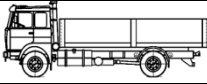
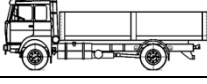
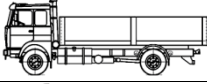
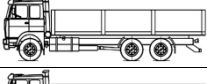
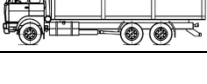
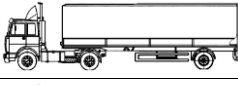
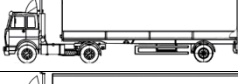
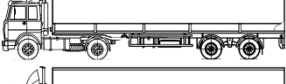
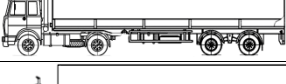

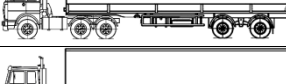
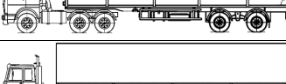
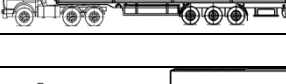
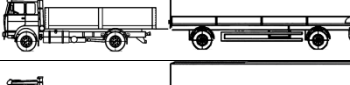
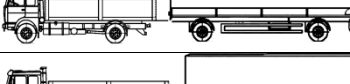
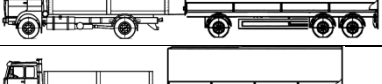
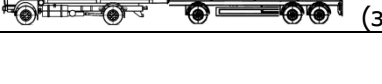
Категория транспортного потока	Марки машин	Суммарный коэффициент приведения S_m к расчетным нагрузкам		
		A_1	A_2	A_3
1	2	3	4	5
Легковые и микроавтобусы	ВАЗ	0	0	0
Автобусы средней вместимости	ПАЗ-657	0,3	0,19	0,011
	ЛАЗ-695	0,29	0,18	0,08
Автобусы большой вместимости	Икарус 260	0,73	0,46	0,23
	ЛИАЗ-677	0,53	0,34	0,16
Малые грузовики грузоподъемностью до 2 т	ГАЗЕЛЬ	0,01	0,007	0
Двухосные грузовики грузоподъемностью до 5 т	ЗИЛ-130	0,12	0,08	0,06
	ГАЗ -53	0,08	0,051	0,02
Двухосные грузовики грузоподъемностью до 10 т	МАЗ 53371	1,01	0,64	0,32
	Renault Manager GT-270.16	1,45	0,95	0,46
Трехосные грузовики грузоподъемностью до 10 т	КАМАЗ-53208	0,55	0,35	0,17
Трехосные грузовики грузоподъемностью от 10-12 т.	КрАЗ- 257Б1	1,18	0,75	0,35
Трехосные грузовики грузоподъемностью более 12 т.	КрАЗ-65053	8,63	5,50	2,72
Четырехосные грузовики грузоподъемностью более 12 т.	МАЗ-7310	8,46	5,39	2,67
Двухосные грузовики с прицепом (11-11)	МАЗ-500 (МАЗ 83781)	2,84	1,81	0,89
Трехосные грузовики с прицепом (12-11)	КрАЗ 65053 (МАЗ 83781)	10,46	6,67	3,3
Двухосные седельные тягачи с полуприцепами (111)	МАЗ 54326 (МАЗ 93801)	1,93	1,23	0,61
Двухосные седельные тягачи с полуприцепами (112)	Volvo F-16 (LANBERT)	8.08	5,15	2.55

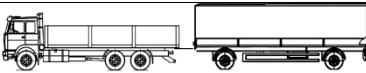
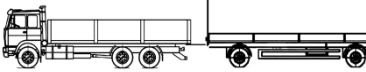
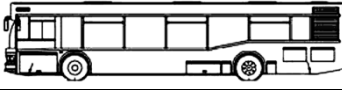


Двухосные седельные тягачи с полуприцепами (113)	Volvo F-16 (ASKO)	15.01	9,57	4.73
Трехосные седельные тягачи с полуприцепами (122)	SKANIA 113-HL (LAMBERT)	12.37	7,89	3.90
Трехосные седельные тягачи с полуприцепами (123)	SKANIA 113-HL (ASKO)	19.3	12,3	6.08
Трактора легкие с прицепом	MTЗ — 80	0.01	0,006	0
Трактора тяжелые с прицепом	K-701	0.04	0,026	0.01

Примечание: Группы расчетных нагрузок: A_1 – 100 кН, A_2 – 115 кН, A_3 – 130 кН

Подобное разделение было регламентировано в белорусских нормах ТКП 45-3.03-112-2008 «Автомобильные дороги. Нежесткие дорожные одежды. Правила проектирования» [13] (таблица 3).

Таблица 3 — Значения суммарных коэффициентов приведения $S_{тсум}$ для различных транспортных средств

Вид транспортного средства		Коэффициенты приведения $S_{тсум}$ к расчетной нагрузке		
		$K_{пр} (A_1)$	$K_{пр} (A_2)$	$K_{пр} (A_3)$
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
Вид транспортного средства		Коэффициенты приведения $S_{тсум}$ к расчетной нагрузке		
		$K_{пр} (A_1)$	$K_{пр} (A_2)$	$K_{пр} (A_3)$
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
5 Автопоезда с прицепом				
5.1	 (задняя ось автомобиля 11,5 т)	2,50	1,20	0,95
5.2	 (задняя ось автомобиля 13,0 т)	4,00	2,20	1,30
5.3	 (задняя ось автомобиля 11,5 т)	3,50	2,00	1,20
5.4	 (задняя ось автомобиля 13,0 т)	6,40	4,00	2,80

5.5		(тележка автомобиля 20,0 т)	4,00	2,50	1,70
5.6		(тележка автомобиля 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

Примечание:

Группы 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).

В свою очередь, в большинстве стран Латинской Америки используются нормативами AASHTO (1993г.) [14], применяемые для асфальтобетонных дорожных конструкций.

Чтобы подсчитать воздействие многоосных транспортных средств на дорожную конструкцию, проезд преобразуется в эквивалентное число осей расчетной нагрузки, который в свою очередь нанесет тот же вред, что и проезд всех осей транспортного средства. Расчетная нагрузка, согласно метода AASHTO, – 80 кН или 18 Kips

Соответственно, для одиночной, двоянной и строенной осей транспортных средств определены свои значения ESALs. Пример значений ESALs представлен в таблице 4. Пример расчета Эквивалентного коэффициента нагрузки ESALs приведен на рисунке 4.

Таблица 4 – Эквивалентные коэффициенты нагрузки для нежестких дорожных одежд, одиночная ось.

кН	Степенной индекс					
	1	2	3	4	5	6
8,9	0,0004	0,0004	0,0003	0,0002	0,0002	0,0002
17,8	0,003	0,004	0,004	0,003	0,002	0,002
26,7	0,011	0,017	0,017	0,013	0,010	0,009
35,6	0,032	0,047	0,051	0,041	0,034	0,031
44,4	0,078	0,102	0,118	0,102	0,088	0,080
53,3	0,168	0,198	0,229	0,213	0,189	0,176
62,2	0,328	0,358	0,399	0,388	0,360	0,342
71,1	0,591	0,613	0,646	0,645	0,623	0,606
80	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
88,9	1,61	1,57	1,49	1,47	1,51	1,55
97,8	2,48	2,38	2,17	2,09	2,18	2,30
106,7	3,69	3,49	3,09	2,89	3,03	3,27
115,6	5,33	4,99	4,31	3,91	4,09	4,48
124,4	7,49	6,98	5,90	5,21	5,39	5,98
133,3	10,3	9,5	7,9	6,8	7,0	7,8

142,2	13,9	12,8	10,5	8,8	8,9	10,0
151,1	18,4	16,9	13,7	11,3	11,2	12,5
160	24,0	22,0	17,7	14,4	13,9	15,5
168,9	30,9	28,3	22,6	18,1	17,2	19,0
177,8	39,3	35,9	28,5	22,5	21,1	23,0
186,7	49,3	45,0	35,6	27,8	25,6	27,7
195,6	61,3	55,9	44,0	34,0	31,0	33,1
204,4	75,5	68,8	54,0	41,4	37,2	39,3
213,3	92,2	83,9	65,7	50,1	44,5	46,5
222,2	112	102	79	60	53	55

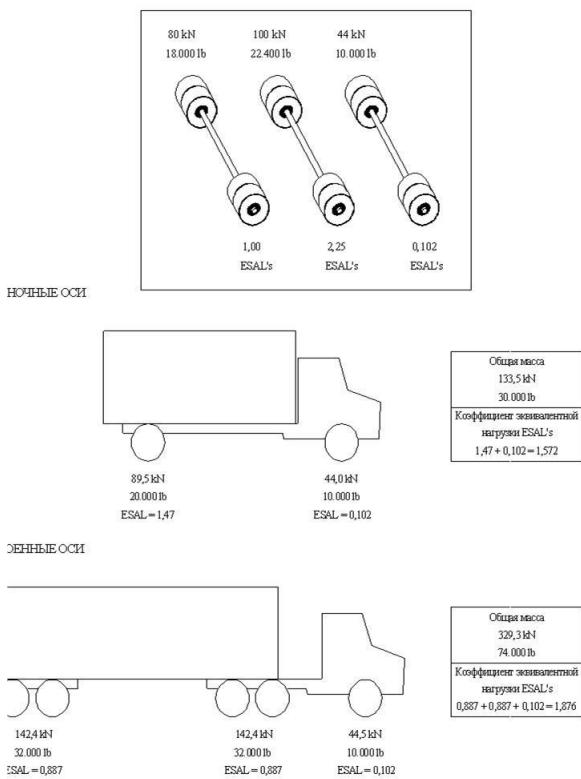


Рисунок 4 – Эквивалентные коэффициенты нагрузки

Анализ опыта по учету воздействия многоосных транспортных средств показал необходимость учета всех разновидностей многоосных транспортных средств при определении суммарного количества приложений расчетной нагрузки. Для этого следует воспользоваться формулой приведения транспортных средств к расчетной нагрузке по ОДН 218. 046-01:

$$S_{тсум} = \sum_1^n S_n , \quad (3.1)$$

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

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

Коэффициенты приведения нагрузок S_n определяют по формуле:

$$S_n = \left(\frac{Q_{дп}}{Q_{драсч}} \right)^P , \quad (3.2)$$

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

$Q_{драсч}$ – расчетная динамическая нагрузка от колеса на покрытие;

P – показатель степени, принимаемый равным:

4,4 – для капитальных дорожных одежд;

3,0 – для облегченных дорожных одежд;

2,0 – для переходных дорожных одежд.

Номинальная динамическая нагрузка $Q_{дп}$ определяется по паспортным данным на транспортное средство с учетом распределения статических нагрузок на каждую ось:

$$Q_{дп} = K_{дин} \cdot Q_{п}, \quad (3.3)$$

$$Q_{драсч} = K_{дин} \cdot Q_{расч}, \quad (3.4)$$

где $K_{дин}$ – динамический коэффициент, принимаемый равным 1,3;

Q_n – номинальная статическая нагрузка на колесо данной оси.

При определении расчетного значения номинальной статической нагрузки для многоосных автомобилей фактическую номинальную нагрузку на колесо, определяемую по паспортным данным, следует умножить на коэффициент K_c , вычисляемый по формуле 3.5:

$$K_c = a - b \sqrt{B_m - c}, \quad (3.5)$$

где B_m – расстояние в метрах между крайними осями автотранспортного средства;

a, b, c – параметры, определяемые в зависимости от капитальности дорожной одежды и числа осей тележки

Однако если подробно рассмотреть учет динамического воздействия при определении коэффициентов приведения транспортных средств к расчетной нагрузке, то мы увидим что значение коэффициента динамичности фактически не учитывается. Подставив выражения (3.3) и (3.4) в выражение (3.2) получим (3.6):

$$S_n = \left(\frac{\cancel{K_{дин}} \cdot Q_n}{\cancel{K_{оси}} \cdot Q_{расч}} \right)^P \quad (3.6)$$

Многочисленные исследования по учету динамического воздействия транспортных средств на дорожную конструкцию показали, что при проезде автомобиля по покрытию даже с небольшими неровностями происходит увеличение воздействия транспортных средств на дорожную конструкцию.

Для учета динамического воздействия определенного транспортного средства, движущегося по автомобильной дороге с равномерной скоростью движения и определённой осевой нагрузкой при расчете ($S_{m сум}$) в расчетах предложено применять определенный в результате проведения численного эксперимента максимальный динамический коэффициент 95% обеспеченности для каждой оси конкретного транспортного средства [15]. В этом случае суммарный коэффициент приведения динамической нагрузки от колеса каждой из m осей транспортного средства к расчетной динамической нагрузке, будет определяться по формуле 3.7.

$$S_{m\text{ сум}} = \sum_1^m S_n = \sum_1^m \left(\frac{Q_n \cdot K\delta 95\%_n}{Q_{расч}} \right)^{4,4} \quad (3.7)$$

где S_n – коэффициенты приведения n -ой оси автомобиля к расчетной нагрузке;
 m – количество осей автомобиля;
 Q_n – статическая нагрузка от колеса n -ой оси на покрытие, кН;
 $Q_{расч}$ – расчетная «статическая» нагрузка от колеса на покрытие, кН;
 $K\delta 95\%_n$ – динамический коэффициент 95% обеспеченности для j -ой оси автомобиля.

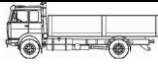
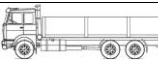
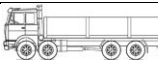
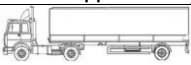
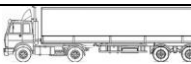


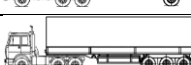

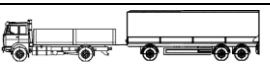



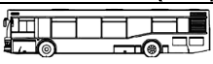
$$K\delta 95\% = qnorm(0.95, mean(K\delta_i(t)), stdev(K\delta_i(t))) \quad (3.8)$$

$K\delta(t)$ -функция коэффициента динамичности от времени.

Для определения коэффициентов приведения транспортных средств к было проведено изучение особенностей движения и нагрузок от потока грузовых транспортных средств. Рассмотрены данные, полученные с постов весового контроля, которые располагаются на трассе М4 «Дон» км 1103 и подъезде к городу Ейск.

По результатам мониторинга, проведенного на основании данных с пунктов весового контроля, выделены транспортные средства с процентным содержанием в потоке больше 0,5 %. Было предложено разделить транспортные средства на 17 типов в зависимости от грузоподъемности и конструктивной схемы. Из них 11 типов соответствуют многоосным транспортным средствам, со своим значением коэффициента приведения транспортных средств к расчетной нагрузке. Значения коэффициентов приведения приведены в таблице 5, 6.

Таблица 5 – Суммарные коэффициенты приведения транспортных средств к расчетной нагрузке 115 кН.

Вид транспортного средства	$S_{m \text{ сум}} (\text{пуст})$	$S_{m \text{ сум}} (\text{груз})$	$S_{m \text{ сум}} (\text{перерп})$
1. Легковой автомобиль	0.0015		
2. Грузовые автомобили:			
2.1. Легкие (грузоподъемность 1-2т)	0.005		
2.2. Средние (грузоподъемность 2-5т)	0.002	0.067	0.356
2.3. Тяжелые (грузоподъемность 5-8т):			
2.3.1 	0.003	0.716	1.597
2.3.2 	0.032	1.495	3.334
2.3.3 	0.076	2.011	4.485
3. Автопоезда с полуприцепом:			
3.1 	0.001	0.968	2.159
3.2 	0.024	1.879	4.192
3.3 	0.073	2.329	5.195
3.4 	0.040	2.523	5.627
3.5 	0.043	2.436	5.434
4. Автопоезда с прицепом:			
4.1 	0.004	0.828	1.848
4.2 	0.070	2.496	5.567
4.3 	0.040	1.653	3.688
4.4 	0.075	3.623	8.080
5. Автобусы			
5.1  (микроавтобусы)	0.0027		
5.2 	0.051	0.314	0.700

В таблице 5 все коэффициенты приведения транспортных средств к расчетной нагрузке делятся на 3 типа, для автомобилей со снаряженной массой (без груза), для транспортных средств с нагрузкой, не превышающей допустимого значения и для транспортных средств с нагрузкой, превышающей допустимые значения.

Процентное распределение видов загруженных транспортных средств следует брать на основе анализа учета интенсивности движения и нагрузок. При отсутствии данных состав грузового транспортного потока допускается разделять в следующем соотношении: 30% транспортных средств движутся со снаряженной массой (без груза); 60% – с грузом, (но с осевыми и полными нагрузками, не превышающими допустимые значения); 10% транспортных средств движутся с превышением допустимых нагрузок (перегрузом).

Так как по автомобильным дорогам движутся транспортные средства с различными степенями загрузки (3.7), которые оказывают различное воздействие на дорожную конструкцию было предложено определять суммарное расчетное число приложений расчетной нагрузки к точке на поверхности конструкции за срок службы предложено по формуле

$$\sum N_p = \sum N_p^{\text{пуст}} + \sum N_p^{\text{груз}} + \sum N_p^{\text{перегр}} \quad (3.9)$$

где $\sum N_p^{\text{пуст}}$ – суммарное расчетное число приложений расчетной нагрузки к точке на поверхности конструкции от автотранспортных средств, передвигающихся по автомобильной дороге без груза за весь срок службы;

$\sum N_p^{\text{груз}}$ – суммарное расчетное число приложений расчетной нагрузки к точке на поверхности конструкции от автотранспортных средств, передвигающихся по автомобильной дороге с грузом за весь срок службы;

$\sum N_p^{\text{перегр}}$ – суммарное расчетное число приложений расчетной нагрузки к точке на поверхности конструкции от автотранспортных средств, передвигающихся по автомобильной дороге с перегрузом за весь срок службы.

Суммарное расчетное число приложений расчетной нагрузки к точке на поверхности конструкции автотранспортных средств с различной степенью загрузки ($\sum N_p^{\text{пуст}}$; $\sum N_p^{\text{груз}}$; $\sum N_p^{\text{перегр}}$) определяется по формуле

$$\sum N_{pj} = f_{пол} \cdot \sum_{m=1}^n (N_{im} \cdot K_c \cdot T_{рдг} \cdot 0.7) \cdot S_{m сум} \cdot k_n \quad (3.10)$$

где j – степень загрузки транспортных средств (пустые/ груженные/ с перегрузом);

$f_{пол}$ – коэффициент, учитывающий число полос движения и распределение движения по ним, определяемый по таблице 3.3;

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

$S_{m сум}$ – суммарный коэффициент приведения воздействия на дорожную одежду транспортного средства i -й марки заданной степени загрузки к расчетной нагрузке $Q_{расч}$, определяемый по таблице 3;

N_{im} – суточная интенсивность движения автомобилей m -й марки заданной степени загрузки в первый год службы (в обоих направлениях), авт/сут;

K_c – коэффициент суммирования, определяют по формуле 3.5;

$T_{рдг}$ – расчетное число расчетных дней в году;

k_n – коэффициент, учитывающий вероятность отклонения суммарного движения от среднего ожидаемого, определяемый по таблице 5.3.

3.2 Класс транспортной нагрузки как характеристика дорожных одежд.

Как показал проведенный ранее анализ мирового опыта проектирования нежестких дорожных одежд учету количества воздействий транспортных средств на дорожную конструкцию уделяется очень серьезное внимание. И в первую очередь это связано с тем, что данный показатель напрямую связан с классом дорожной конструкции, в зависимости от которого производится конструирование нежесткой дорожной одежды в Японии, ФРГ, Китае, США и т.д.

Согласно Инструкции по проектированию дорожных одежд в Японии [16], класс дорожной конструкции должен быть определен на основе оценки интенсивности движения тяжелых грузовых транспортных средств на пятый год работы дорожной конструкции (таблица 6)

Таблица 6 – Классы дорожных конструкций в зависимости от интенсивности движения тяжелых грузовых транспортных

средств

Классы	Интенсивность движения тяжелых грузовых транспортных средств, авт/сут
L	100 или менее
A	101 до 250
B	251 до 1000
C	1001 по 3000
D	более 3000

Примечание 1: транспортные средства, которые относят к тяжелым транспортным средствам в Японии:

- Строительные машины среди крупногабаритных специальных транспортных средств

– Автомобили грузовые

– Автобусы (пропускная способность, 11 или более)

– Малый или обычные моторные транспортные средства для специального использования

– Специальные крупногабаритные автотранспортные средства (за исключением строительных машин)

Предельной нагрузки: 5 тонн нагрузки на колесо, 10 тонн нагрузки на ось и 20 тонн общего веса автомобиля.

Примечание 2: Если дорога имеет более двух полос движения в одном направлении, то считается что около 80% от объема грузового трафика идут на одну полосу.

В соответствии с немецким нормативным документом [1] дорожные конструкции назначаются в зависимости от того к какому классу строительства относится та или иная автомобильная дорога (таблица 7).

Класс строительства назначается в зависимости от величины суммарного расчетного числа приложений расчетной нагрузки в 100 кН на ось за 30 лет эксплуатации автомобильной дороги.

Таблица 7 – Классы строительства дорог в соответствии с немецким нормативным документом

Класс строительства	Для тяжелого движения	I	II	III	IV	V	VI
Количество осей с нагрузкой 100 кН за 30 лет эксплуатации, млн	>32	10-32	3-10	0,8-3	0,3-0,8	0,1-0,3	<0,1

В Китае нежесткие дорожные одежды проектируют согласно следующим теоретическим положениям: Напряжения в конструктивных слоях и в подстилающем грунте от воздействия транспортной нагрузки вычисляют по формулам теории упругости для слоистой среды, нагруженной равномерно распределенной нагрузкой через гибкий круглый штамп, с учетом условий на контакте слоев. При этом определение конструкции, категории и типа дорожных одежд зависит от суммарного расчетного числа приложений расчетной нагрузки к точке на поверхности конструкции за срок службы (таблица 8,9)

Таблица 8 – Выбор типа дорожных одежд [17]

Категория дорог	Тип дорожных одежд	Вид покрытия и материала	Расчетный срок службы, год	Суммарное расчетное число приложений расчетной нагрузки к точке на поверхности конструкции за срок службы, млн авт.
I и высшие	капитальные	асфальтобетон	15	> 4
II	капитальные	асфальтобетон	12	> 2
III	облегченные	Асфальтокаменные смеси	10	1-2
IV	облегченные	Асфальтокаменные смеси	5	≤ 0,1

Таблица 9 – Выбор толщины покрытий

Категория дорог	Высшие	I	II	III	IV
Толщины, см	12-18	10-15	5-10	2-4	1-2,5

Следует отметить систему Superpave, которую в настоящее время планируют активно внедрять в нормативную документацию РФ. Ключевым моментом в назначении требований к конструируемым дорожным одеждам в рамках данной системы является определение эквивалентного числа приложений нагрузок одиночной оси в 80 кН (ESAL) за срок службы дорожной одежды. В документе Superpave design guidelines [18] приводится следующее разделение дорожных условий в зависимости от ESAL (таблица 10).

Таблица 10 – Назначение дорожных условий

Проектное эквивалентное число приложений нагрузок одиночной оси в 80 кН (ESAL)	Типовые дорожные условия
< 0.3	Местные дороги, окружные дороги, городские улицы с минимальным уровнем движения городских транспортных средств
0.3 – 3	Дороги с умеренной интенсивностью движения
3 – 10	Загородные дороги с не менее чем двумя полосами движения с частично или полностью контролируемым на них доступом
10 – 30	Включают предыдущий класс дорожных условий с более высоким объемом грузового трафика
>30	Магистральные автомобильные дороги

Одной из характеристик данной системы является показатель «Скорость трафика – уровень загруженности», который учитывается в процессе конструирования пакета асфальтобетонных слоев.

Таблица 11 – Уровни загруженности автомобильных дорог.

Объем трафика / проектное число ESAL, млн	Скорость трафика – уровень загруженности		
	Стоящий ¹	Медленный ²	Стандартный ³
0.3 – 3.0	Высокий	Стандартный	Стандартный
3 – 10	Очень высокий	Высокий	Высокий
10 – 30	Экстремально высокий	Очень высокий	Очень высокий
> 30	Экстремально высокий	Экстремально высокий	Экстремально высокий

¹- средняя скорость трафика менее 20 км/ч; ² – средняя скорость от 20 до 70 км/ч; ³ – средняя скорость трафика более 70 км/ч

В Российской Федерации при проектировании нежестких дорожных одежд суммарное число приложений расчетной нагруз-

ки служит в первую очередь для определения требуемого общего модуля упругости (таблица 12), под который в дальнейшем подбирается конструкция нежесткой дорожной одежды.

Таблица 12 – Значение требуемого модуля упругости дорожной одежды для категорий дорог

Категория дороги	Суммарное минимальное расчетное число приложений расчетной нагрузки на наиболее нагруженную полосу	Требуемый модуль упругости одежды, МПа		
		капитальной	облегченной	переходной
I	750000	230	-	-
II	500000	220	210	-

В качестве примера приводятся запроектированные участки автомобильной дороги М-4 Дон с различным суммарным расчетным числом приложений расчетной нагрузки и соответствующими им минимальными требуемыми модулями упругости дорожной одежды (таблица 13).

Таблица 13 – Участки на М-4 Дон с различным суммарным расчетным числом приложений расчетной нагрузки на срок службы 18 лет

№	Км	ΣN_p	Срок службы, лет	$E_{тр}^{min}$, МПа
1	777 – 801	1 786 913	18	301,09
2	860 – 865	2 752 558		319,60
3	877 – 907	10 066 064		375,15
4	903 – 1024	11 158 208		380,00
5	1091 – 1119,5	4 431 269		340,00
6	1227 – 1240	4 979 805		345,00
7	1307 – 1317	12 089 618		383,00

Однако здесь следует отметить, что значения суммарного минимального числа приложений расчетной нагрузки на наиболее загруженную полосу не отвечают современным расчетным значениям для дорог I-II категорий, в связи со значительно возросшими показателями интенсивности грузового транспортного потока. При этом далеко не всегда суммарное расчетное число приложений расчетной нагрузки зависит от категории автомобильной дороги, так как даже при общей малой интенсивности движения, дорожная одежда может подвергаться значительному воздействию грузовых транспортных средств.

Таким образом, можно сделать важный вывод:

Суммарное расчетное число приложений расчетной нагрузки целесообразно рассматривать не только в качестве расчетного параметра для вычисления требуемого модуля упругости и проведения дальнейших расчетов по трем критериям ОДН 218.046-01, но и как определяющий фактор исходя из которого следует формулировать требования к общей толщине дорожной конструкции и отдельных ее элементов и назначать конкретные материалы, применяемые при устройстве ее слоев.

В таблице 14 приведено предлагаемое разделение классов транспортной нагрузки в зависимости от суммарного числа приложений расчетной нагрузки и средней скорости движения транспортного потока.

Таблица 14 – Назначение класса транспортной нагрузки в зависимости от суммарного количества приложений расчетной нагрузки автомобильных дорог I-II категории

Суммарное число приложений расчетной нагрузки (115 кН) за весь срок службы, млн	Класс транспортной нагрузки		
	Скоростной режим движения		
	Замедленный*	Медленный**	Стандартный***
3 – 7	Высокий	Средний	Средний
7 – 15	Сверхвысокий	Высокий	Высокий
≥ 15	Сверхвысокий	Сверхвысокий	Сверхвысокий

Примечание: * Средняя скорость движения потока < 20 км/ч

** Средняя скорость движения потока от 20 до 70 км/ч

*** Средняя скорость движения потока > 70 км/ч

3.3 Назначение толщины покрытия с учетом суммарного числа приложений расчетной нагрузки

Одной из главных задач при конструировании дорожной одежды является адекватное назначение толщин ее элементов (покрытия, основания грунта земляного полотна). Однако в ОДН 218.046-01 вопросы назначения толщин слоев конструктивных элементов нежесткой дорожной одежды рассмотрены поверхностно, в результате чего проектировщик, по сути, вынужден назначать их «вслепую».

В соответствии с RSTO-01 толщины слоев нежесткой дорожной одежды назначаются в соответствии со строительным классом, который как ранее было отмечено зависит от количества приложений эквивалентной 10 тоннам нагрузки, рассчитываемой за 365 дней в году в течение 30 лет (таблица 7). Учитывая аналогичность таких понятий как количество приложений эквивалентной 10 тоннам нагрузки (ФРГ), эквивалентное число приложений нагрузок одиночной оси в 80 кН – ESAL и суммарное число приложений расчетной нагрузки (РФ), предлагается подобный подход применить и в практике РФ, назначая толщину пакета слоев асфальтобетона в соответствии с суммарным числом приложений расчетной нагрузки, воздействующей на покрытие.

Таблица 15 – Рекомендуемая толщина слоев в зависимости от класса транспортной нагрузки

Суммарное число приложений расчетной нагрузки (115 кН) за весь срок службы, млн	Рекомендуемая толщина слоев асфальтобетона, см
3-7	20 – 23
7-15	23 – 26
≥15	26 – 34

3.4 Назначение запаса толщины верхнего слоя покрытия на величину износа

Для расчета и прогнозирования величины износа покрытия нежесткой дорожной одежды была принята формула М.Б. Корсунского

$$h_t = aT + \frac{bN_1}{1000} \frac{(Kq_1)^T - 1}{Kq_1 - 1},$$

где h_t - износ покрытия за t лет;
 N_1 - интенсивность движения в исходном году, авт/сут;
 K - коэффициент, учитывающий изменение в составе движения (1,05 – 1,07);
 q_1 – показатель ежегодного прироста движения
 Значения параметров a и b приведены в таблице 16.
 Таблица 16 – Значения параметров a и b для асфальтобетонных покрытий

	A	b , мм/млн брутто-тонн
Покрытия асфальтобетонные	0.4...0.6	0.25...0.55

На основе данной зависимости был произведен расчет величины износа для трех экспериментальных участков, состав транспортного потока на которых приведен в таблицах 14 – 16

Результаты расчета и прогнозирования величины износа для рассматриваемых экспериментальных участков без учета проведения ремонтных мероприятий в течение расчетного срока службы приведены в таблице 17

Таблица 17 – Результаты прогнозирования величины износа

Год эксплуатации	Величина износа на экспериментальных участках, мм		
	№ 1	№2	№ 3
1	1.91	2.57	3.43
2	3.99	5.37	7.19
3	6.26	8.46	11.34
4	8.74	11.84	15.91
5	11.45	15.56	20.95
6	14.43	19.65	26.52
7	17.70	24.16	32.67
8	21.29	29.14	39.46
9	25.24	34.63	46.98
10	29.59	40.69	55.30
11	34.39	47.40	64.40
12	39.68	54.81	74.59
13	45.52	63.02	85.88
14	51.98	72.11	98.40
15	59.12	82.18	112.29
16	67.02	93.33	127.70
17	75.77	105.70	144.81
18	85.46	119.43	163.80

В соответствии с документом «Межремонтные сроки проведения капитального ремонта и ремонта автомобильных дорог общего пользования федерального значения и искусственных сооружений на них», утвержденного приказом Минтранса России от 01 ноября 2007 г. № 157 межремонтный срок проведения работ по ремонту капитальных нежестких, дорожных одежд автомобильных дорог для I – III (при интенсивности более 4501 авт/сут на правую полосу), IV-V (при интенсивности более 3000 авт/сут) дорожно-климатических зон принимается равным 3 года. Как видно по результатам расчета прогнозируемая величина износа составит на третий год эксплуатации 6.26, 8.46, и 11.34 мм соответственно для 1, 2, 3 экспериментальных участков.

На основе предельно допустимого значения колеи, принимаемого в соответствии с документом «Рекомендации по выявлению и устранению колеи на нежестких дорожных одеждах (утверждено распоряжением Росавто-

дора № ОС-556-р от 24.06.2002)» и проведенного расчет и прогнозирования абразивного износа предлагается величину запаса толщины верхнего слоя покрытия на величину износа принимать равной 2 см.

ВЫВОДЫ ПО ГЛАВЕ 3

1. В настоящее время расчет дорожных конструкций фактически ведется с использованием коэффициентов приведения транспортных средств к расчетной нагрузке по таблице 1.1, которые не позволяют в полной мере учесть воздействие современного грузового транспортного потока, движущегося по дорогам РФ.

2. Рассчитаны коэффициенты приведения транспортных средств к расчетной нагрузке на основе данных распределения осевых нагрузок, полученных по результатам мониторинга, проведенного на основании данных с пунктов весового контроля. Значения коэффициентов приведения транспортных средств к расчетной нагрузке определены без учета коэффициента динамичности.

3. Сопоставление значений коэффициентов приведения транспортных средств к расчетной нагрузке показывает некоторое превышение значений коэффициентов приведения транспортных средств к расчетной нагрузке по белорусским и казахским нормативам. Различие связано с осевыми нагрузками транспортных средств, взятыми за основу расчета коэффициентов.

4. Для определения коэффициентов приведения транспортных средств к расчетной нагрузке для конкретного участка автомобильной дороги необходимо иметь данные о процентном распределении транспортных средств движущихся со снаряженной массой, с грузом и с превышением допустимых нагрузок. При отсутствии таких данных допускается принимать значения распределения в соотношении 30%/60%/10% соответственно для транспортных средств движущихся со снаряженной массой, с грузом и с превышением допустимых нагрузок.

5. Суммарное расчетное число приложений расчетной нагрузки целесообразно рассматривать не только в качестве расчетного параметра для вычисления требуемого модуля упругости и проведения дальнейших расчетов по трем критериям ОДН 218.046-01, но и как определяющий фактор исходя из которого следует формули-

ровать требования к общей толщине дорожной конструкции и отдельных ее элементов и назначать конкретные материалы, применяемые при устройстве ее слоев.

6. На основе численного эксперимента обоснованы основные диапазоны изменения суммарного числа приложений расчетной нагрузки 115 кН для назначения класса транспортной нагрузки, составляющие: менее 3 млн, от 3 до 7 млн, более 7 млн приложений расчетной нагрузки за весь срок эксплуатации.

7. На основе натуральных наблюдений установлены диапазоны изменения скоростного режима движения на эксплуатируемых автомобильных дорогах для назначения класса транспортной нагрузки, составляющие: менее 20 км/ч, от 20 до 70 км/ч, свыше 70 км/ч.

8. В зависимости от установленных диапазонов изменения суммарного числа приложений расчетной нагрузки, и средней скорости транспортного потока установлены классы транспортной нагрузки: средний, высокий и сверхвысокий.

9. Толщину пакета асфальтобетонных слоев предложено назначать в зависимости от суммарного числа приложений расчетной нагрузки 115 кН.

Рекомендуемая толщина пакета асфальтобетонных слоев составляет 20 – 23 см при суммарном числе приложений расчетной нагрузки 115 кН за весь срок службы 3-7 млн, 23-26 см при суммарном числе приложений расчетной нагрузки 115 кН за весь срок службы 7-15 млн, и 26-34 см при суммарном числе приложений расчетной нагрузки 115 кН за весь срок службы более 15 млн.

10. На основе предельно допустимого значения колеи, принимаемого в соответствии с документом «Рекомендации по выявлению и устранению колеи на жестких дорожных одеждах (утверждено распоряжением Росавтодора № ОС-556-р от 24.06.2002)» и проведенного расчет и прогнозирования абразивного износа предлагается величину запаса толщины верхнего слоя покрытия на величину износа принимать равной 2 см.

4. КОНСТРУИРОВАНИЕ НЕЖЕСТКИХ ДОРОЖНЫХ ОДЕЖД НА АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГАХ I – II КАТЕГОРИИ

4.1 Конструирование пакета асфальтобетонных слоев

Традиционные подходы к конструированию нежесткой дорожной одежды, принятые в России, предусматривают расположение слоев с убыванием их модулей упругости по глубине. При этом в нижний слой покрытия и верхний слой основания традиционно укладывают пористый, либо высокопористый асфальтобетон, обладающие низкими прочностными показателями.

Однако, следует отметить, что увеличенные нагрузки на ось транспортных средств и повышение интенсивности движения на современных магистралях предъявляют высокие требования и к нижним слоям покрытия и верхним слоям основания. 30 – 40 лет назад ведущие исследователи в области асфальтобетона проф. Рыбьев И.А., проф. Гезенцевей Л.Б., проф. Горелышев Н.В. отмечали, что с увеличением воздействия транспортного потока возникнет необходимость перехода на использование более плотных асфальтобетонов и в нижних слоях. В первую очередь это связано с тем что при интенсивном воздействии транспортной нагрузки на нижней границе пакета асфальтобетонных слоев локализуются максимальные растягивающие напряжения, в то время как малопрочные слои из пористого асфальтобетона им фактически не сопротивляются, что приводит к интенсивному накоплению усталостных разрушений в асфальтобетонных слоях дорожной одежды.

Функциональное назначение нижнего слоя покрытия заключается в обеспечении несущей способности и устойчивости дорожной одежды к колеобразованию. Основное назначение верхнего слоя покрытия дорожной одежды заключается в обеспечении сцепных качеств покрытия, устойчивости к истиранию, колеобразованию и температурному трещинообразованию.

В рамках данной работы назначение материалов слоев асфальтобетона и выбор вяжущих предлагается осуществлять, в зависимости от класса транспортной нагрузки, зависящего в свою очередь от суммарного числа приложений расчетной нагрузки и средней скорости

движения транспортного потока (таблица 14).

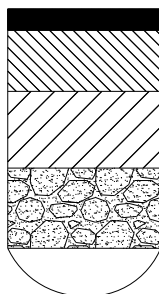
Асфальтобетонные
слои

Функциональное
назначение

Верхний слой покрытия

Нижний слой покрытия

Верхний слой основания



Обеспечивает сцепные качества покрытия, устойчивость к истиранию и температурному трещинообразованию

Обеспечивает несущую способность и устойчивость к колееобразованию

Обеспечивает несущую способность и устойчивость к усталостному трещинообразованию

Рисунок 5 – Функциональное конструирование пакета асфальтобетонных слоев

4.1.1 Верхние слои покрытия

Верхние слои покрытия на автомобильных дорогах I-II категории должны быть устойчивы к колееобразованию, истиранию и температурному трещинообразованию.

В настоящее время асфальтобетонные смеси, применяемые для верхнего слоя покрытия, должны соответствовать требованиям ГОСТ 9128-2009 или ГОСТ 31015-2002 с учетом требований СНиП 2.05.02-85*.

Начиная с середины 2000-х годов в качестве верхнего слоя покрытия преимущественно используются щебеночно-мастичные асфальтобетонные смеси. Учитывая зарубежный опыт, интенсивность движения и те нагрузки, которые передаются от транспорта на дорожное покрытие, асфальтобетонные смеси необходимо приготавливать на полимерно-битумном вяжущем.

На автомобильных дорогах I категории рекомендуется применять для верхнего слоя покрытия ЩМА-15 и ЩМА-20:

- со средним классом транспортной нагрузки на ПБВ 90 во II-III д.к.з. и на ПБВ 60 в IV-V д.к.з;

- с высоким классом транспортной нагрузки во II-III д.к.з. ПБВ 60 или ПБВ 90, а в IV-V д.к.з ПБВ 40 или ПБВ 60;

- со сверхвысоким классом транспортной нагрузки во II-III д.к.з. ПБВ 60, а в IV-V д.к.з ПБВ 40;

Кроме щебеночно-мастичных асфальтобетонных смесей на

автомобильной дороге I категории разрешается применение горячих мелкозернистых плотных асфальтобетонных смесей типа А или горячих высокоплотных смесей. Их применение разрешается при соответствующем технико-экономическом обосновании.

На автомобильных дорогах II категории верхний слой покрытия рекомендуется устраивать преимущественно из щебеночно-мастичных асфальтобетонных смесей на вязком дорожном битуме марки БНД 90/130 во II-III д.к.з. и БНД 60/90 в IV-V д.к.з., если при этом класс транспортной нагрузки является средним. При высоком и сверхвысоком классе транспортной нагрузки приготовление щебеночно-мастичных асфальтобетонных смесей необходимо выполнять лишь на ПБВ. Марка ПБВ назначается в зависимости от условий эксплуатации дороги и должна быть:

- для сверхвысокого класса транспортной нагрузки ПБВ 60 для II-III д.к.з. и ПБВ 40 для IV-V д.к.з.;

- для высокого класса транспортной нагрузки ПБВ 60 или ПБВ 90 для II-III д.к.з. и ПБВ 60 для IV-V д.к.з.

Тип асфальтобетона и вид вяжущего назначается с учетом категории автомобильной дороги, суммарного числа приложений расчетной нагрузки и дорожно-климатической зоны (таблица 18-21).

Таблица 18 – Рекомендуемые типы материалов и органических вяжущих для верхнего слоя покрытия для II-III ДКЗ, I категории

Класс транспортной нагрузки	Верхний слой покрытия			
	А/б плотный м/з типа А	А/б высокоплотный	ЩМА-15	ЩМА-20
С	ПБВ 60 ПБВ 90	ПБВ 60 ПБВ 90	ПБВ 60 ПБВ 90	ПБВ 60 ПБВ 90
В	ПБВ 60 ПБВ 90	ПБВ 60 ПБВ 90	ПБВ 60 ПБВ 90	ПБВ 60 ПБВ 90
СВ	ПБВ 60 ПБВ 90	ПБВ 60 ПБВ 90	ПБВ 60 ПБВ 90	ПБВ 60 ПБВ 90

Примечание: Жирным выделены органические вяжущие, рекомендуемые в первую очередь.

Таблица 19 – Рекомендуемые типы материалов и органических вяжущих для верхнего слоя покрытия для II-III ДКЗ, II категории

Класс транспортной нагрузки	Верхний слой покрытия			
	А/б плотный м/з типа А	А/б высокоплотный	ЩМА-15	ЩМА-20
С	БНД 60/90 БНД 90/130 ПБВ 90	БНД 60/90 БНД 90/130 ПБВ 90	БНД 60/90 БНД 90/130 ПБВ 90	БНД 60/90 БНД 90/130 ПБВ 90
В	БНД 60/90 ПБВ 60 ПБВ 90	БНД 60/90 ПБВ 60 ПБВ 90	БНД 60/90 ПБВ 60 ПБВ 90	БНД 60/90 ПБВ 60 ПБВ 90
СВ	ПБВ 60 ПБВ 90	ПБВ 60 ПБВ 90	ПБВ 60 ПБВ 90	ПБВ 60 ПБВ 90

Примечание: Жирным выделены органические вяжущие, рекомендуемые в первую очередь.

Таблица 20 – Рекомендуемые типы материалов и органических вяжущих для верхнего слоя покрытия для IV-V ДКЗ, I категории

Класс транспортной нагрузки	Верхний слой покрытия			
	А/б плотный м/з типа А	А/б высокоплотный	ЩМА-15	ЩМА-20
С	ПБВ 40 ПБВ 60	ПБВ 40 ПБВ 60	ПБВ 40 ПБВ 60	ПБВ 40 ПБВ 60
В	ПБВ 40 ПБВ 60	ПБВ 40 ПБВ 60	ПБВ 40 ПБВ 60	ПБВ 40 ПБВ 60
СВ	ПБВ 40 ПБВ 60	ПБВ 40 ПБВ 60	ПБВ 40 ПБВ 60	ПБВ 40 ПБВ 60

Примечание: Жирным выделены органические вяжущие, рекомендуемые в первую очередь.

Таблица 21 – Рекомендуемые типы материалов и органических вяжущих для верхнего слоя покрытия IV-V ДКЗ, II категории

Класс транспортной нагрузки	Верхний слой покрытия			
	А/б плотный м/з типа А	А/б высокоплотный	ЩМА-15	ЩМА-20
С	БНД 60/90 ПБВ 60	БНД 60/90 ПБВ 60	БНД 60/90 ПБВ 60	БНД 60/90 ПБВ 60
В	ПБВ 40 ПБВ 60	ПБВ 40 ПБВ 60	ПБВ 40 ПБВ 60	ПБВ 40 ПБВ 60
СВ	ПБВ 40 ПБВ 60	ПБВ 40 ПБВ 60	ПБВ 40 ПБВ 60	ПБВ 40 ПБВ 60

Примечание: Жирным выделены органические вяжущие, рекомендуемые в первую очередь.

Рекомендации для верхнего слоя покрытия дорог I-II категорий по наиболее эффективным материалам для верхнего слоя основания представлены в таблицах 22-25.

Таблица 22 – Рекомендации по выбору материала для верхнего слоя покрытия для II-III ДКЗ, I категории

Класс транспортной нагрузки	Рекомендуемый тип материала для верхнего слоя покрытия дорог I т.к.			
	Асфальтобетон плотный м/з тип А	Асфальтобетон высокоплотный	ЩМА-15	ЩМА-20
С	4	3	1	2
В	4	3	2	1
СВ	4	3	2	1

Примечание: 1 – рекомендуется применять в первую очередь; 2 – рекомендуется применять во вторую очередь.

Таблица 23 – Рекомендации по выбору материала для верхнего слоя покрытия для II-III ДКЗ, II категории

Класс транспортной нагрузки	Рекомендуемый тип материала для верхнего слоя покрытия дорог II т.к.			
	Асфальтобетон плотный м/з тип А	Асфальтобетон высокоплотный	ЩМА-15	ЩМА-20
С	3	4	1	2
В	3	4	2	1
СВ	3	4	2	1

Примечание: 1 – рекомендуется применять в первую очередь; 2 – рекомендуется применять во вторую очередь; 3 – рекомендуется применять в третью очередь.

Таблица 24 – Рекомендации по выбору материала для верхнего слоя покрытия для IV-V ДКЗ, I категории

Класс транспортной нагрузки	Рекомендуемый тип материала для верхнего слоя покрытия дорог I т.к.			
	Асфальтобетон плотный м/з тип А	Асфальтобетон высокоплотный	ЩМА-15	ЩМА-20
С	2	3	1	2
В	2	3	2	1
СВ	2	3	2	1

Примечание: 1 – рекомендуется применять в первую очередь; 2 – рекомендуется применять во вторую очередь.

Таблица 25 – Рекомендации по выбору материала для верхнего слоя покрытия для IV-V ДКЗ, II категории

Класс транспортной нагрузки	Рекомендуемый тип материала для верхнего слоя покрытия дорог II т.к.			
	Асфальтобетон плотный м/з тип А	Асфальтобетон высокоплотный	ЩМА-15	ЩМА-20
С	2	3	1	2
В	2	3	2	1
СВ	2	3	2	1

Примечание: 1 – рекомендуется применять в первую оче-

редь; 2 – рекомендуется применять во вторую очередь; 3 – рекомендуется применять в третью очередь.

Минимальные толщины верхнего слоя покрытия в уплотненном состоянии следует принимать следующие:

- асфальтобетон мелкозернистый – 5 см;
- щебеночно-мастичный асфальтобетон – 4 см.

4.1.2. Нижние слои покрытия

Основное назначение нижних слоев покрытия – прежде всего обеспечение несущей способности и устойчивости к колееобразованию.

Учитывая тот факт, что нижние слои покрытия в летнее время года могут прогреваться до высокой температуры (до 50-60 °С) их устройство следует выполнять только из асфальтобетона содержащего полимерные добавки и полимерно-битумное вяжущее.

Исключение лишь составляют нижние слои покрытия для среднего класса транспортной нагрузки, которые рекомендуется устраивать из горячего крупнозернистого плотного асфальтобетона типа А (реже тип Б) с органическим вяжущим марки БНД 60/90 для дорог I-II категории II-III д.к.з. и с органическим вяжущим марки БНД 40/60 для IV-V д.к.з.

При устройстве нижних слоев покрытия на автомобильных дорогах с высоким и сверхвысоким классом транспортной нагрузки предпочтение следует отдавать горячему крупнозернистому полимерному дисперсноармированному асфальтобетону типа А или Б, или же горячему крупнозернистому плотному асфальтобетону типа А на ПБВ. При применении асфальтобетона, содержащего ПБВ для нижнего слоя покрытия с высоким классом транспортной нагрузки следует применять марку ПБВ 60, а для сверхвысокого – ПБВ 40.

Наличие полимерно-битумного вяжущего или полимерной добавки в составе асфальтобетона повысят его устойчивость к воздействию транспортной нагрузки, передаваемой через верхний слой покрытия от движущегося транспорта, так и увеличат его устойчивость к усталостному трещинообразованию.

Тип асфальтобетона и вид вяжущего назначается с учетом дорожно-климатической зоны районирования, категории автомобильной дороги и суммарного числа приложений расчетной нагрузки по таблицам 26 – 29.

Таблица 26 – Рекомендуемые типы материалов и органических вяжущих для нижнего слоя покрытия для II-III ДКЗ, I категории

Класс транспортной нагрузки	Нижний слой покрытия			
	А/б плотный к/з (м/з) типа А	А/б плотный к/з (м/з) типа Б	А/б к/з (м/з) полимерно-дисперсно-армированный	
			Тип А	Тип Б
С	БНД 60/90	БНД 60/90	БНД 60/90 БНД 90/130	БНД 60/90 БНД 90/130
В	БНД 60/90 с полимерным модификатором ПБВ 40 ПБВ 60	БНД 60/90 с полимерным модификатором ПБВ 40 ПБВ 60	БНД 60/90 БНД 90/130	БНД 60/90 БНД 90/130
СВ	БНД 60/90 с полимерным модификатором ПБВ 40 ПБВ 60	БНД 60/90 с полимерным модификатором ПБВ 40 ПБВ 60	БНД 60/90	БНД 60/90

Примечание: Жирным выделены органические вяжущие, рекомендуемые в первую очередь.

Таблица 27 – Рекомендуемые типы материалов и органических вяжущих для нижнего слоя покрытия для II-III ДКЗ, II категории

Класс транспортной нагрузки	Нижний слой покрытия				
	А/б плотный к/з (м/з) типа А	А/б плотный к/з (м/з) типа Б	А/б пористый к/з	А/б к/з (м/з) полимерно-дисперсно-армированный	
				Тип А	Тип Б
С	БНД 60/90	БНД 60/90	БНД 60/90	-	-
В	БНД 60/90 БНД 60/90 с полимерным модификатором ПБВ 60	БНД 60/90 БНД 60/90 с полимерным модификатором ПБВ 60	БНД 60/90 с полимерным модификатором ПБВ 60	БНД 60/90 БНД 90/130	БНД 60/90 БНД 90/130
СВ	БНД 60/90 с полимерным модификатором ПБВ 40 ПБВ 60	БНД 60/90 с полимерным модификатором ПБВ 40 ПБВ 60	-	БНД 60/90	БНД 60/90

Примечание: Жирным выделены органические вяжущие, рекомендуемые в первую очередь.

Таблица 28 – Рекомендуемые типы материалов и органических вяжущих для нижнего слоя покрытия для IV-V ДКЗ, I категории

Класс транспортной нагрузки	Нижний слой покрытия			
	А/б плотный к/з (м/з) типа А	А/б плотный к/з (м/з) типа Б	А/б к/з (м/з) полимерно-дисперсно-армированный	
			Тип А	Тип Б
С	БНД 40/60 БНД 60/90 с полимерным модификатором	БНД 40/60 БНД 60/90 с полимерным модификатором	БНД 60/90	БНД 60/90
В	БНД 40/60 БНД 60/90 с полимерным модификатором ПБВ 60	БНД 40/60 БНД 60/90 с полимерным модификатором ПБВ 60	БНД 60/90	БНД 60/90
СВ	БНД 60/90 с полимерным модификатором ПБВ 40 ПБВ 60	БНД 60/90 с полимерным модификатором ПБВ 40 ПБВ 60	БНД 60/90	БНД 60/90

Примечание: Жирным выделены органические вяжущие, рекомендуемые в первую очередь.

Таблица 29 –Рекомендуемые типы материалов и органических вяжущих для нижнего слоя покрытия для IV-V ДКЗ, II категории

Класс транспортной нагрузки	Нижний слой покрытия				
	А/б плотный к/з (м/з) типа А	А/б плотный к/з (м/з) типа Б	А/б пористый к/з	А/б к/з (м/з) полимерно-дисперсно-армированный	
				Тип А	Тип Б
С	БНД 40/60 БНД 60/90	БНД 40/60 БНД 60/90	БНД 40/60 БНД 60/90 с полимерным модификатором	-	-
В	БНД 40/60 БНД 60/90 с полимерным модификатором ПБВ 60	БНД 40/60 БНД 60/90 с полимерным модификатором ПБВ 60	БНД 60/90 с полимерным модификатором ПБВ 60	БНД 60/90	БНД 60/90
СВ	БНД 60/90 с полимерным модификатором ПБВ 40 ПБВ 60	БНД 60/90 с полимерным модификатором ПБВ 40 ПБВ 60	-	БНД 60/90	БНД 60/90

Примечание: Жирным выделены органические вяжущие, рекомендуемые в первую очередь.

Рекомендации для нижнего слоя покрытия дорог I-II категорий по наиболее эффективным материалам представлены в таблицах 30 – 33.

Таблица 30 – Рекомендации по выбору материала для нижнего слоя покрытия для II-III ДКЗ, I категории

Класс транспортной нагрузки	Рекомендуемый тип материала для нижнего слоя покрытия дорог I т.к.			
	Асфальтобетон плотный к/з (м/з) типа А	Асфальтобетон плотный к/з (м/з) типа Б	Асфальтобетон к/з (м/з) полимерно-дисперсно-армированный	
			Тип А	Тип Б
С	1	3	2	2
В	2	3	1	1
СВ	2	3	1	1

Примечание: 1 – рекомендуется применять в первую очередь; 2 – рекомендуется применять во вторую очередь; 3 – рекомендуется применять в третью очередь.

Таблица 31 – Рекомендации по выбору материала для нижнего слоя покрытия для II-III ДКЗ, II категории

Класс транспортной нагрузки	Рекомендуемый тип материала для нижнего слоя покрытия дорог II т.к.				
	Асфальтобетон плотный к/з (м/з) типа А	Асфальтобетон плотный к/з (м/з) типа Б	Асфальтобетон к/з (м/з) полимерно-дисперсно-армированный		Асфальтобетон пористый к/з полимерно-дисперсно-армированный
			Тип А	Тип Б	
С	1	2	-	-	3
В	2	3	1	1	4
СВ	2	3	1	1	-

Примечание: 1 – рекомендуется применять в первую очередь; 2 – рекомендуется применять во вторую очередь; 3 – рекомендуется применять в третью очередь.

Таблица 32 – Рекомендации по выбору материала для нижнего слоя покрытия для IV-V ДКЗ, I категории

Класс транспортной нагрузки	Рекомендуемый тип материала для нижнего слоя покрытия дорог I т.к.			
	Асфальтобетон плотный к/з (м/з) типа А	Асфальтобетон плотный к/з (м/з) типа Б	Асфальтобетон к/з (м/з) полимерно-дисперсно-армированный	
			Тип А	Тип Б
С	1	3	2	2
В	2	3	1	1
СВ	2	3	1	1

Примечание: 1 – рекомендуется применять в первую очередь; 2 – рекомендуется применять во вторую очередь; 3 – рекомендуется применять в третью очередь.

Таблица 33 – Рекомендации по выбору материала для нижнего слоя покрытия для IV-V ДКЗ, II категории

Класс транспортной нагрузки	Рекомендуемый тип материала для нижнего слоя покрытия дорог II т.к.				
	Асфальтобетон плотный к/з (м/з) типа А	Асфальтобетон плотный к/з (м/з) типа Б	Асфальтобетон к/з (м/з) полимерно-дисперсно-армированный		Асфальтобетон пористый к/з полимерно-дисперсно-армированный
			Тип А	Тип Б	
С	1	2	-	-	3
В	2	3	1	1	4
СВ	2	3	1	1	-

Примечание: 1 – рекомендуется применять в первую очередь; 2 – рекомендуется применять во вторую очередь; 3 – рекомендуется применять в третью очередь.

4.1.3 Верхние слои основания

На автомобильных дорогах I-II категории асфальтобетонные смеси применяются в пакете дорожной одежды, начиная с верхнего слоя основания.

Вид и марка органического вяжущего при приготовлении смесей во многом зависят от конструктивного слоя, класса транспортной нагрузки и дорожно-климатической зоны.

Для автомобильных дорог I и II категории в качестве верхнего слоя основания рекомендуется применять преимущественно горячие крупнозернистые пористые (высокопористые) асфальтобетонные смеси на вязком дорожном битуме марки БНД 60/90 при эксплуатации в средних и высоких условиях по классу транспортной нагрузки.

При сверхвысоких условиях по классу транспортной нагрузки следует применять асфальтобетонные смеси устойчивые к пластическим деформациям и способные выдерживать напряжения, возникающие в слое. Такими могут быть:

- горячие крупнозернистые плотные асфальтобетонные смеси типа Б на ПБВ 60 или горячие крупнозернистые пористые асфальтобетонные смеси, приготовленные на БНД 60/90 с полимерной добавкой по ГОСТ 9128-2009;
- горячий крупнозернистый полимерный дисперсноармированный асфальтобетон.

Учитывая тот факт, что в IV-V д.к.з. конструкция дорожной одежды больше прогревается по глубине, то в целях повышения деформативных свойств верхнего слоя основания его следует устраивать:

- для дорог I категории из горячего крупнозернистого полимерного дисперсноармированного асфальтобетона;
- для дорог II категории из горячего крупнозернистого плотного асфальтобетона типа Б с полимерной добавкой.

Таблица 34 – Рекомендуемые типы материалов и органических вяжущих для верхнего слоя основания для II-III ДКЗ, I категории

Класс транспортной нагрузки	Верхний слой основания		
	А/б пористый к/з	А/б плотный к/з типа Б	А/б к/з типа Б полимерно-дисперсно-армированный
С	БНД 60/90	БНД 60/90	-
В	БНД 60/90 ПБВ 90 БНД 60/90 с полимерным модификатором	БНД 60/90 ПБВ 90 БНД 60/90 с полимерным модификатором	БНД 60/90 БНД 90/130
СВ	БНД 60/90 ПБВ 60 БНД 60/90 с полимерным модификатором	БНД 60/90 ПБВ 60 БНД 60/90 с полимерным модификатором	БНД 60/90 БНД 90/130

Примечание: Жирным выделены органические вяжущие, рекомендуемые в первую очередь.

Таблица 35 – Рекомендуемые типы материалов и органических вяжущих для верхнего слоя основания для II-III ДКЗ, II категории

Класс транспортной нагрузки	Верхний слой основания		
	А/б высокопористый	А/б пористый к/з	А/б плотный к/з типа Б
С	БНД 60/90	БНД 60/90	БНД 60/90
В	БНД 60/90 БНД 60/90 с полимерным модификатором ПДА-асфальтобетоны	БНД 60/90 БНД 60/90 с полимерным модификатором ПДА-асфальтобетоны	БНД 60/90 БНД 60/90 с полимерным модификатором ПДА-асфальтобетоны

СВ	БНД 60/90 БНД 60/90 с полимерным модификатором БНД ПДА-асфальтобетоны	БНД 60/90 БНД 60/90 с полимерным модификатором БНД ПДА-асфальтобетоны	БНД 60/90 БНД 60/90 с полимерным модификатором ПДА-асфальтобетоны
----	--	--	--

Примечание: Жирным выделены органические вяжущие, рекомендуемые в первую очередь.

Таблица 36 – Рекомендуемые типы материалов и органических вяжущих для верхнего слоя основания для IV-V ДКЗ, I категории

Класс транспортной нагрузки	Верхний слой основания		
	А/б пористый к/з	А/б плотный к/з типа Б	А/б к/з типа Б полимерно-дисперсно-армированный
С	БНД 60/90	БНД 60/90	-
В	БНД 60/90 ПБВ 60 БНД 60/90 с полимерным модификатором	БНД 60/90 ПБВ 60 БНД 60/90 с полимерным модификатором	БНД 60/90
СВ	БНД 60/90 ПБВ 60 БНД 60/90 с полимерным модификатором	БНД 60/90 ПБВ 60 БНД 60/90 с полимерным модификатором	БНД 60/90

Примечание: Жирным выделены органические вяжущие, рекомендуемые в первую очередь.

Таблица 37 – Рекомендуемые типы материалов и органических вяжущих для верхнего слоя основания для IV-V ДКЗ, II категории

Класс транспортной нагрузки	Верхний слой основания		
	А/б высокопористый	А/б пористый к/з	А/б плотный к/з типа Б
С	БНД 60/90	БНД 60/90	БНД 60/90
В	БНД 60/90 БНД 60/90 с полимерным модификатором	БНД 60/90 БНД 60/90 с полимерным модификатором	БНД 60/90 БНД 60/90 с полимерным модификатором
СВ	БНД 60/90 БНД 60/90 с полимерным модификатором ПДА-асфальтобетоны	БНД 60/90 БНД 60/90 с полимерным модификатором ПДА-асфальтобетоны	БНД 60/90 БНД 60/90 с полимерным модификатором ПДА-асфальтобетоны

Примечание: Жирным выделены органические вяжущие, рекомендуемые в первую очередь.

Рекомендации для дорог I-II категорий по наиболее эффективным материалам для верхнего слоя основания представлены в таблицах 38 – 41.

Таблица 38 – Рекомендации по выбору материала для верхнего слоя основания для II-III ДКЗ, I категории

Класс транспортной нагрузки	Рекомендуемый тип материала для верхнего слоя основания дорог I т.к.		
	Асфальтобетон пористый к/з	Асфальтобетон плотный к/з типа Б	Асфальтобетон к/з полимерно-дисперсно-армированный
			Тип Б
С	3	1	2
В	3	1	2
СВ	3	2	1

Примечание: 1 – рекомендуется применять в первую очередь; 2 – рекомендуется применять во вторую очередь.

Таблица 39 – Рекомендации по выбору материала для верхнего слоя основания для II-III ДКЗ, II категории

Класс транспортной нагрузки	Рекомендуемый тип материала для верхнего слоя основания дорог II т.к.		
	Асфальтобетон высокопористый	Асфальтобетон пористый к/з	Асфальтобетон плотный к/з типа Б
С	3	1	2
В	3	1	2
СВ	-	2	1

Примечание: 1 – рекомендуется применять в первую очередь; 2 – рекомендуется применять во вторую очередь; 3 – рекомендуется применять в третью очередь.

Таблица 40 – Рекомендации по выбору материала для верхнего слоя основания для IV-V ДКЗ, I категории

Класс транспортной нагрузки	Рекомендуемый тип материала для верхнего слоя основания дорог I т.к.		
	Асфальтобетон пористый к/з	Асфальтобетон плотный к/з типа Б	Асфальтобетон к/з полимерно-дисперсно-армированный Тип Б
С	3	1	2
В	3	2	1
СВ	3	2	1

Примечание: 1- рекомендуется применять в первую очередь; 2 – рекомендуется применять во вторую очередь; 3 – рекомендуется применять в третью очередь.

Таблица 41 – Рекомендации по выбору материала для верхнего слоя основания для IV-V ДКЗ, II категории

Класс транспортной нагрузки	Рекомендуемый тип материала для верхнего слоя основания дорог II т.к.		
	Асфальтобетон высокопористый	Асфальтобетон пористый к/з	Асфальтобетон плотный к/з типа Б
С	3	1	2
В	3	1	2
СВ	-	2	1

Примечание: 1 – рекомендуется применять в первую очередь; 2 – рекомендуется применять во вторую очередь; 3 – рекомендуется применять в третью очередь.

4.2 Конструирование слоев основания нежесткой дорожной конструкции

Для устройства нижней части несущего основания в зависимости от условий движения и климатических факторов могут применяться монолитные, а также слабосвязные материалы, отвечающие требованиям действующих нормативных документов.

На автомобильных дорогах I категории, в качестве нижнего слоя основания рекомендуется применять следующие материалы:

- щебеночные смеси с непрерывной гранулометрией марки СЗ-С7;
- щебеночно-гравийно-песчаные смеси, обработанные:
 - жидкими органическими вяжущими или вязкими, в т.ч. эмульгированными органическими вяжущими;
 - жидкими органическими вяжущими совместно с минеральными или эмульгированными органическими вяжущими совместно с минеральными;
 - цементом, соответствующие маркам 20, 40, 60, 75, 100;
- щебеночно-гравийно-песчаные оптимальные смеси из высокоактивных материалов (шлаки и др.) с максимальной крупностью зерен до 40 мм;
- щебеночно-гравийно-песчаные оптимальные смеси из активных материалов (шлаки и др.) с максимальной крупностью зерен до 40 мм;
- щебеночно-гравийно-песчаные неоптимальные смеси из высокоактивных материалов (шлаки и др.) с максимальной крупностью зерен до 40 мм;

– щебеночно-гравийно-песчаные неоптимальные смеси из активных материалов (шлаки и др.) с максимальной крупностью зерен до 70 мм.

На автомобильных дорогах II категории, в качестве нижнего слоя основания рекомендуется применять следующие материалы:

– щебень фракционированный 40-70 (70-120) мм легкоуплотняемый (трудно-уплотняемый) с заклинкой:

- фракционированным мелким щебнем;
- известняковой мелкой смесью или активным мелким шлаком;

шлаком;

- мелким высокоактивным шлаком;
- асфальтобетонной смесью;
- цементно-песчаной смесью М75;

– гравийные смеси с непрерывной гранулометрией марки С3-С7;

– щебеночные смеси с непрерывной гранулометрией марки С3-С7;

– щебеночно-гравийно-песчаные смеси, обработанные:

• жидкими органическими вяжущими или вязкими, в т.ч. эмульгированными органическими вяжущими;

• жидкими органическими вяжущими совместно с минеральными или эмульгированными органическими вяжущими совместно с минеральными;

- цементом, соответствующие маркам 20, 40, 60, 75, 100;

• зольным или шлаковым вяжущим, соответствующие маркам 20, 40, 60, 75, 100;

– щебеночно-гравийно-песчаные оптимальные смеси из высокоактивных материалов (шлаки и др.) с максимальной крупностью зерен до 40 мм;

– щебеночно-гравийно-песчаные оптимальные смеси из активных материалов (шлаки и др.) с максимальной крупностью зерен до 40 мм;

– щебеночно-гравийно-песчаные неоптимальные смеси из высокоактивных материалов (шлаки и др.) с максимальной крупностью зерен до 40 мм;

– щебеночно-гравийно-песчаные неоптимальные смеси из активных материалов (шлаки и др.) с максимальной крупностью зерен до 70 мм;

– золошлаковые смеси, укрепленные портландцементом М-40;

– гранулированный доменный шлак, укрепленный портландцементом М-40;

– черный щебень, уложенный по способу заклинки;

– слой из щебня, устроенного по способу пропитки вязким битумом и битумной эмульсией.

Минимальные толщины конструктивных слоев в уплотненном состоянии следует принимать не меньше чем 1,5 размера наиболее крупной фракции применяемого в слое минерального материала.

Дополнительные слои вместе с покрытием и основанием должны обеспечивать необходимые морозоустойчивость и дренирование конструкции.

Морозозащитные слои устраивают из стабильных зернистых материалов, таких как песок, песчано-гравийная смесь, гравий, щебень, шлаки и др., а также из грунтов, укрепленных вяжущими, или гидрофобизированных грунтов, или из других непучинистых материалов.

Дренирующие слои устраивают из песка, гравийных материалов, отсортированного шлака и других фильтрующих материалов.

Конструирование дополнительных слоев основания выполняют согласно ОДН 218.046-01 (п. 2.22 – 2.31) и СНиП 2.05.02-85* (п. 7.43 – 7.44).

4.3 Примеры рекомендуемых конструкций нежестких дорожных одежд

Конструкции дорожных одежд состоят из нескольких слоев: покрытие, основание, дополнительные слои основания. Для дорог I- II категорий покрытие состоит из двух слоев асфальтобетона: верхний слой из плотного (высокоплотного) мелкозернистого асфальтобетона или ЩМА, нижний слой из крупнозернистого пористого или плотного асфальтобетона. Основание состоит двух – трех слоев: верхний слой из крупнозернистого пористого или плотного асфальтобетона, нижние слои из укрепленных и слабосвязных каменных материалов.

Количество слоев и материалы назначаются с учетом категории дороги, дорожно-климатической зоны. Примеры рекомендуемых конструкций дорожной одежды представлены на рисунке 6.

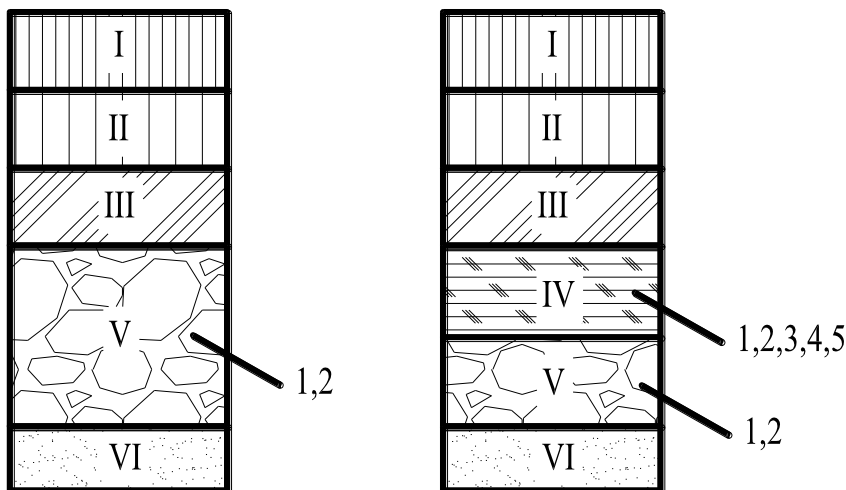


Рисунок 8 – Примеры рекомендуемых конструкций дорожных одежд для I-II т.к.

I – верхний слой покрытия: горячий плотный (высокоплотный) м/з асфальтобетон, ШМА; **II – нижний слой покрытия:** горячий пористый (плотный) к/з асфальтобетон; **III – верхний слой основания:** горячий пористый (плотный) к/з асфальтобетон; **IV – основание** (1 – щебень обработанный вязким битумом или битумной эмульсией; 2 – щебеночные эмульсионно-минеральные смеси; 3 – гравийно-песчаные смеси, обработанные битумной эмульсией в сочетании с цементом; 5 – щебеночные (гравийные) смеси, обработанные цементом; **V – основание** (1 – гравийные (щебеночные) смеси с непрерывной гранулометрией марки СЗ-С7; 2 – щебень фракционированный 40-70 (70-120) мм легкоуплотняемый (трудноуплотняемый) с заклинкой щебнем; **VI – дополнительный слой основания** (песок).

ВЫВОДЫ ПО ГЛАВЕ 4

1. Конструирование пакета асфальтобетонных слоев необходимо осуществлять с учетом функционального назначения каждого конкретного слоя дорожной одежды. Верхний слой покрытия призван обеспечить сцепные качества покрытия, устойчивость к истиранию, колееобразованию и температурному трещинообразованию. Функциональное назначение нижнего слоя покрытия заключается в обеспечении несущей способности и устойчивости дорожной одежды к колееобразованию. Функциональное назначение верхнего слоя основания заключается в обес-

печении устойчивости дорожной одежды к усталостному трещинообразованию

2. Назначение материалов слоев асфальтобетона и выбор вяжущих предлагается осуществлять, в зависимости от класса транспортной нагрузки, зависящего в свою очередь от суммарного числа приложений расчетной нагрузки и средней скорости движения транспортного потока (таблица 14).

3. Приведены рекомендации по выбору материала для слоя основания на автомобильных дорогах I и II категории.

5. АКТУАЛИЗАЦИЯ ДЕЙСТВУЮЩЕГО ПОДХОДА К ПРОЕКТИРОВАНИЮ НЕЖЕСТКИХ ДОРОЖНЫХ ОДЕЖД

5.1. Обоснование значения коэффициента надежности от суммарного числа приложений расчетной нагрузки

Общеизвестно, что прогиб дорожной одежды при заданном воздействии связан с несущей способностью дорожной конструкции. В зарубежной практике [35] широко используется зависимость между прогибом дорожной конструкции и суммарным числом приложений расчетной нагрузки (рисунок 9). Данная зависимость основана на предположении, что в процессе эксплуатации по мере увеличения числа приложений расчетной нагрузки повреждения, возникающие в элементах дорожной конструкции, и ухудшение их состояния приведут к увеличению величины прогиба.

Зависимости изменения прогиба дорожной конструкции от числа приложений расчетной нагрузки были получены в различных странах на основе многолетних полевых наблюдений. В частности, в Великобритании по результатам многолетнего мониторинга было установлено – срок службы дорожной конструкции можно охарактеризовать 4 фазами изменения прогиба: фаза 1 – значения прогиба могут быть снижены за счет доуплотнения слоев дорожной одежды, а также уменьшения влажности несвязного основания и грунта земляного полотна.; фаза 2 – характеризуется практически горизонтальным участком, что свидетельствует о стабильной работе дорожной конструкции; фаза 3 – постепенное увеличение значения прогиба вследствие накопления микротрещин в элементах дорожной конструкции; 4 фаза – быстрое увеличение значения прогиба, когда вероятно образование сетки трещин.

Аналогичная зависимость получена и российскими исследователями [34]. Единственное отличие, что в российских методиках расчета жестких дорожных одежд используют не величину прогиба, а значение общего модуля упругости, прямо пропорционально связанное с величиной прогиба (формула 5.1):

$$E_y = (1 - \mu^2) \cdot P / (0,4 \cdot \pi \cdot l \cdot D) \quad (5.1)$$

где P – общая нагрузка на колесо;
 l – упругий прогиб конструкции между баллонами колеса;
 D – диаметр условного круглого, гибкого штампа, передающего нагрузку на покрытие, равный 0,33 м.

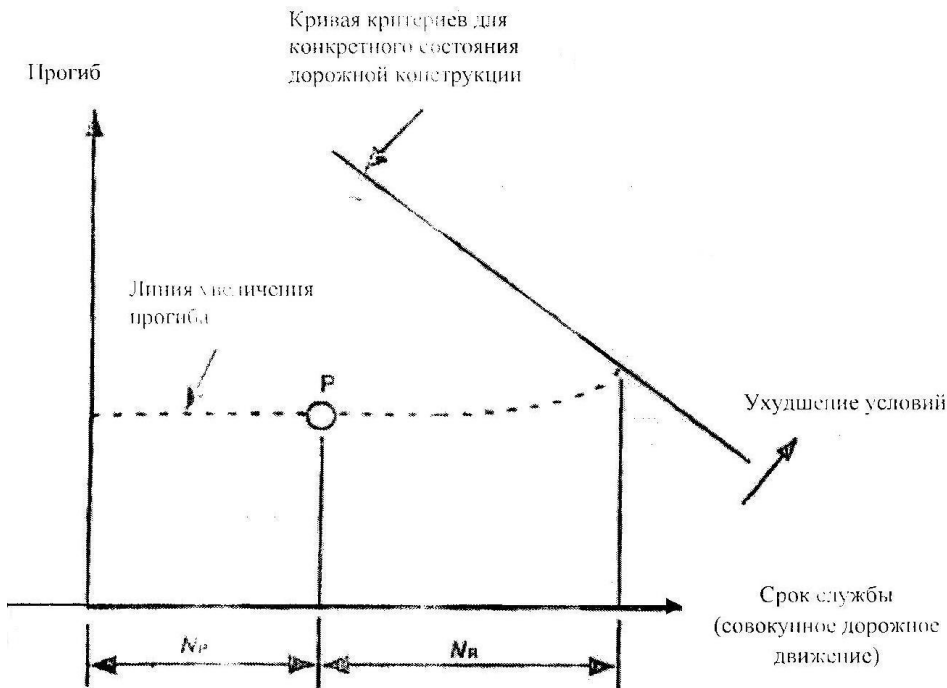


Рисунок 9 – Изменение прогиба дорожной одежды в процессе эксплуатации

Закономерность снижения общего модуля упругости в течение расчетного срока службы определяется зависимостью (формула 5.2):

$$E_t = A + B \cdot \left[\log \left(\gamma \cdot \omega^0 \cdot N_1 \frac{q^{t_{сл}} - q^t}{q - 1} \right) - 1 \right] \quad (5.2)$$

где A, B, γ – эмпирические параметры, характеризующие закономерность изменения требуемых модулей упругости от перспективной интенсивности движения;
 ω^0 – коэффициент, учитывающий влияние погодно-

климатических факторов на агрессивность воздействия расчетных автомобилей;

N_1 – интенсивность движения расчетных нагрузок на полосу в первый год эксплуатации, авт/сут;

$t_{сл}$ – расчетный (межремонтный) срок службы дорожной одежды.

На рисунке 10 представлена проектная кривая снижения общего модуля упругости (коэффициента прочности) дорожной одежды при расчетном уровне надежности 0,95.

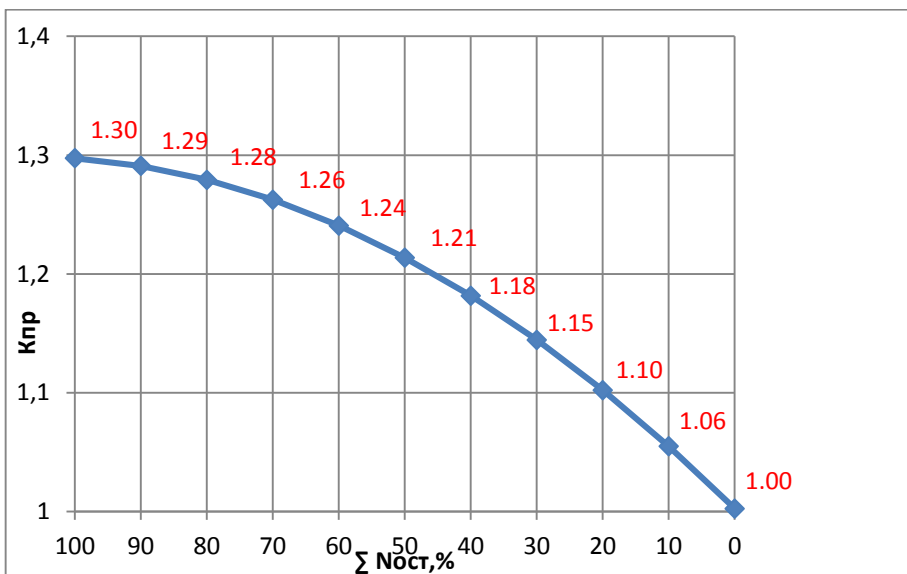


Рисунок 10 – Проектная кривая снижения коэффициента прочности дорожной конструкции

Таким образом, соотношения «прогиб – суммарное число приложений расчетной нагрузки» или «общий модуль упругости – суммарное число приложений расчетной нагрузки» позволяют прогнозировать срок службы дорожной конструкции. Наиболее важным в данном вопросе является назначение предельного значения прогиба или минимально допустимого общего модуля упругости дорожной конструкции.

Для назначения предельного значения прогиба, например, в Великобритании используются кривые критериев с различной вероятностью достижения проектного срока службы (рисунок 29).

В РФ расчет минимального общего модуля упругости дорожной одежды в зависимости от суммарного числа приложений расчетной нагрузки выполняется по формуле 5.3:

$$E_{тип} = 98,65 [\lg(\Sigma N_p) - c], \text{ (МПа)} \quad (5.3)$$

где ΣN_p – суммарное расчетное число приложений нагрузки за срок службы дорожной одежды;
 c – эмпирический параметр, принимаемый равным для расчетной нагрузки на ось 100 кН – 3,55; 110 кН – 3,25; 130 кН – 3,05.

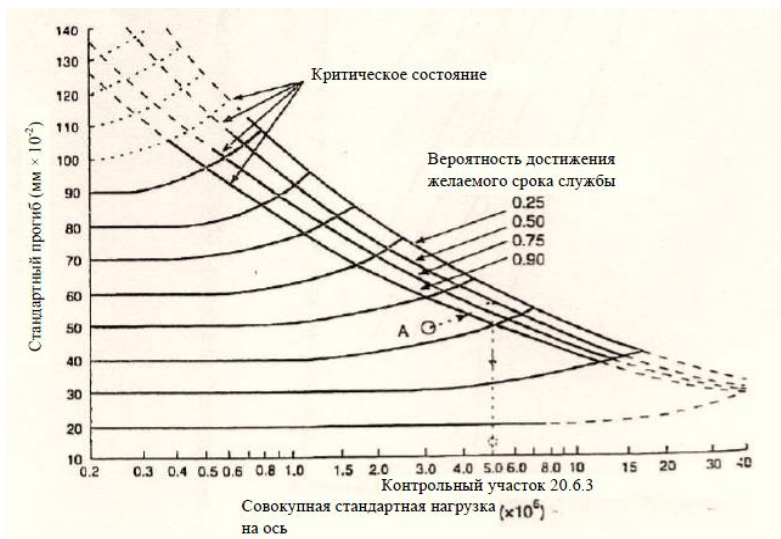


Рисунок 11 – Соотношение стандартного прогиба и срока службы дорожной одежды с битумными основаниями (Великобритания)

Сопоставление указанных зависимостей (график по ОДН построен с учетом перевода общего модуля упругости к значениям прогиба) показало (рисунок 12), что при увеличении суммарного числа приложения расчетной нагрузки свыше 1,7 – 1,8 млн. минимально допустимая величина прогиба дорожной конструкции значительно превышает значения, регламентируемые другими методиками. Причинами данного расхождения могут являться различия в расчетных температурах, влажности грунтового основания и т.д.

Однако, на наш взгляд, наиболее важным различием

является изменение наклона представленных зависимостей, свидетельствующее о скорости изменения минимально допустимого прогиба дорожной конструкции по мере увеличения суммарного числа приложения расчетной нагрузки. Для кривой, полученной на основе формулы, представленной в ОДН.218.046-01, характерна низкая скорость снижения минимально допустимого прогиба. Это приводит к незначительному изменению минимально допустимого прогиба при суммарном числе приложения расчетной нагрузки более 5 млн. И только завышенные значения коэффициента прочности по упругому прогибу (1,3 при уровне надежности 0,95, 1,5 при уровне надежности 0,98), регламентируемые ОДН 218.046-01 для автомобильных дорог 1 категории, позволяют обеспечить требуемую несущую способность дорожных конструкций.

На основе вышепредставленного анализа значение уровня надежности дорожной конструкции предлагается назначать в зависимости от суммарного числа приложений расчетной нагрузки (таблица 42).

Таблица 42 – Значения коэффициента надежности в зависимости от суммарного числа приложений расчетной нагрузки для автомобильных дорог I-II категорий

Суммарное число приложений расчетной нагрузки (115 кН) за весь срок службы, млн	Коэффициент надежности дорожной одежды
3-7	0,95
7-15	0,95
≥15	0,98

Учитывая возрастающую с каждым годом интенсивность движения, когда суммарное число приложений расчетной нагрузки (100 кН) за 18 лет по уточненной методике может достигать 15 млн., 25 млн., а за 30 лет эксплуатации даже 60 млн., зависимость для определения требуемого общего модуля упругости необходимо корректировать. Т.к. в настоящее время корректировка зависимости не произведена, значения коэффициента надежности дорожной одежды следует принимать в зависимости от суммарного числа приложений расчетной нагрузки (115 кН) за весь срок эксплуатации, что на текущий момент позволит нивелировать существующие неточности расчета.

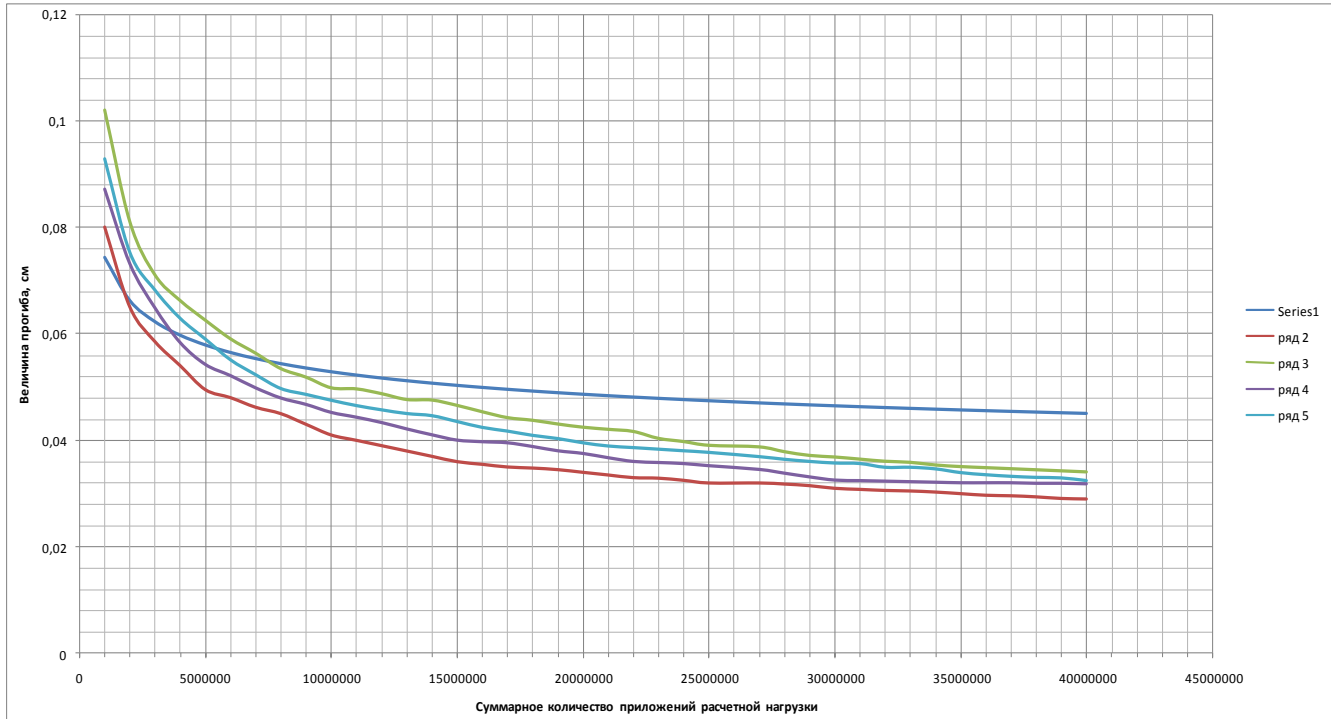


Рисунок 12 – Соотношение величины прогиба и суммарного количества приложений расчетной нагрузки

5.2 Дополнения к существующему методу расчета нежестких дорожных конструкций

Для обеспечения эксплуатационной надежности для I – II категорий автомобильные дороги нежесткие дорожные одежды следует проектировать с учетом накопления остаточных деформаций при многократном приложении транспортной нагрузки.

Расчет дорожной одежды традиционно выполняется по трем критериям в соответствии с ОДН 218.046-01:

- в целом по допускаемому упругому прогибу;
- по условию сдвигоустойчивости подстилающего грунта и малосвязных конструктивных слоев;
- на сопротивление монолитных слоев усталостному разрушению от растяжения при изгибе.

Дополнительно следует производить расчет и прогнозирование глубины колеи в соответствии с документом «Рекомендации по выявлению и устранению колеи на нежестких дорожных одеждах (утверждено распоряжением Росавтодора № ОС-556-р от 24.06.2002)»¹

Расчет и прогнозирование глубины колеи на нежесткой дорожной одежде включает в себя:

- Расчет и прогнозирование остаточных деформаций в грунте земляного полотна;
- Расчет и прогнозирование остаточных деформаций в слоях основания не содержащих органическое вяжущее;
- Расчет и прогнозирование остаточных деформаций в слоях асфальтобетона и других битумосодержащих слоях.

Расчет и прогнозирование глубины колеи на стадии проектирования дорожной одежды, позволит в первую очередь сделать вывод о элементах (слоях) дорожной одежды, в которых происходит максимальное накопление остаточных деформаций, и на основе этих результатов могут быть разработаны проектные решения по выбору конструкций дорожных одежд наилучшим образом сопротивляющихся колееобразованию.

При проведении расчета и прогнозирования глубины колеи рекомендуется производить уточнение параметров характеризующих величины исходных остаточных деформаций в слоях ас-

¹ Расчет в соответствии с данным документом следует производить до разработки методики по расчету и прогнозированию остаточных деформаций на поверхности нежестких дорожных конструкций

фальтобетона для современных материалов (в т.ч. щебеночно-мастичный асфальтобетон, асфальтобетон на ПБВ, и.т.д) путем проведения испытаний различных типов асфальтобетонов на сопротивление колееобразованию с применением современного лабораторного оборудования, в частности – методом прокатывания колеса (ОДМ 218.3.017 – 2011).

Для этой цели может быть применена отечественная установка УК-1, разработанная компанией «Спецдортехника» (рисунок 13).



Рисунок 13 – Установка УК-1

На установке имитируется процесс деформации дорожных покрытий под действием многократных колесных нагрузок транспортных средств. Испытания проводятся в автоматическом режиме с индикацией и запоминанием, как промежуточных параметров (количество циклов воздействия, глубина колеи, температура испытаний), так и их окончательных результатов.

Установка имеет климатическую камеру с системой автоматического задания и поддержания требуемой температуры в течение всего времени испытаний.

По результатам проведенных на установке испытаний можно определять величину накопления остаточных деформаций в образцах асфальтобетона. Технические характеристики установки находятся в полном соответствии с требованиями ОДМ 218.3.017-2011 «Методические рекомендации по определению колееобразования асфальтобетонных покрытий прокатыванием нагруженного

колеса», относящихся к малоразмерным устройствам (модели А и Б).

5.3. Новый метод прогнозирования разрушений дорожных одежд на автомобильных дорогах I и II технических категорий в условиях интенсивного воздействия грузового транспортного потока

Выводы, полученные в 70-е годы относительно работы различных типов дорожных одежд, во многом верны и в настоящее время. Однако, следует обратить внимание, что конструкция капитальных дорожных одежд за последние годы существенно изменилась. Рост интенсивности движения, появление в составе транспортного потока большого количества большегрузных транспортных средств потребовало значительного увеличения толщин конструктивных слоев, и в первую очередь, покрытия. И если в 70-е годы наиболее распространенной конструкцией являлась дорожная одежда с асфальтобетонным покрытием толщиной 10 см, уложенном на гравийно-щебеночное основание толщиной 35 см, то современные дорожные конструкции включают асфальтобетонные слои, общая толщина которых достигает 20-30 см, укрепленное основание и щебеночный слой. Значительное увеличение толщины конструктивных слоев позволило существенно повысить несущую способность (прочность) дорожных одежд и снизить величину напряжений, возникающих в элементах дорожной конструкции при проезде одного транспортного средства. Одновременно с этим резко возросшая интенсивность движения (на автомагистрали МКАД интенсивность на отдельных перегонах достигает – 58 000 авт/сут, на магистрали в Южной Калифорнии – 18 000 расчетных автомобилей с осевой нагрузкой 8 т в сутки) потребовала повышенного внимания к вопросу накопления деформаций в элементах дорожной конструкции при многократном приложении транспортных нагрузок. Именно поэтому наметилась тенденция к переходу от расчета дорожных одежд по предельным состояниям в наиболее неблагоприятные периоды года к расчету и прогнозированию деформаций и разрушений, происходящих в дорожной конструкции за весь срок эксплуатации.

По мнению Радовского Б.С. принятые в нашей стране критерии расчета дорожной одежды пока не позволяют прогнозировать срок ее службы [19]. В значительной мере это объясняется нечеткостью понятия отказа для дорожной одежды. В нормативном документе по проектированию нежестких дорожных одежд

ОДН 218.046-01 указано, что «отказ дорожной конструкции по прочности может характеризоваться образованием продольной и поперечной неровности, связанной с прочностью дорожной конструкции (поперечные неровности, колея, усталостные трещины), с последующим развитием других видов деформаций и разрушений (частые трещины, сетка трещин, выбоины, просадки и проломы и т.д.)». Однако, на стадии проектирования различные виды разрушений дорожной одежды не прогнозируются, а расчетные значения коэффициентов прочности по трем критериям расчета не позволяют определять срок службы дорожной одежды до образования предельно допустимых разрушений.

В разработанном в 2001 году нормативном документе ОДН 218.046-01 сделана попытка преобразования расчета дорожной одежды по допустимому напряжению при изгибе в монолитных слоях в расчет монолитных слоев на усталостное сопротивление с учетом количества приложений транспортной нагрузки за срок службы. Критерий расчета на сопротивление монолитных слоев усталостному разрушению от растяжения при изгибе обеспечивается при условии:

$$\sigma_r < \frac{R_N}{K_{np}^{mp}}, \quad (5.4)$$

где K_{np}^{TP} – требуемый коэффициент прочности с учетом заданного уровня надежности;
 R_N – прочность материала слоя на растяжение при изгибе с учетом усталостных явлений;
 σ_r – наибольшее растягивающее напряжение в рассматриваемом слое, устанавливаемое расчетом.

Наибольшее растягивающее напряжение при изгибе в монолитном слое определяют на основе расчетов двухслойной модели при действии расчетной нагрузки. Модули упругости асфальтобетона принимают при расчетной низкой весенней температуре. Однако, данная методика имеет ряд недостатков:

– суммарное число приложений расчетной нагрузки определяется исходя из количества расчетных дней в году для данного региона, что составляет от 130 до 200 дней, т.е. охватывает несколько сезонов. При этом расчет растягивающих напряжений выполняются для периода низких весенних температур, который длится не более 20 – 30 дней. Для адекватного учета климатических условий района строительства необходимо растяги-

вающие напряжения рассчитывать для различных периодов года и суммировать их влияние на развитие усталостных процессов в дорожном покрытии;

– расчетные значения модуля упругости асфальтобетона при расчете на растяжение при изгибе принимаются одинаковыми для всех дорожно-климатических зон, в то время как температурные режимы в различных зонах существенно отличаются. При расчете асфальтобетонных слоев на сопротивление усталостному разрушению расчетные характеристики асфальтобетона следует назначать с учетом климатических условий каждого региона;

– наряду с изложенными недостатками следует отметить и ограниченность действующего нормативного документа по проектированию нежестких дорожных одежд в области их конструирования. Традиционные методы конструирования предусматривают расположение слоев с убыванием прочностных характеристик материала по глубине. При этом в нижний слой покрытия укладывают пористый, либо высокопористый асфальтобетон, обладающий наименьшим сопротивлением усталостному разрушению. Запроектировать дорожную одежду, нижний слой которой имеет более высокий модуль упругости, не представляется возможным, так как для такой конструкции нельзя выполнить расчет по допускаемому упругому прогибу в соответствии с ОДН 218.046-01. В то же время ряд исследователей считают, что для повышения сопротивления дорожного покрытия усталостному разрушению целесообразно нижний слой устраивать из более прочного асфальтобетона. Более 25 лет назад А.О. Саллем, Б.С.Радовским и др. [20] были предложены конструкции, устойчивые к усталостному разрушению, в которых модуль упругости самого нижнего слоя асфальтобетона больше чем у слоя, расположенного над ним.

– указанный критерий расчета позволяет запроектировать дорожную конструкцию, обеспечивающую требуемое нормативное состояние асфальтобетонного покрытия при заданном количестве приложений транспортной расчетной нагрузки, но не позволяет оценить усталостный ресурс данной конструкции.

В последние годы для расчета нежестких дорожных одежд все шире используется более совершенный подход, включающий разработку математических моделей прогнозирования дефектообразования дорожного покрытия, базирующийся на анализе напряженно-деформированного состояния элементов дорожной конструкции при заданных климатических условиях эксплуатации и транспортных нагрузках.

За рубежом в большинстве случаев определяют число циклов нагрузки, которое может выдержать запроектированная дорожная одежда до разрушения. Для расчета используют различные компьютерные программы: BISAR (фирма Shell, 1972), VESYS (FHWA, 1976) ABAQUS (Hibbitt, 1992), MODCOMP-3 (Irwin, 1993), JULEA (NCHRP, 2004) и др.

Согласно исследованиям [21], нежесткие дорожные одежды имеют следующие основные механизмы повреждения:

- усталостное трещинообразование;
- остаточная деформация (колеобразование);
- низкотемпературное трещинообразование ;
- отраженное трещинообразование.

Каждый механизм повреждения обусловлен многими факторами, включая конструкцию дорожной одежды и технологию строительства, свойства материала каждого конструктивного слоя, объем транспортной нагрузки и условия окружающей среды в течение всего срока службы.

Основными этапами прогнозирования повреждения дорожных одежд являются:

- расчет отклика (реакции) дорожной одежды при воздействии движущегося автомобиля в различные периоды года;
- расчет накапливаемых повреждений в конце каждого анализируемого периода времени на основе моделей повреждения.

Новая методика проектирования нежестких дорожных одежд предложена в новом документе «Руководство по механико-эмпирическому проектированию новых и реконструируемых дорожных одежд», разработанном в 1998 – 2004 гг. под эгидой AASHTO (Американской ассоциации дорожно-транспортных департаментов штатов) [22]. К работе привлекались специалисты ведущих американских фирм и университетов, а также зарубежные ученые из Франции, Швейцарии, Израиля и других стран. Новое «Руководство...» основано на теоретических решениях, основанных на использовании соотношений механики деформируемого твердого тела (в частности, теории упругости) и экспериментальных данных о характеристиках материалов.

При проектировании дорожных одежд на основе модели напряженного состояния дорожной одежды под влиянием транспортных нагрузок рассчитываются:

- растягивающие горизонтальные напряжения на нижней и верхней поверхностях асфальтобетонных слоев (усталостное трещинообразование);

- вертикальные сжимающие напряжения в асфальтобетонных слоях (сдвиг в асфальтобетонных слоях);
- вертикальные сжимающие напряжения в слоях основания (сдвиг в несвязных слоях);
- вертикальные сжимающие напряжения в верхней части земляного полотна (сдвиг в грунте).

Рассчитанные критические напряжения и деформации в различные периоды года при действии основных типов транспортные средств являются входными параметрами к моделям деформации. Трещинообразование прогнозируется в единицах индекса разрушения D , представляющего повреждение в структуре дорожной одежды, связанные с нагрузкой. Приращение повреждений аккумулируется для каждого анализируемого периода с использованием закона Майнера:

$$D = \sum_{i=1}^T \frac{n_i}{N_i}; \quad (5.5)$$

где D – показатель повреждения;

T – общее количество периодов, в течение которых производится расчет;

n_i – фактическое число приложений нагрузок в течение которых производится расчет;

N_i – допустимое количество приложений нагрузок при условиях, преобладающих в период i .

С целью разработки нового нормативного документа по проектированию нежестких дорожных одежд, основанного на критериях прогнозирования эксплуатационного состояния дорожных одежд в течение срока службы необходимо провести следующие научно-исследовательские и экспериментальные работы:

- Разработка инструмента (точное решение теории упругости) для расчета напряжений и прогибов многослойной дорожной одежды без их приведения к двухслойным схемам.

- Разработка методики проверки точности расчетов на основании известных точных решений, опубликованных экспериментальных данных, получаемых новых экспериментальных данных на полигонах с учетом фактического опыта эксплуатации конструкций дорожных одежд для калибровки методик расчета разработкой отладочных примеров.

- Обоснование параметров расчетной нагрузки с учетом современного парка автомобилей.

- Совершенствование методик определения расчетных характеристик материалов и грунтов с учетом критериев прогнозирования эксплуатационного состояния дорожных одежд.
- Обоснование расчетных значений характеристик грунтов рабочего слоя земляного полотна для проектирования дорожных одежд по условиям прочности и морозоустойчивости.
- Уточнение дорожно-климатического районирования с учетом характеристик грунта и асфальтобетона, на основе результатов исследования водно-теплого режима грунтов земляного полотна и конструкции дорожных одежд автомобильных дорог на территории России.
- Разработка методики прогноза температуры конструктивных слоев дорожной одежды с целью учета изменяющихся механических свойств материалов по глубине дорожной одежды при прогнозе колееобразования и расчете накопления усталостных разрушений в асфальтобетонных слоях.
- Разработка метода расчета на температурную трещиностойкость.
- Разработка метода прогноза образования колеи от накопления деформаций в асфальтобетонных слоях (для дорог с интенсивным движением автомобилей).
- Разработка метода расчета накопления усталостных разрушений в асфальтобетонных слоях (для дорог с интенсивным движением автомобилей).
- Формирование документа «Проектирование нежестких дорожных одежд».

ВЫВОДЫ ПО ГЛАВЕ 5

1. Учитывая возрастающую с каждым годом интенсивность движения, когда суммарное число приложений расчетной нагрузки (100 кН) за 18 лет по уточненной методике может достигать 15 млн., 25 млн., а за 30 лет эксплуатации даже 60 млн., зависимость для определения требуемого общего модуля упругости необходимо корректировать. Т.к. в настоящее время корректировка зависимости не произведена, значения коэффициента надежности дорожной одежды следует принимать в зависимости от суммарного числа приложений расчетной нагрузки за весь срок эксплуатации, что на текущий момент позволит нивелировать существующие неточности расчета.

2. Дополнительно к существующему методу расчета нежестких дорожных одежд по трем критерия, в

соответствии с ОДН 218.046-01 предлагается производить расчет и прогнозирование глубины колеи в соответствии с документом «Рекомендации по выявлению и устранению колеи на нежестких дорожных одеждах (утверждено распоряжением Росавтодора № ОС-556-р от 24.06.2002)»,

3. При проведении расчета и прогнозирования глубины колеи рекомендуется производить уточнение параметров характеризующих величины исходных остаточных деформаций в слоях асфальтобетона для современных материалов (в т.ч. щебеночно-мастичный асфальтобетон, асфальтобетон на ПБВ, и.т.д) путем проведения испытаний различных типов асфальтобетонов на сопротивление колееобразованию с применением современного лабораторного оборудования, в частности – методом прокатывания колеса (ОДМ 218.3.017 – 2011).

4. Предлагается в течение нескольких лет осуществить переход от традиционного расчета нежестких дорожных одежд по трем критериям, в соответствии с ОДН 218.046-01, к методу расчета основанного на критериях прогнозирования эксплуатационного состояния дорожных одежд в течение их срока службы, что требует разработки нового нормативного документа по расчету нежестких дорожных одежд.

ОБЩИЕ ВЫВОДЫ

1 Разработан новый подход к конструированию нежестких дорожных одежд на автомобильных дорогах I и II категорий в условиях воздействия интенсивного грузового транспортного потока, позволяющий назначать конструкции нежестких дорожных одежд, и осуществлять выбор материалов для устройства слоев нежестких дорожных одежд, с учетом суммарного числа приложений расчетной нагрузки (115 кН) за весь срок службы, и средней скорости движения транспортного потока.

2 Рассчитаны коэффициенты приведения транспортных средств к расчетной нагрузке на основе данных распределения осевых нагрузок, полученных по результатам мониторинга, проведенного на основании данных с пунктов весового контроля. Значения коэффициентов приведения транспортных средств к расчетной нагрузке определены без учета коэффициента динамичности.

3 Суммарное расчетное число приложений расчетной нагрузки целесообразно рассматривать не только в качестве расчетного параметра для вычисления требуемого модуля упругости и проведения дальнейших расчетов по трем критериям ОДН 218.046-01, но и как определяющий фактор исходя из которого следует формулировать требования к общей толщине дорожной конструкции и отдельных ее элементов и назначать конкретные материалы, применяемые при устройстве ее слоев.

4 В зависимости от установленных диапазонов изменения суммарного числа приложений расчетной нагрузки, и средней скорости транспортного потока установлены классы транспортной нагрузки: средний, высокий и сверхвысокий.

5 Толщину пакета асфальтобетонных слоев предложено назначать в зависимости от суммарного числа приложений расчетной нагрузки 115 кН.

Рекомендуемая толщина пакета асфальтобетонных слоев составляет 20 – 23 см при суммарном числе приложений расчетной нагрузки 115 кН за весь срок службы 3-7 млн, 23-26 см при суммарном числе приложений расчетной нагрузки 115 кН за весь срок службы 7-15 млн, и 26-34 см при суммарном числе приложений расчетной нагрузки 115 кН за весь срок службы более 15 млн.

6 На основе предельно допустимого значения колеи, принимаемого в соответствии с документом «Рекомендации по выявлению и устранению колеи на нежестких дорожных одеждах (утверждено распоряжением Росавтодора № ОС-556-р от 24.06.2002)» предлагается величину запаса толщины верхнего слоя покрытия на величину износа принимать равной 2 см.

7 Конструирование пакета асфальтобетонных слоев необходимо осуществлять с учетом функционального назначения каждого конкретного слоя дорожной одежды. Верхний слой покрытия призван обеспечить сцепные качества покрытия, устойчивость к истиранию, колееобразованию и температурному трещинообразованию. Функциональное назначение нижнего слоя покрытия заключается в обеспечении несущей способности и устойчивости дорожной одежды к колееобразованию. Функциональное назначение верхнего слоя основания заключается в обеспечении устойчивости дорожной одежды к усталостному трещинообразованию

Назначение материалов слоев асфальтобетона и выбор вяжущих предлагается осуществлять, в зависимости от класса транспортной нагрузки, зависящего в свою очередь от суммарного числа приложений расчетной нагрузки и средней скорости движения транспортного потока (таблица 14).

8 Учитывая возрастающую с каждым годом интенсивность движения, когда суммарное число приложений расчетной нагрузки (100 кН) за 18 лет по уточненной методике может достигать 15 млн., 25 млн., а за 30 лет эксплуатации даже 60 млн., зависимость для определения требуемого общего модуля упругости необходимо корректировать. Т.к. в настоящее время корректировка зависимость не произведена, значения коэффициента надежности дорожной одежды следует принимать в зависимости от суммарного числа приложений расчетной нагрузки за весь срок эксплуатации, что на текущий момент позволит нивелировать существующие неточности расчета.

9 Предлагается в течение нескольких лет осуществить переход от традиционного расчета нежестких дорожных одежд по трем критериям, в соответствии с ОДН 218.046-01, к методу расчета основанного на критериях прогнозирования эксплуатационного состояния дорожных



одежд в течение их срока службы, что требует разработки нового нормативного документа по расчету нежестких дорожных одежд.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Richtlinien für die Standardisierung des Oberbaues von Verkehrsflächen. RSTO 01. FORSCHUNGSGesellschaft für Strassen – und VERKEHRwesen. Ausgabe 2001.
2. Автомобильные дороги России на рубеже веков. Цифры и факты: справ.-иллюстр. материал. М.: Информавтодор, 2000. 212 с.
3. Аксёнов П. В. Многоосные автомобили. Теория общих конструктивных решений: учеб. пособие. М.: Машиностроение, 1980. С. 207.
4. Бабков В. Ф. Современные автомобильные магистрали: учебник для вузов. М.: Транспорт, 1974. 279 с.
5. Бабков В. Ф., Андреев О.В. Проектирование автомобильных дорог: учеб. пособие. М.: Транспорт, 1987. 368 с.
6. Батраков О. Г., Плевако В. П., Медведкова И. А. Совершенствование расчета нежестких дорожных одежд // Известия вузов. Строительство и архитектура. 1973. №5. С. 140-145.
7. Батраков О. Т., Сиденко В.М., Покутнев Ю. А. Дорожные одежды с парогидронепроницаемыми слоями: учеб. пособие. М.: Транспорт, 1982. 160 с.
8. Бируля А. К. Работоспособность дорожных одежд. М.: Транспорт, 1968. 172 с.
9. Влияние разрешенных и незаконных перевозок автомобилей на дорожные одежды // Автомобильные дороги. 1988. №11. С.6.
10. ВСН 46-83. Инструкция по проектированию дорожных одежд нежесткого типа. Минтрансстрой СССР. М.: Транспорт, 1985.
11. Гладов Г. И. Специальные транспортные средства. Проектирование и конструкции: учебник для вузов. М.: Академкнига, 2004. 320 с.
12. СН РК 3.03-19-2006 «Проектирование дорожных одежд нежесткого типа».
13. ТКП 45-3.03-112-2008. Автомобильные дороги. Нежесткие дорожные одежды. Правила проектирования. Минск: Минстройархитектуры, 2009. 85 с
14. American Association of State Highway and Transportation Officials / The AASHO Road Test. Report 5: Pavement Research. Highway Research Board Report 61E. – 1962. – 352 p
15. Gillespie T. D., Karamihas, S. M. Characterizing the Road-Damaging Dynamics of Truck Tandem Suspensions // SAE Interna-

- tional Truck and Bus Meeting and Exposition. Detroit. Michigan. 1993
16. Manual for asphalt pavement. Japan road association. 1989.124 p.
 17. JTGD50-2006 公路沥青路面设计规范
 18. Superpave Design Guidelines – Illinois, December, 2002
 19. Радовский, Б. С. Проблемы механики дорожно-строительных материалов и дорожных одежд / Б. С. Радовский // Избр. труды. – К, 2003
 20. Апестин, В. К. Испытания и оценка прочности нежестких дорожных одежд: моногр. / В. К. Апестин, А. М. Шак, Ю. М. Яковлев. – М.: Транспорт, 1977. – 102 с.
 21. Roberts, F. L. Overview: Tire Types Pressures and Models to Evaluate Pressure Effects / F. L. Roberts. – FHWA Load Equivalence Workshop; McLean VA. Proceedings, 1988. – №38.
 22. Guide for Mechanistic-Empirical Design Of New And Rehabilitated Pavement Structures ARA / Inc., ERES Division 505 West University Avenue Champaign, Illinois 61820. – 1999.

ПРИЛОЖЕНИЕ 1

ПРИМЕР КОНСТРУИРОВАНИЯ НЕЖЕСТКОЙ ДОРОЖНОЙ ОДЕЖДЫ

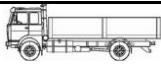
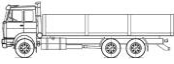
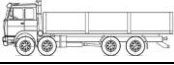
Исходные данные:









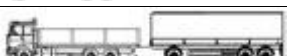

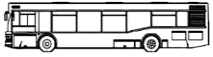
- дорога располагается в IV дорожно-климатической зоне, в Ростовской области;
- продольный уклон дороги не превышает 30 ‰.
- характер местности – равнинный
- категория автомобильной дороги – Ia;
- средняя скорость движения – > 70 км/ч
- заданный срок службы дорожной одежды – $T_{сл} = 18$ лет;
- приращение интенсивности $q = 1,02$;
- грунт рабочего слоя земляного полотна – суглинок с расчетной влажностью 0,7 W_T , относится к сильнопучинистым грунтам;

Для определения класса транспортной нагрузки в первую очередь определяется суммарное число приложений расчетной нагрузки.

1. Интенсивность движения транспортных средств на участке автомобильной дороги, для которого производится конструирование дорожной одежды, представлена в таблице П.1.

Таблица П.1 – Среднегодовая суточная интенсивность движения транспортных средств на участке автомобильной дороги.

– Тип грузового автомобиля	Авто/сут
1. Легковой автомобиль	15084
2. Грузовые автомобили:	
2.1 Легкие (грузоподъемность 1-2т)	2279
2.2 Средние (грузоподъемность 2-5т)	1006
2.3 Тяжелые (грузоподъемность 5-8т):	
2.3.1 	503
2.3.2 	503
2.3.3 	43
2.4. Автопоезда с полуприцепом:	

2.4.1		169
2.4.2		439
2.4.3		2605
2.4.4		516
2.4.5		696
2.5. Автопоезда с прицепом:		
2.5.1		397
2.5.2		227
2.5.3		653
2.5.4		223
3. Автобусы		
3.1	 (микроавтобусы)	290
3.2		124

2. Задаём процентное соотношение автомобилей без груза, груженых и перегруженных в транспортном потоке как 30,60,10% соответственно.

3. Вычисляем суммарное расчетное число приложений расчетной нагрузки к точке на поверхности конструкции авто-транспортных средств с различной степенью загрузки ($\sum N_p^{пуст}$; $\sum N_p^{груз}$; $\sum N_p^{перегр}$) по формуле 3.10.

3.1. Вычислим суммарное расчетное число приложений расчетной нагрузки, которое испытает дорожная конструкция от проезда легковых автомобилей, легких и средних грузовых, автобусов и микроавтобусов, а так же тяжелых и очень тяжелых грузовых автомобилей (**без груза**) за весь срок эксплуатации.

$$f_{пол} = 0,3; K_c = 21,41; T_{рд} = 205; k_n = 1,49$$

$$\sum N_p^{пуст} = 0,3 \cdot ((15084 \cdot 21,41 \cdot 205 \cdot 0,7 \cdot 0,0015 \cdot 1,49) +$$

$$\begin{aligned}
 & (2279 \cdot 21,41 \cdot 205 \cdot 0,7 \cdot 0,005 \cdot 1,49) + (1006 \cdot 21,41 \cdot 205 \cdot 0,7 \cdot \\
 & 0,002 \cdot 1,49) + (503 \cdot 0,3 \cdot 21,41 \cdot 205 \cdot 0,7 \cdot 0,003 \cdot 1,49) + \\
 & (503 \cdot 0,3 \cdot 21,41 \cdot 205 \cdot 0,7 \cdot 0,032 \cdot 1,49) + (169 \cdot 0,3 \cdot 21,41 \cdot \\
 & 205 \cdot 0,7 \cdot 0,001 \cdot 1,49) + (439 \cdot 0,3 \cdot 21,41 \cdot 205 \cdot 0,7 \cdot 0,024 \cdot \\
 & 1,49) + (2605 \cdot 0,3 \cdot 21,41 \cdot 205 \cdot 0,7 \cdot 0,073 \cdot 1,49) + \\
 & (516 \cdot 0,3 \cdot 205 \cdot 145 \cdot 0,7 \cdot 0,04 \cdot 1,49) + (696 \cdot 0,3 \cdot 21,41 \cdot \\
 & 205 \cdot 0,7 \cdot 0,043 \cdot 1,49) + (397 \cdot 0,3 \cdot 21,41 \cdot 205 \cdot 0,7 \cdot 0,004 \cdot \\
 & 1,49) + (227 \cdot 0,3 \cdot 21,41 \cdot 205 \cdot 0,7 \cdot 0,07 \cdot 1,49) + (653 \cdot 0,3 \cdot \\
 & 21,41 \cdot 205 \cdot 0,7 \cdot 0,04 \cdot 1,49) + (223 \cdot 0,3 \cdot 21,41 \cdot 205 \cdot 0,7 \cdot \\
 & 0,075 \cdot 1,49) + (290 \cdot 21,41 \cdot 205 \cdot 0,7 \cdot 0,0027 \cdot 1,49) + (124 \cdot \\
 & 21,41 \cdot 205 \cdot 0,7 \cdot 0,051 \cdot 1,49)) = 244\,032
 \end{aligned}$$

3.2. Вычислим суммарное расчетное число приложений расчетной нагрузки, которое испытает дорожная конструкция от проезда **груженых** тяжелых и очень тяжелых грузовых автомобилей за весь срок эксплуатации.

$$\begin{aligned}
 \sum N_p^{груж} &= 0,3 \cdot ((503 \cdot 0,6 \cdot 21,41 \cdot 205 \cdot 0,7 \cdot 0,716 \cdot \\
 & 1,49) + (503 \cdot 0,6 \cdot 21,41 \cdot 205 \cdot 0,7 \cdot 1,495 \cdot 1,49) + \\
 & (169 \cdot 0,6 \cdot 21,41 \cdot 205 \cdot 0,7 \cdot 0,968 \cdot 1,49) + (439 \cdot 0,6 \cdot 21,41 \cdot \\
 & 205 \cdot 0,7 \cdot 1,879 \cdot 1,49) + (2605 \cdot 0,6 \cdot 21,41 \cdot 205 \cdot 0,7 \cdot 2,329 \cdot \\
 & 1,49) + (516 \cdot 0,6 \cdot 21,41 \cdot 205 \cdot 0,7 \cdot 2,523 \cdot 1,49) + \\
 & (696 \cdot 0,6 \cdot 21,41 \cdot 205 \cdot 0,7 \cdot 2,436 \cdot 1,49) + (397 \cdot 0,6 \cdot 21,41 \cdot \\
 & 205 \cdot 0,7 \cdot 0,828 \cdot 1,49) + (227 \cdot 0,6 \cdot 21,41 \cdot 205 \cdot 0,7 \cdot 2,496 \cdot \\
 & 1,49) + (653 \cdot 0,6 \cdot 21,41 \cdot 205 \cdot 0,7 \cdot 1,653 \cdot 1,49) + \\
 & (223 \cdot 0,6 \cdot 21,41 \cdot 205 \cdot 0,7 \cdot 3,623 \cdot 1,49)) = 11\,492\,843
 \end{aligned}$$

3.3. Вычислим суммарное расчетное число приложений расчетной нагрузки, которое испытает дорожная конструкция от проезда **перегруженных** тяжелых и очень тяжелых грузовых автомобилей за весь срок эксплуатации.

$$\begin{aligned}
 \sum N_p^{перегр} &= 0,3 \cdot ((503 \cdot 0,1 \cdot 21,41 \cdot 205 \cdot 0,7 \cdot 1,597 \cdot \\
 & 1,49) + (503 \cdot 0,1 \cdot 21,41 \cdot 205 \cdot 0,7 \cdot 3,334 \cdot 1,49) + \\
 & (169 \cdot 0,1 \cdot 21,41 \cdot 205 \cdot 0,7 \cdot 2,159 \cdot 1,49) + (439 \cdot 0,1 \cdot 21,41 \cdot \\
 & 205 \cdot 0,7 \cdot 4,192 \cdot 1,49) + (2605 \cdot 0,1 \cdot 21,41 \cdot 205 \cdot 0,7 \cdot 5,195 \cdot \\
 & 1,49) + (516 \cdot 0,1 \cdot 21,41 \cdot 205 \cdot 0,7 \cdot 5,627 \cdot 1,49) + \\
 & (696 \cdot 0,1 \cdot 21,41 \cdot 205 \cdot 0,7 \cdot 5,434 \cdot 1,49) + (397 \cdot 0,1 \cdot 21,41 \cdot \\
 & 205 \cdot 0,7 \cdot 1,848 \cdot 1,49) + (227 \cdot 0,1 \cdot 21,41 \cdot 205 \cdot 0,7 \cdot 5,567 \cdot \\
 & 1,49) + (653 \cdot 0,1 \cdot 21,41 \cdot 205 \cdot 0,7 \cdot 3,688 \cdot 1,49) + \\
 & (223 \cdot 0,1 \cdot 21,41 \cdot 205 \cdot 0,7 \cdot 8,080 \cdot 1,49)) = 4\,272\,646
 \end{aligned}$$

4. Вычислим суммарное расчетное число приложений расчетной нагрузки к точке на поверхности конструкции за срок

службы по формуле П. 1.2.

$$\sum_p N = 244\,032 + 11\,492\,843 + 4\,272\,646 = 16\,009\,521$$

Суммарное расчетное число приложений расчетной нагрузки к точке на поверхности конструкции за весь срок службы составит 16 009 521. Суточное число приложений расчетной нагрузки 115 кН на первый год эксплуатации составит– 3915 авт/сут.

5. Учитывая, что суммарное количество приложений расчетной нагрузки на данном участке превышает 15 000 000, а средняя скорость движения больше 70 км/ч, данный участок следует отнести к сверхвысокому классу транспортной нагрузки. Толщину пакета слоев асфальтобетона выбираем по таблице 14. Для данного участка автомобильной дороги толщина пакета асфальтобетонных слоев должна составлять от 26 до 34 см. При этом запас толщины покрытия на износ для сверхвысокого класса транспортной нагрузки должен составлять не менее 2 см.

6. Конструирование дорожной одежды выполняется исходя из класса транспортной нагрузки и дорожно-климатической зоны (ДКЗ), в которой проходит автомобильная дорога. В данном случае для сверхвысокого класса транспортной нагрузки и IV ДКЗ может быть назначена следующая дорожная конструкция:

Для верхнего слоя покрытия:

- Щебеночно-мастичная асфальтобетонная смесь ЩМА-15 на полимерно-битумном вяжущем ПБВ – 40 толщиной 5 см (в т.ч 2.5 см запас на износ покрытия);

Для нижнего слоя покрытия

- Горячая плотная щебеночная крупнозернистая полимерно-дисперсно-армированная смесь I марки типа А на БНД 60/90 толщиной 8 см по ГОСТ 9128-2009

Для верхнего слоя основания

- Горячая пористая щебеночная крупнозернистая смесь I марки на БНД 60/90 с полимерным модификатором толщиной 16 см.

Для несущего слоя основания

- Щебеночная смесь с непрерывной грануломертией при максимальном размере зерен 80 мм (С4) по ГОСТ 20607-2009 толщиной 46 см ;

- разделяющая прослойка из геосетки;

Для дополнительного слоя основания

- дополнительный слой основания из песка сред-

ней крупности, устраиваемого на всю ширину земляного полотна по ГОСТ 8736-93* толщиной 30 см;

7. Выполняем расчет данной дорожной конструкции в соответствии с ОДН 218.046-01.

8. Расчет данной дорожной конструкции был проведен по ОДН 218.046-01, и в соответствии с «Рекомендациями по выявлению и устранению колеи на нежестких дорожных одеждах (утверждено распоряжением Росавтодора № ОС-556-р от 24.06.2002)»

Расчет дорожной конструкции по ОДН 218.046-01

Расчет конструкции в целом по допускаемому упругому прогибу:

Минимальный требуемый модуль упругости – 419,12 МПа

Общий расчетный модуль упругости – 659,25 МПа

Коэффициент прочности – 1,573

Требуемый коэффициент прочности – 1,500

Прочность обеспечена!

Расчет по условию сдвигоустойчивости подстилающего грунта и малосвязных конструктивных слоев:

Расчет для подстилающего грунта

Предельное активное напряжение сдвига – 0,01389 МПа

Требуемый коэффициент прочности – 1,100

Коэффициент прочности – 1,463

Расчет для дополнительного слоя основания из песка

Предельное активное напряжение сдвига – 0,03340 МПа

Требуемый коэффициент прочности – 1,100

Коэффициент прочности – 3,344

Прочность обеспечена!

Расчет конструкции на сопротивление монолитных слоев усталостному разрушению от растяжения при изгибе

Растягивающее напряжение в верхнем монолитном слое – 0,550 МПа

Прочность материала при многократном растяжении при изгибе – 0,657 МПа

Требуемый коэффициент прочности – 1,100

Коэффициент прочности – 1,195

Прочность обеспечена!

Расчет и прогнозирование глубины колеи для дорожной конструкции

Интенсивность движения приведенная к расчетной нагрузке в первый и во второй годы службы участка автомобильной дороги (авт/сут) составляет

$$N_{p1}=4969 \text{ авт/сут}$$

$$N_{p2}=5087 \text{ авт/сут}$$

Ожидаемое суммарное число приложений расчетной нагрузки при определении остаточных деформаций в грунте земляного полотна рассчитываем по формуле:

$$N_c = 0,6 * f_{\text{пол}} * N_{p1} * K_c * T_{\text{рст}}, \quad (\text{П.1})$$

где $f_{\text{пол}}$ – коэффициент, учитывающий число полос движения и распределение движения по ним.

N_{p1} – суточная интенсивность движения автомобилей, приведенных к расчетной нагрузке, в первый год службы дорожной одежды, авт./сут;

K_c – коэффициент суммирования, определяемый по графику на рисунке П.1.

q – показатель изменения интенсивности движения по годам;

$T_{\text{рст}}$ – расчетное количество дней в году, соответствующее определенному состоянию дорожной одежды

$T_{\text{сл}}$ – срок службы дорожной одежды, годы.

Значения коэффициента суммирования на 5-й, 10-й, 18-й год определим по графику на рисунке П.1.

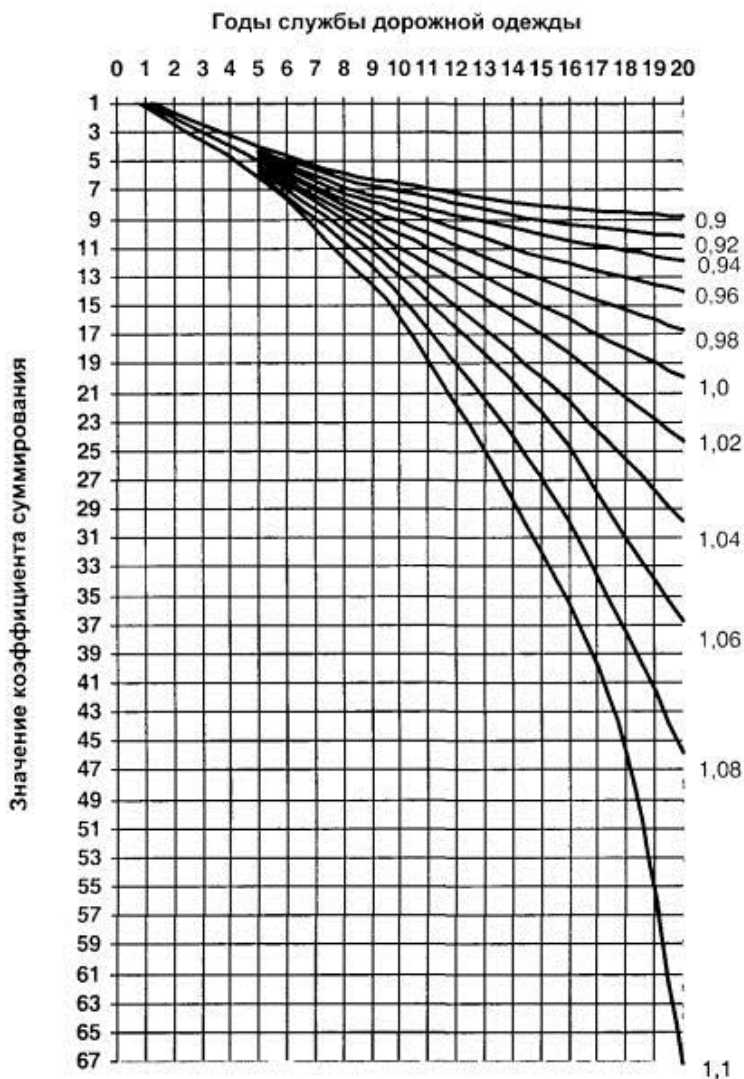


Рисунок П.1 – График зависимости коэффициента суммирования K_c от срока службы дорожной одежды; цифры на кривых – значения показателя изменения интенсивности движения по годам q

Значения коэффициента суммирования составляют: $K_c = 5$; 11; 21 соответственно. Количество расчетных дней в году для данного района проектирования составляет 365 дней. Ко-



эффицент полосности нагрузки составляет для 6-полосных автомобильных дорог $f=0.30$.

$$N_{c5}=0.60*0.30*4969*5*145=648\ 454$$

$$N_{c10}=0.60*0.30*4969*11*145=1\ 426\ 600$$

$$N_{c18}=0.60*0.30*4969*21*145=2\ 723\ 509$$

Остаточную деформацию в грунте земляного полотна вычисляют по выражению 1.12, при этом исходные значения остаточной осадки определяем по графику (рисунок П.2) для соответствующих значений N_c и при угле внутреннего трения 18 градусов: $h_{гр5} = 0.016$ м; $h_{гр10} = 0.020$ м; $h_{гр18} = 0.024$ м;

Определяем средневзвешенный модуль упругости дорожной одежды:

$$E_d=(3200*5+3200*7+2000*14+480*46+120*30)/102=903$$

МПа

Для отношения $E_d/E_r=903/40,98=22.04$. По таблице 3.4 методических рекомендаций назначаем $K_e = 1,02$. Для отношения $h/D=102/40=2.55$ по таблице 3.5 методических рекомендаций назначаем $K_{на} = 0.94$.

Определив все величины входящие в выражение 1.12, вычисляем остаточные деформации в грунте земляного полотна на 5-й, 10-й, и 18 годы эксплуатации.

$$H_{зп5}=0.016*0.94*1.02=0.015$$

$$H_{зп10}=0.020*0.94*1.02=0.019$$

$$H_{зп18}=0.024*0.94*1.02=0.023$$

Относительные значения остаточных деформаций в слоях основания определяем по графикам (рисунок П.3, П.4)

Суммарное число приложений расчетной нагрузки

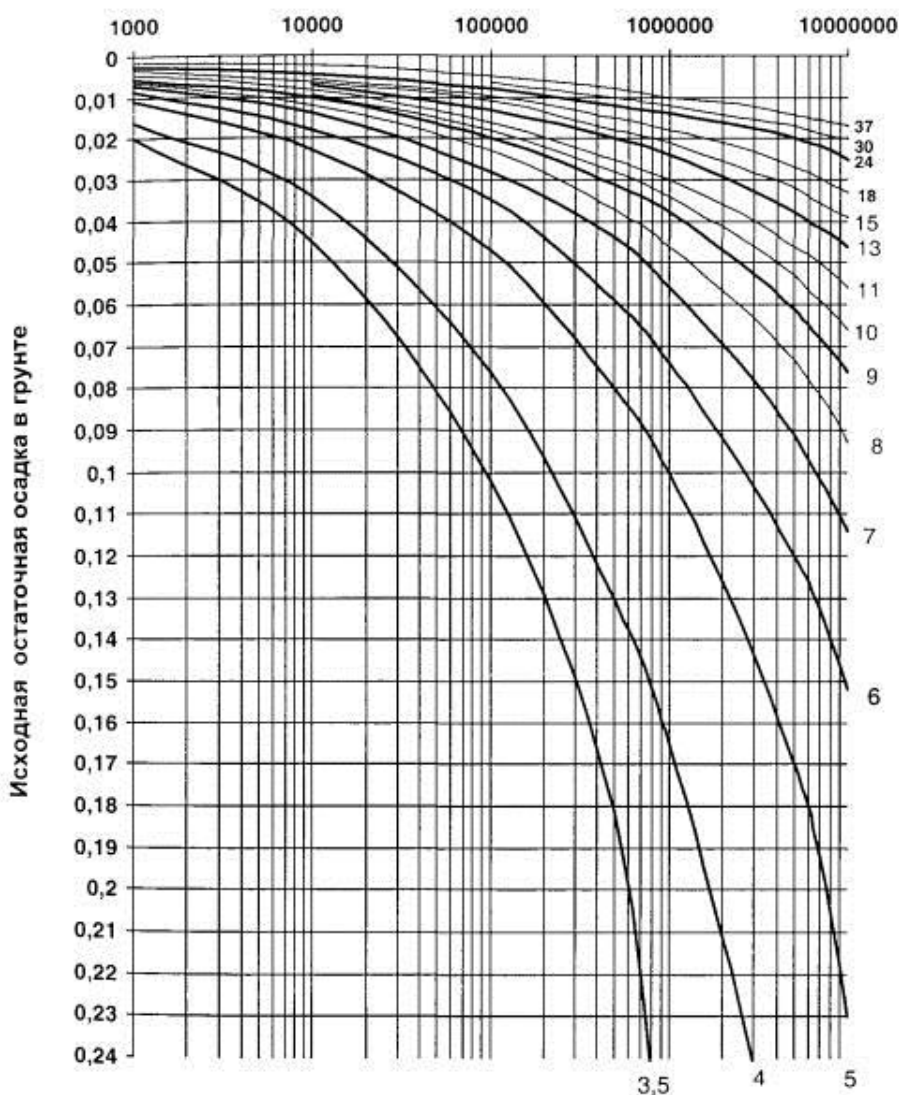


Рисунок П.2 – График для определения исходной остаточной осадки в грунте; цифры на кривых – угол внутреннего трения грунта, зависящий от его влажности, град.

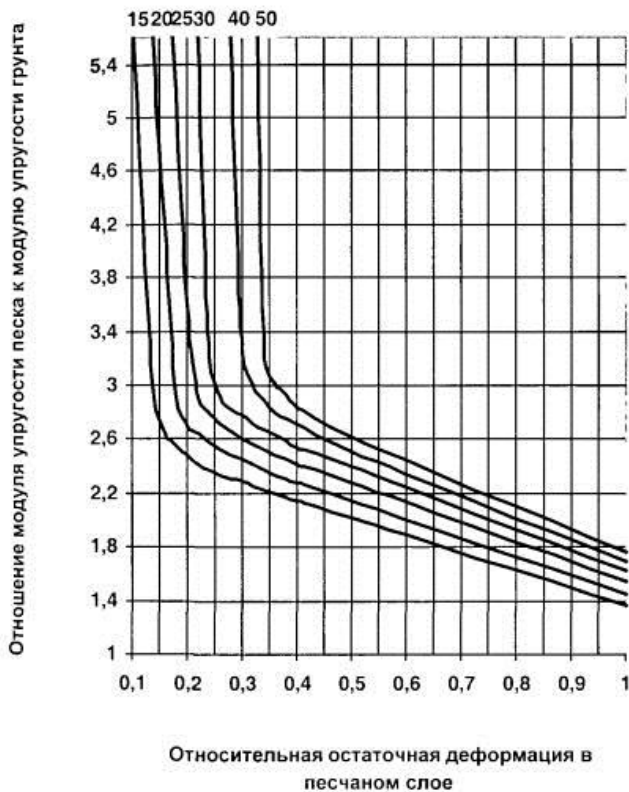


Рисунок П.3 – График для определения относительных остаточных деформаций в песчаных слоях; цифры на кривых – толщины песчаных слоев, см

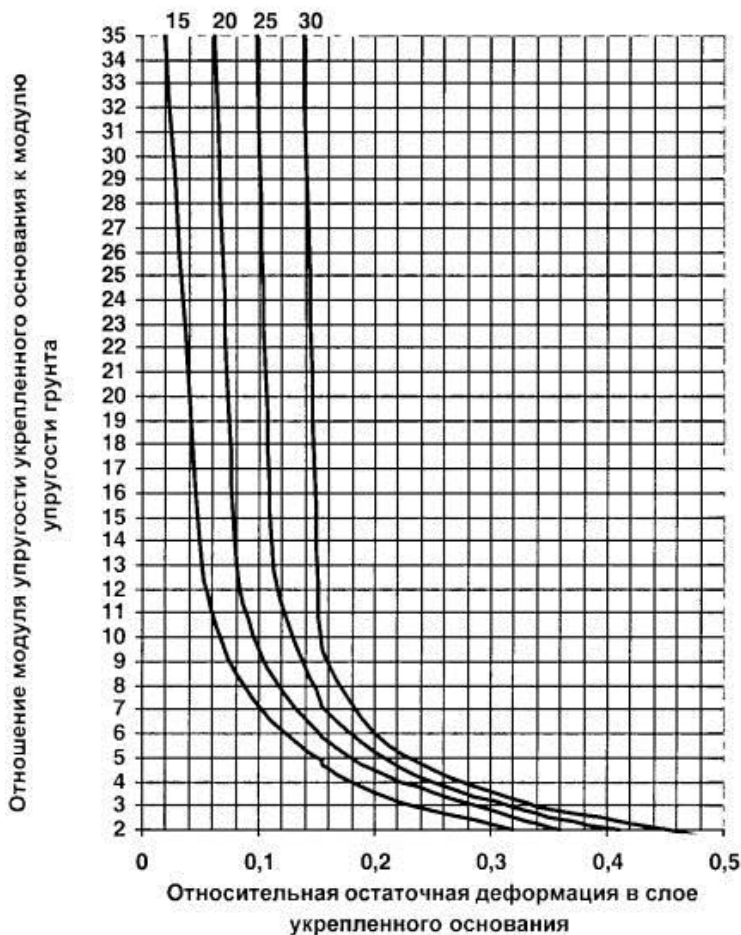


Рисунок П.4. – График для определения относительных остаточных деформаций в слоях основания из цементогрунта или щебня, укрепленного цементом; цифры на кривых – толщины слоя укрепленного основания, см

Для песчаного слоя при $E_n/E_r=120/40,98=2.93$ и $h_n=30$ см. Так как толщина слоя шлакового основания для проектируемой конструкции составляет 46 см, а номограммы в методических рекомендациях построены для максимальной толщины слоя укрепленного основания 30 см, разобьем слой основания проектируемой дорожной конструкции на 2 слоя по 30 и по 16 см соответственно. Так для первого слоя основания из гранулированного

шлака $h_{ш}=30$ см отношение модулей упругости составляет: $E_{ш1}/E_{г}=480/40,98=11.71$. Для второго слоя основания из гранулированного шлака $h_{ш}=16$ см отношение модулей упругости составит также $E_{ш2}/E_{г}=480/40=11.71$.

По графикам на рисунках П.3 и рисунке П.4 получаем:

$$\varepsilon_{п}/\varepsilon_{г} = 0.21; \varepsilon_{ш1}/\varepsilon_{г} = 0.16; \varepsilon_{ш2}/\varepsilon_{г} = 0.07$$

Абсолютные значения остаточных деформаций в слоях основания составят:

$$\varepsilon_{п5}=0.21*0.016=0.0034 \text{ м};$$

$$\varepsilon_{п10}=0.21*0.020=0.0042 \text{ м};$$

$$\varepsilon_{п18}=0.21*0.024=0.0050 \text{ м};$$

$$\varepsilon_{ш(1)5}=0.16*0.016=0.0026 \text{ м};$$

$$\varepsilon_{ш(1)10}=0.16*0.020=0.0032 \text{ м};$$

$$\varepsilon_{ш(1)18}=0.16*0.024=0.0038 \text{ м};$$

$$\varepsilon_{ш(2)5}=0.07*0.016=0.0011 \text{ м};$$

$$\varepsilon_{ш(2)10}=0.07*0.020=0.0014 \text{ м};$$

$$\varepsilon_{ш(2)18}=0.07*0.024=0.0017 \text{ м};$$

Общие абсолютные остаточные деформации в слоях основания на 5-й, 10-й, 18-й годы:

$$h_{очн5}=0.0034+0.0026+0.0011 =0.0071 \text{ м};$$

$$h_{очн10}=0.0042+0.0032+0.0014=0.0088 \text{ м};$$

$$h_{очн18}=0.005+0.0038 +0.0017=0.0105 \text{ м};$$

Для вычисления остаточных деформаций в слоях асфальтобетона по таблице П.2 определяем расчетное количество сдвигоопасных дней в году в зависимости от среднегодовой положительной температуры воздуха.

Таблица П.2 –Общее количество сдвигоопасных дней в году.

$t_{ср2}^+$, С	11	13	15	17	19	21	23	25
$T_{срг}$, дни	0,5	1,1	3,5	10,5	19	34	62	104

Климатические характеристики Ростовской области приведены в таблице П.3

Таблица П.3 – Климатическая характеристика Ростовской области

Климат Ростовской области													
Показатель	Янв	Фев	Мар	Апр	Май	Июн	Июл	Авг	Сен	Окт	Ноя	Дек	Год
Абсолютный максимум, °С	15,0	19,8	26,0	33,6	35,6	38,4	39,6	40,1	38,1	31,0	25,0	18,5	40,1
Средний максимум, °С	-1,1	0,2	6,0	16,6	22,9	27,1	29,1	28,3	22,5	14,2	6,3	2,2	14,5
Средняя температура, °С	-4,4	-3,5	1,6	10,9	16,9	21,2	22,9	21,9	16,4	9,1	2,9	-0,7	9,7
Средний минимум, °С	-7,1	-6,3	-1,6	6,5	11,8	16,0	17,6	16,4	11,3	5,3	0,5	-3	5,6
Абсолютный минимум, °С	-31,9	-30,9	-28,1	-10,4	-4,3	-0,1	7,6	2,6	-4,6	-10,4	-25,1	-28,5	-31,9
Норма осадков, мм	49	48	46	55	53	60	60	51	40	37	48	71	618

Рассчитаем количество сдвигоопасных дней в году для Ростовской области по формуле:

$$t_{cpe}^+ = \frac{\sum_{i=1}^n t_{cpi}}{n_m}$$

n_m – количество месяцев в году с устойчивой положительной температурой;

t_{cpi} – средняя температура i -го месяца (по данным метеостанции или климатического справочника), °С.

$$t_{cpe}^+ = (10,9+16,9+21,2+22,9+21,9+16,4+9,1)/7=17,0 \text{ } ^\circ\text{C}$$

Таким образом, расчетное количество сдвигоопасных дней в году в климатических условиях ростовской области составит $T_{pcr}=10,5$ дней.

Тогда суммарное число приложений расчетной нагрузки, рассчитанное по формуле 1.2 можно записать в виде:

$$N_{c5}=0,60*0,30*4969*5*10,5=46\ 957$$

$$N_{c10}=0,60*0,30*4969*11*10,5=103\ 305$$

$$N_{c18}=0,60*0,30*4969*21*10,5=197\ 219$$

Определение фактического суммарного числа приложений расчетной нагрузки, приведенное к $t_{ц}=0,01$, осуществляется по формуле:

$$N_{c\phi} = \frac{N_{hc} \cdot t_y}{0,01},$$

где $t_{ц}$ – фактическая длительность воздействия транспортной нагрузки (см. табл. П.4), с

Таблица П.4 – Длительность воздействия транспортной нагрузки $t_{ц}$ при движении на подъем.

Характер местности	Категория дороги	Длительность воздействия транспортной нагрузки $t_{ц}$, с при продольном уклоне ‰						
		< 30	30 ... 40	41 ... 50	51 ... 60	61 ... 70	71 ... 80	> 80
Равнинный	Ia	0,011	0,012	0,013	0,014	0,014	0,015	0,018
	Iб	0,013	0,014	0,016	0,017	0,018	0,019	0,022
	II	0,016	0,017	0,02	0,021	0,022	0,024	0,028
	III	0,02	0,021	0,024	0,025	0,027	0,029	0,035
	IV	0,025	0,027	0,03	0,033	0,035	0,039	0,047
	V	0,035	0,038	0,044	0,047	0,052	0,057	0,073
Пересеченный	Ia	0,013	0,014	0,016	0,017	0,018	0,019	0,022
	Iб	0,016	0,017	0,018	0,02	0,021	0,022	0,026
	II	0,02	0,021	0,024	0,025	0,027	0,029	0,035
	III	0,025	0,027	0,03	0,033	0,035	0,039	0,047
	IV	0,035	0,038	0,044	0,047	0,052	0,057	0,073
	V	0,062	0,067	0,08	0,089	0,101	0,116	0,165
Горный	Ia	0,019	0,02	0,023	0,024	0,026	0,027	0,032
	Iб	0,026	0,027	0,03	0,032	0,034	0,036	0,042
	II	0,035	0,038	0,044	0,047	0,052	0,057	0,073
	III	0,045	0,048	0,056	0,062	0,068	0,076	0,101
	IV	0,062	0,067	0,08	0,089	0,101	0,116	0,165
	V	0,101	0,110	0,14	0,165	0,197	0,244	0,471

Фактическое суммарное число приложений расчетной нагрузки, приведенное к $t_{ц}=0.01$, при пересеченном характере местности и продольном уклоне менее 30 ‰ составит:

$$N_{сф5} = (46\ 957 \cdot 0.013) / 0.01 = 61\ 044$$

$$N_{сф10} = (103\ 305 \cdot 0.013) / 0.01 = 134\ 297$$

$$N_{сф18} = (197\ 219 \cdot 0.013) / 0.01 = 256\ 385$$

Расчет остаточных деформаций в слоях асфальтобетона начнем с определения толщины сдвигоопасной зоны, равной согласно таблице П.5 (при суммарной толщине слоев асфальтобетона 29 см) 0.09 м, находим исходные значения остаточной деформации (рисунок П.6).

Таблица П.5 – Толщина сдвигоопасной зоны Н

Общая толщина битумосодержащих слоев, м	0,06 ... 0,1	0,11 ... 0,15	0,16 ... 0,2	0,21 ... 0,25	Более 0,25
Н, м	0,05	0,06	0,07	0,08	0,09

Следующим этапом производится вычисление исходных остаточных деформаций в битумосодержащем слое. Для щебеночно-мастичного асфальтобетона на полимерно-битумном вяжущем данные значения уточнялись путем проведения лабораторных испытаний методом прокатывания нагруженного колеса с использованием прибора УК-1. В ходе испытаний сравнивались величины остаточных деформаций, зарегистрированные на поверхности образца щебеночно-мастичного асфальтобетона, и остаточные деформации, зарегистрированные на поверхности образца асфальтобетона типа А. Для ЦМА на полимерно-битумном вяжущем максимальная глубина колеи по окончании испытаний составила 3 мм, а для традиционного асфальтобетона типа А глубина колеи составила 6.4 мм (рисунок П.5).

Таким образом, в дальнейшем при расчете и прогнозировании глубины колеи величина исходных остаточных деформаций была уменьшена на 53 %.

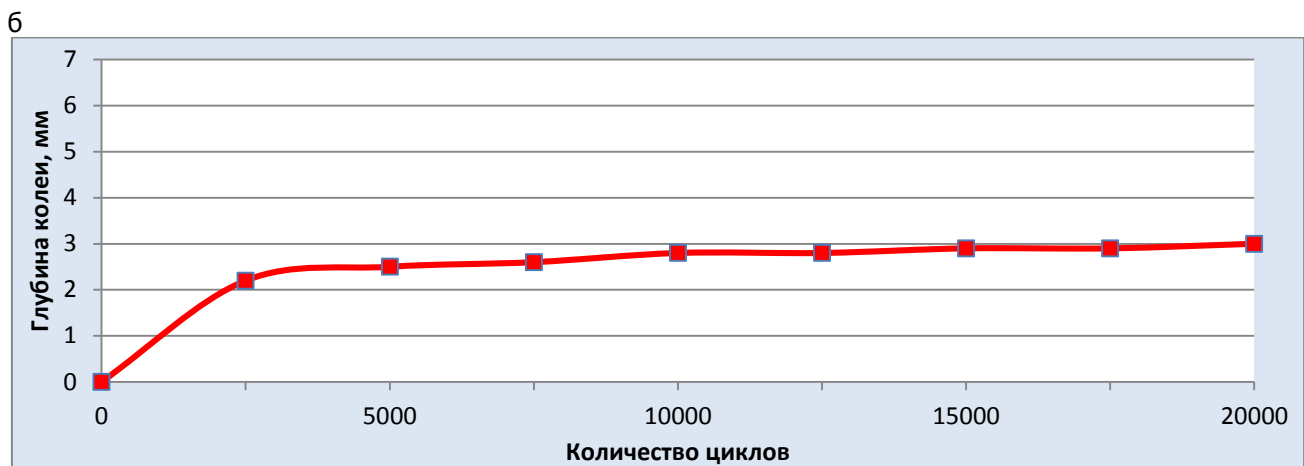


Рисунок П.5 – Глубина колеи зарегистрированная для образца асфальтобетона типа А (а), и ЩМА на ПБВ (б), в ходе лабораторных испытаний на установке УК-1

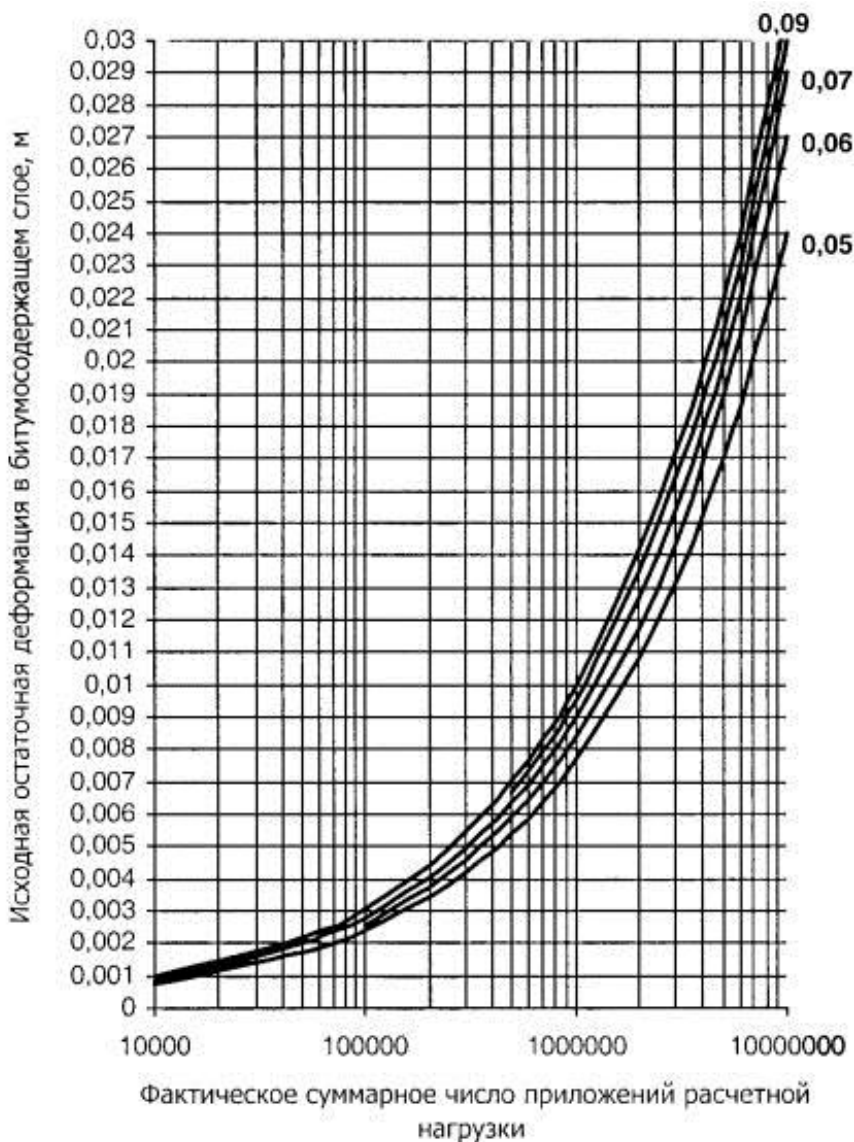


Рисунок П.6 – График для определения исходной остаточной деформации в битумосодержащем слое ϵ_b ; цифры на кривых – толщина сдвигоопасной зоны Н (по табл. 1.14 в зависимости от суммарной толщины битумосодержащих слоев), м

Исходные значения остаточной деформации в слоях асфальтобетона составят:

$$\varepsilon_{b(5)}=0.0013 \text{ м}; \quad \varepsilon_{b(10)}=0.0020 \text{ м}; \quad \varepsilon_{b(18)}=0.0027 \text{ м}$$

Расчетные значения остаточных деформаций в слоях асфальтобетона вычисляются с учетом поправки на фактический коэффициент вязкого сопротивления (по таблицам 5.4 и 5.5 приведенным в методических рекомендациях):

$$h_{кр5}=0.0013*0.8*1.3=0.0014$$

$$h_{кр10}=0.0020*0.8*1.3=0.0021$$

$$h_{кр18}=0.0027*0.8*1.3=0.0028$$

Для определения величины износа покрытия необходимо вычислить общую фактическую интенсивность движения на полуосу среднюю за 18 лет при $q_{\sigma}=1,0238$; $N_{общ.1}^{\phi}=25757$ авт/сут

$$N_{ср.ф}^{общ} = 0.3*25757*1,0238^{0.5*(18-1)}=9437 \text{ авт/сут}$$

По таблице 5.6 методических рекомендаций определяем средний годовой износ покрытия при $N_{ср.ф}^{общ}=9437$ авт/сут. С учетом применения в покрытии гранитного щебня уменьшаем полученное значение на 50%, тогда средний годовой износ составит 0.75 мм/год.

Составляющая глубины колеи за счет износа покрытия за 5-й, 10-й и 18-й годы службы дорожной одежды составит соответственно:

$$\Delta_{и5} = 0.75*5=3.8 \text{ мм};$$

$$\Delta_{и10} = 0.75*10=7.5 \text{ мм};$$

$$\Delta_{и18} = 0.75*18=13.5 \text{ мм};$$

Общая средняя глубина колеи на 5-й, 10-й, 18-й годы службы дорожной одежды определяется по формуле 1.17:

$$h_{общ5}^{ср} = ((0.015+0.0071)*0.15+0.0014)*2.56+0.0038=0.016 \text{ м}$$

$$h_{общ10}^{ср} = ((0.019+0.0088)*0.15+0.0021)*2.56+0.0075=0.024 \text{ м}$$

$$h_{общ18}^{ср} = ((0.023+0.0105)*0.15+0.0028)*2.56+0.0135=0.033 \text{ м}$$

Максимальная глубина колеи с 85% – ой обеспеченностью составит:

$$h_{общ5}^{\max} = 0.019*(1+1,04*0.25)=0.020 \text{ м}$$

$$h_{общ10}^{\max} = 0.028*(1+1,04*0.25)=0.030 \text{ м}$$

$$h_{общ18}^{\max} = 0.033 \cdot (1 + 1.04 \cdot 0.25) = 0.042 \text{ м}$$

Результаты расчета приведены на рисунке П.7

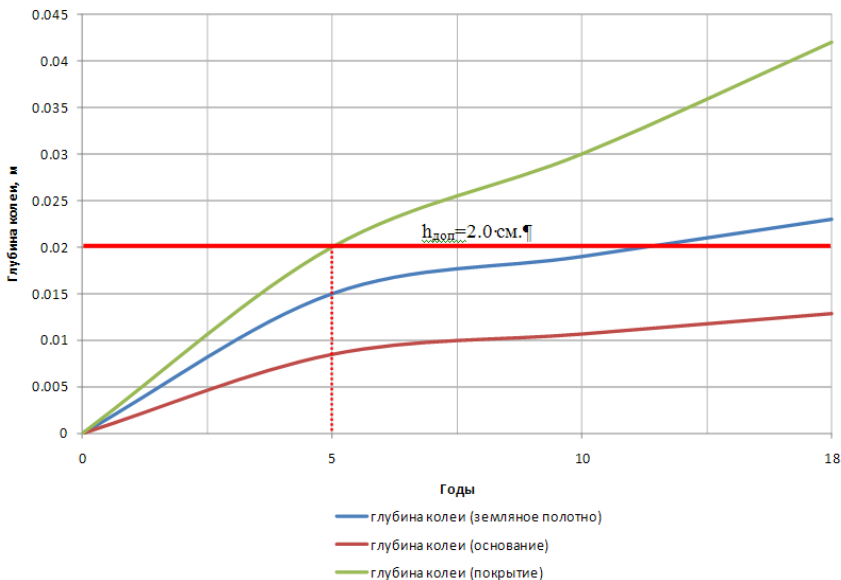


Рисунок П.7 – Прогнозирование глубины колеи для предлагаемой дорожной одежды

Как видно из рисунка прогнозируемая глубина колеи превысит предельно допустимую величину через 5 лет.

Данная колеиность может быть устранена в ходе ремонта покрытия дорожной одежды, осуществляемого каждые 4 года после начала эксплуатации участка автомобильной дороги (в соответствии с документом «Межремонтные сроки проведения капитального ремонта и ремонта автомобильных дорог общего пользования федерального значения и искусственных сооружений на них», утвержденного приказом Минтранса России от 01 ноября 2007 г. № 157).