218.2.096-2018

МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ДОРОЖНОЕ АГЕНТСТВО
РОСАВТОДОР

МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО УЧЕТУ ВЛИЯНИЯ ПАРАМЕТРОВ ТРАНСПОРТНОГО ПОТОКА НА ТЕМПЫ РАЗВИТИЯ ПОВРЕЖДЕНИЙ ПОКРЫТИЙ ДОРОЖНЫХ ОДЕЖД (НА ОСНОВЕ МОНИТОРИНГА ФЕДЕРАЛЬНОЙ АВТОМОБИЛЬНОЙ ДОРОГИ М-6 «КАСПИЙ»)

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ДОРОЖНОЕ АГЕНТСТВО (РОСАВТОДОР)

МОСКВА 2017

gost.e-ecolog.ru

Предисловие

1 РАЗРАБОТАН Обществом с ограниченной ответственностью «НАУЧНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ЦЕНТР «КАТАФОТ»

2 ВНЕСЕН Управлением строительства и эксплуатации автомобильных дорог и Управлением научно-технических исследований и информационного обеспечения Федерального дорожного агентства.

3 ИЗДАН на основании распоряжения Федерального дорожного агентства от 25.07.2018 № 2915-р

4 ИМЕЮТ РЕКОМЕНДАТЕЛЬНЫЙ ХАРАКТЕР.

5 ВВЕДЕНЫ ВПЕРВЫЕ.

Содержание

1 Область применения……

2 Нормативные ссылки……

3 Термины и определения……..

4 Общие положения……

5 Дополнительные требования к проектным решениям по конструкциям дорожных одежд……

6 Влияние параметров транспортного потока на темпы ухудшения продольной и поперечной ровности дорожных покрытий ……

7 Прогнозирование изменения продольной ровности дорожного покрытия …

8 Прогнозирование изменения поперечной ровности дорожного покрытия …

Библиография……

218.2.096-2018

МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ

Методические рекомендации по учету влияния параметров транспортного потока на темпы развития повреждений покрытий дорожных одежд (на основе мониторинга федеральной автомобильной дороги М-6 «Каспий»)

1 Область применения

Настоящие методические рекомендации предназначены для проектных подрядных организаций осуществляющих работы по проектированию, конструированию и расчету дорожных одежд нежесткого и жесткого типов дорог федерального значения.

Методические рекомендации являются дополнением к действующим нормативным документам по расчету дорожных одежд ОДН 218.046-01 [1] и Методическим рекомендациям по проектированию жестких дорожных одежд [2].

Проектные подрядные организации руководствуются настоящими методическими рекомендациями для прогнозирования показателей продольной и поперечной ровности покрытий дорожных одежд за проектный срок службы дорожной одежды.

Приведённая методика в настоящих методических рекомендациях по прогнозированию показателей продольной и поперечной ровности покрытий дорожных одежд может быть применена для планирования и назначения ремонтных работ и оценки потенциальных сроков службы дорожных одежд, в том числе на основе текущего (фактического) состояния покрытий дорожных одежд органами управления.

2 Нормативные ссылки

В настоящих методических рекомендациях использованы нормативные ссылки на следующие документы:

ГОСТ 33220 Дороги автомобильные общего пользования. Требования к эксплуатационному состоянию

3 Термины и определения

В настоящих методических рекомендациях применены следующие термины с соответствующими определениями:

3.1 **дорожная одежда:** Многослойная конструкция в пределах проезжей части автомобильной дороги, воспринимающая нагрузку от транспортного средства и передающая её на грунт. Традиционно включает три элемента: покрытие, основание и дополнительные слои основания, каждый из которых может включать несколько слоёв.

3.2 **мониторинг состояния покрытия дорожной одежды:** Система сбора, обработки и хранения данных о состоянии покрытия дорожной одежды автомобильной дороги в процессе её эксплуатации.

3.3 **основные индикаторы состояния проезжей части:** Международный показатель продольной ровности IRI_{100} и глубина колеи K_{100}.

3.4 **покрытие:** Верхний слой дорожной одежды, воспринимающий усилия от колес автомобилей и подвергающийся непосредственному воздействию погодно-климатических факторов.

3.5 **поперечная ровность (глубина колеи):** Плавное искажение поперечного профиля автомобильной дороги, локализованное вдоль полос наката.

3.6 **продольная ровность:** Качественная характеристика состояния поверхности покрытия дорожной одежды по геометрическим параметрам,

способным оказывать влияние на колебания движущегося транспортного средства.

3.7 **проектный срок службы:** Период времени, принимаемый проектной организацией, в течение которого дорожная одежда не потребуют выполнения ремонта.

3.8 **темп ухудшения состояния проезжей части.** Увеличение индикаторов продольной и поперечной ровности покрытия дорожной одежды за год (ΔIRI/год и ΔК/год).

3.9 **терминальное состояние проезжей части:** Состояние проезжей части дорожного покрытия, требующее ремонтных воздействий.

4 Общие положения

4.1 Для объективной оценки технических решений принимаемых в процессе проектирования дорожных одежд, нормирования требований к качеству строительства конструкций дорожных одежд и оценки качества мероприятий по ремонту и содержанию дорожных одежд в процессе эксплуатации автомобильной дороги необходимым условием является проведение регулярного мониторинга состояния конструкции дорожных одежд.

4.2 Настоящие методические рекомендации разработаны на основе многолетнего мониторинга за состоянием покрытий различных конструкций дорожных одежд на федеральной автомобильной дороге М-6 (Р 22) «Каспий» на участке км 184+745 – км 961+000 в течение семилетнего периода наблюдения, в течение которого выполнялись работы по определению текущего состояния покрытий различных конструкций дорожных одежд, в основу которого входило определение значений продольной и поперечной ровности покрытий дорожных одежд и фиксация локальных повреждений покрытий.

4.3 Состав работ, за исключением работ по многолетнему мониторингу, включал в себя сбор первичной информации о строительстве наблюдаемого

участка автомобильной дороги, информации о видах работ выполненных в рамках реконструкции, капитального ремонта, ремонта и содержания с учётом принятых проектных решений по конструированию дорожных одежд.

4.4 Результатом многолетних наблюдений текущего состояния покрытий дорожных одежд явились зависимости, характеризующие динамику изменения показателей продольной и поперечной ровности покрытий различных конструкций дорожных одежд с учётом изменяемости параметров транспортного потока.

4.5 В настоящих методических рекомендациях изложена методика прогнозирования темпов увеличения показателей продольной и поперечной ровности покрытия.

4.6 Проектная организация при разработке проектной документации на строительство, реконструкцию, капитальный ремонт или ремонт участков автомобильной дороги включает в состав проектной документации в раздел расчет и конструирование дорожной одежды среднегодовой прогноз темпов ухудшения показателей продольной и поперечной ровности покрытия дорожной одежды до межремонтного срока службы [3].

Первоначально определяют проектный среднегодовой темп развития повреждений в соответствии с разделом 5, после чего среднегодовой прогноз темпов ухудшения продольной и поперечной ровности дорожных покрытий в соответствии с разделами 7 и 8 настоящих методических рекомендаций.

4.7 Терминальные значения продольной и поперечной ровности покрытия дорожной одежды должны соответствовать предельно допустимым значениям ГОСТ 33220.

4.8 Настоящие методические рекомендации разработаны на основе опыта применения конструкций дорожных одежд жесткого и нежесткого типов при строительстве, реконструкции, капитальном ремонте и ремонте

участков федеральной автомобильной дороги М-6 (Р 22) «Каспий». Конструкции дорожных одежд представлены в Приложении А.

5. Дополнительные требования к проектным решениям по конструкциям дорожных одежд

5.1 Основной задачей, действующих руководящих документов по проектированию дорожных одежд жесткого и нежесткого типов, является определение параметров конструкции, назначение толщины конструктивных слоев и подбор материалов в соответствии с исходными данными. В состав исходных данных принято включать: категорию автомобильной дороги, месторасположение объекта, проектный срок службы, прогнозируемые интенсивность и состав движения, параметры и тип грунта земляного полотна.

5.2 В соответствии с принятой терминологией к жестким дорожным одеждам принято относить конструкции с монолитным цементобетонным покрытием, конструкции с асфальтобетонным покрытием на цементобетонном основании и конструкции с покрытием из сборных бетонных и железобетонных плит. К нежестким дорожным одеждам относят все остальные дорожные одежды с асфальтобетонным покрытием.

5.3 Проектные решения должны обеспечивать: общую прочность конструкции дорожной одежды в соответствии с требуемым модулем упругости, усталостную прочность верхних слоёв покрытия на растяжение при изгибе, необходимую устойчивость грунта и нижнего слоя основания к сдвигающим усилиям, устойчивость конструкции к морозному пучению и гарантировать отвод воды из нижнего слоя основания в условиях критического поступления влаги.

5.4 Установлено, что причинами преждевременного разрушения дорожных покрытий могут быть: ошибочные проектные решения; некачественное строительство; невыполнение обязательных мероприятий в составе работ по содержанию автомобильной дороги. С целью разделения

ответственности между проектными, строительными и эксплуатационными организациями предлагается в составе проектной документации ввести прогноз изменения основных индикаторов состояния проезжей части: международного показателя продольной ровности IRI_{100} и показатель глубины колеи $К_{100}$.

5.5 Указанные показатели состояния проезжей части увеличиваются в процессе эксплуатации до терминальных значений, регламентируемых действующими требованиями к эксплуатационному состоянию автомобильных дорог. Дополнительным параметром конструкции предлагается считать проектное значение темпа увеличения индикатора ΔIRI_{100}/год и $\Delta К_{100}$/год. На рисунках 1 и 2 в качестве примеров представлены зависимости изменения продольной и поперечной ровности с темпом увеличения международного показателя ровности и глубины колеи.

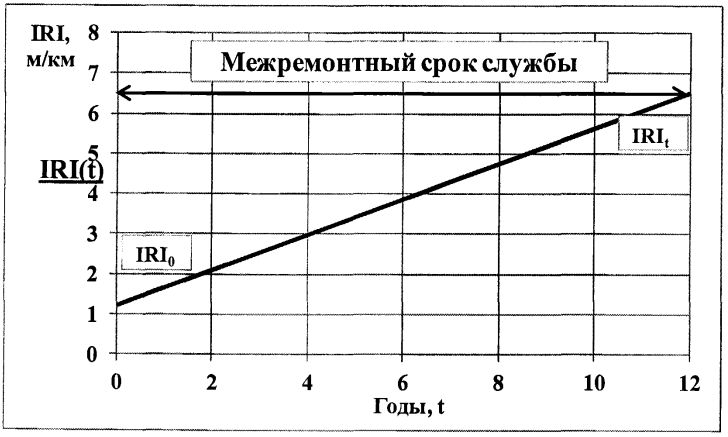


Рисунок 1 – Проектное изменение международного показателя ровности *IRI* по годам эксплуатации

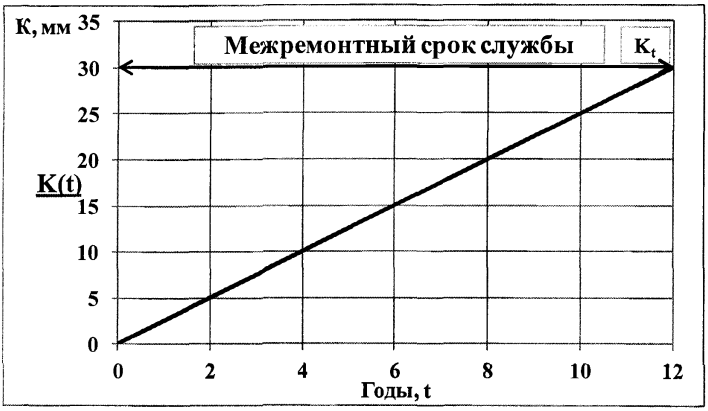


Рисунок 2 – Проектное изменение глубины колем К по годам эксплуатации

5.6 В соответствии с требованиями к эксплуатационному состоянию дорожных покрытий по условиям безопасности движения следует установить требования к терминальному состоянию покрытия по продольной ровности покрытия IRI_t и по перечной ровности покрытия K_t по таблицам 1 и 2 в соответствии с ГОСТ 33220.

Таблица 1 – Значения показателей продольной ровности покрытия

Категория дороги	Ровность по показателю IRI, м/ км, не более
IA, IБ	4,0
IB, II	4,5
III	5,5
IV	6,5
Примечание – Значения IRI (International Roughness Index – Международный показатель ровности) рассчитывают по каждому 100-метровому участку полосы дороги	

Таблица 2 – Значения показателя поперечной ровности покрытия

Категория дороги	Глубина колеи по показателю К, см, не более
IA, IБ	2,5
IB – IV	3,0

5.7 В соответствии с требованиями стандартов по приемке построенных или отремонтированных покрытий принимаются начальное значение продольной ровности покрытия IRI_0 в соответствии с таблице 3

[4,5] или устанавливают более высокие требования к начальному значению продольной ровности.

Таблица 3 – Требования к начальной продольной ровности дорожных покрытий

Категория автомобильной дороги	Допустимые значения амплитуд, мм			IRI, м/км
	Длина прямой линии, м			
	10	20	40	Не более
I, II, III	5	8	16	2,2
IV, V	6	10	20	2,6

5.8 На основе принятого в проектной документации межремонтного срока службы дорожной одежды вычисляют проектный среднегодовой темп развития повреждений $\Delta IRI_{проект}$ и $\Delta К_{проект}$. Указанные значения следует вычислять по следующим формулам:

$$\Delta IRI_{проект} = \frac{IRI_t - IRI_0}{t} \quad (1)$$

и

$$\Delta K_{проект} = \frac{K_t}{t} \quad (2)$$

где IRI_0 – начальное значение международного показателя ровности на дату ввода в эксплуатацию, м/км; IRI_t – терминальное значение международного показателя ровности к концу проектного срока службы; t – проектный срок службы; K_t – терминальное значение показателя глубины колеи к концу проектного срока службы.

6 Влияние параметров транспортного потока на темпы ухудшения продольной и поперечной ровности дорожных покрытий

6.1 Процесс ухудшения эксплуатационного состояния покрытий дорожных одежд рассматривается в виде накопления микроповреждений, вызываемых каждой осью проезжающих автомобилей. Величина единичных микроповреждений существенно различается для разных автомобилей в

зависимости от их грузоподъёмности и собственной массы автомобилей, от распределения нагрузки по осям, от скорости их движения, температуры покрытия и состояния грунтового основания.

6.2 Процессы образования микроповреждений могут приводить к появлению усталостных трещин в слоях цементобетона и асфальтобетона, накоплению остаточных деформаций в нежестких слоях дорожных одежд, пластических деформаций в слоях асфальтобетона при высоких температурах и износу поверхности покрытия в результате абразивного воздействия колес автомобилей при их разгоне и торможении.

6.3 В настоящих рекомендациях принято, что все перечисленные повреждения вносят свой вклад в ухудшение продольной и поперечной ровности, что приводит к увеличению показателей IRI_{100} и глубины колеи $К_{100}$. Интенсивность увеличения показателей ΔIRI/год и ΔК/год существенно различается для жестких и нежестких конструкций дорожных одежд, для цементобетонных и асфальтобетонных покрытий.

6.4 На основе статистического анализа результатов измерения глубины колеи для участков с разной интенсивностью движения установлено, что темп увеличения глубины колеи имеет лучшую корреляцию с общим количеством физических автомобилей проехавших по полосе движения.

6.5 Суммарное расчетное число приложения расчетной нагрузки к точке на поверхности конструкции за срок службы определяется по формуле:

$$\sum N_P = 0{,}7 N_p \frac{K_c}{q^{(T_{en}-1)}} \cdot T_{pdg} \cdot k_n, \qquad (3)$$

где N_p – суточная приведенная интенсивность на последний год срока службы, ед./сут; T_{pdg} – расчетное число расчетных дней в году, соответствующих определенному состоянию деформируемости конструкции (определяемое в соответствии с приложением 6 ОДН 218.046-01); k_n – коэффициент, учитывающий вероятность отклонения суммарного движения от среднего ожидаемого (определяемый по таблице 3.3 ОДН 218.046-01);

k_c – коэффициент суммирования (определяемый по приложению 6, таблица П.6.2 ОДН 218.046-01) или по формуле:

$$K_c = \frac{q^{T_{СЛ}} - 1}{q - 1} \quad (4)$$

где $T_{СЛ}$ – расчетный срок службы; q – показатель изменения интенсивности движения по годам;

Суточная приведенная интенсивность на последний год срока службы определяется по формуле:

$$N_p = f_{пол} \sum_{m=1}^{n} N_m \cdot S_{мсум} \quad (5)$$

где $f_{пол}$ – коэффициент, учитывающий число полос движения и распределение движения по ним (определяемый по таблице 3.2 ОДН 218.046-01); n – общее число различных марок транспортных средств в составе транспортного потока; N_m – число проездов в сутки в обоих направлениях транспортных средств m-й марки; $S_{мсум}$ – суммарный коэффициент приведения воздействия на дорожную одежду транспортного средства m-й марки к расчетной нагрузке $Q_{расч}$, (определяемый в соответствии с приложением 2 ОДН 218.046-01).

6.6 Суммарное количество прошедших автомобилей за межремонтный срок службы дорожной одежды определяется как сумма всех прошедших физических автомобилей за межремонтный срок службы дорожной одежды с учётом роста интенсивности движения в геометрической прогрессии, определяемое по формуле:

$$\sum N_{ср.сл} = 365 \cdot f_{пол} \cdot \sum_{i=1}^{T_{СЛ}} N_i \,, \quad (6)$$

где N_i – интенсивность движения в i-ый год с учётом её роста в геометрической прогрессии, авт/сут, определяемая по формуле:

$$N_i = N_0 \cdot (1+q)^t, \quad (7)$$

где N_0 – начальная интенсивность движения, авт/сут; t – год эксплуатации.

7 Прогнозирование изменения продольной ровности дорожного покрытия

7.1 Продольную ровность покрытия дорожной одежды определяют по международному показателю ровности IRI на конец срока службы дорожной одежды или на рассматриваемый период эксплуатации по формуле:

$$IRI_{ср.сл} = IRI_0 + \sum \Delta IRI_i \quad (8)$$

где $IRI_{ср.сл}$ – значение международного показателя ровности за срок службы дорожной одежды, м/км; IRI_0 – начальное значение международного показателя ровности на дату ввода в эксплуатацию, м/км; ΔIRI_i – ежегодный прирост международного показателя ровности в i-ый год, м/км.

7.2 Ежегодный прирост международного показателя ровности при суммарном расчетном числе приложения расчетной нагрузки к точке на поверхности конструкции за межремонтный срок службы определяют по формуле:

$$\Delta IRI_i = \alpha \cdot 10^{-10} \sum N_p \cdot 365, \quad (9)$$

где α – коэффициент модели, принимаемый по таблице 4 в зависимости от конструкции дорожной одежды; $\sum N_p$ – суммарного расчетного числа приложения расчетной нагрузки к точке на поверхности конструкции за межремонтный срок службы.

Таблица 4 – Значение коэффициента модели α

Значение коэффициента модели α в зависимости от конструкции дорожной одежды						
Жесткая					Нежесткая	
Тип покрытия					Тип покрытия	
Цементобетон	Асфальтобетон				Асфальтобетон	
	Тип А		ЩМА-16(22)		Тип А	ЩМА-16(22)
	3 слоя	2 слоя	3 слоя	2 слоя	3 слоя	3 слоя
0,61	2,47	3,46	2,22	2,84	1,59	1,56

7.3 Ежегодный прирост международного показателя ровности при суммарном количестве физических прошедших автомобилей за межремонтный срок службы дорожной одежды определяют по формуле:

$$\Delta IRI_i = \alpha' \cdot 10^{-8} \cdot N_i \cdot 365, \quad (10)$$

где а` – коэффициент модели, принимаемый по таблице 5 в зависимости от конструкции дорожной одежды; N_i – интенсивность движения в i-ый год с учётом её роста в геометрической прогрессии, авт/сут.

Таблица 5 – Значение коэффициента модели α`

Значение коэффициента модели α' в зависимости от конструкции дорожной одежды						
Жесткая					Нежесткая	
Тип покрытия					Тип покрытия	
Цементобетон	Асфальтобетон				Асфальтобетон	
	Тип А		ЩМА-16(22)		Тип А	ЩМА-16(22)
	3 слоя	2 слоя	3 слоя	2 слоя	3 слоя	3 слоя
1,63	6,58	9,23	5,92	7,69	4,25	4,16

7.4 Начальное значение международного показателя ровности назначают для верхнего слоя покрытия для строительства, реконструкции и капитального ремонта участков автомобильной дороги в диапазоне от 0,9 до 1,5 м/ км, для участков проведения работ по ремонту от 1,5 до 2,2 м/км. Отклонение начального значения международного показателя ровности IRI_0 для верхнего слоя покрытия дорожной одежды после его укладки не должно превышать 5% в большую сторону.

7.5 Ориентировочные значения ежегодного прироста международного показателя ровности ΔIRI в зависимости от интенсивности движения для различных конструкций дорожных одежд приведены в таблице 6.

Таблица 6 – Ежегодный прирост международного показателя ровности ΔIRI в зависимости от конструкций дорожной одежды

№	Интенсивность движения	Ежегодный прирост международного показателя ровности ΔIRI в зависимости от конструкции дорожной одежды, м/км

п/п	транспортного потока по полосе движения в физических автомобилях, авт./сут.	Жесткая дорожная одежда					Нежесткая дорожная одежда	
		Тип покрытия					Тип покрытия	
		Цемен-тобетон	Асфальтобетон				Асфальтобетон	
			Тип А		ЩМА-16(22)		Тип А	ЩМА-16(22)
			3 слоя	2 слоя	3 слоя	2 слоя	3 слоя	3 слоя
1	< 2 500	0,01	0,06	0,08	0,05	0,07	0,04	0,03
2	2 500 – 5 000	0,03	0,12	0,16	0,10	0,14	0,08	0,06
3	5 000 – 10 000	0,06	0,24	0,34	0,20	0,28	0,16	0,12
4	10 000 – 20 000	0,12	0,48	0,68	0,40	0,56	0,32	0,24
5	> 20 000	0,18	0,72	1,02	0,65	0,84	0,46	0,40

8 Прогнозирование изменения поперечной ровности дорожного покрытия

8.1 Поперечную ровность покрытия дорожной одежды определяют по значению глубины колеи при суммарном расчетном числе приложения расчетной нагрузки к точке на поверхности конструкции за срок службы и по суммарному количеству физических прошедших автомобилей за срок её службы.

8.2 Глубину колеи покрытия дорожной одежды при суммарном расчетном числе приложения расчетной нагрузки к точке на поверхности конструкции за межремонтный срок службы определяют по формуле:

$$K_{ср.сл} = b \cdot 10^{-9} \sum N_p \cdot 365 \qquad (11)$$

где b – коэффициент модели, принимаемый по таблице 7 в зависимости от конструкции дорожной одежды; $\sum N_p$ – суммарного расчетного числа приложения расчетной нагрузки к точке на поверхности конструкции за межремонтный срок службы.

Таблица 7 – Значение коэффициента модели b

Значение коэффициента модели b в зависимости от конструкции дорожной одежды						
Жесткая					Нежесткая	
Тип покрытия					Тип покрытия	
Цементобетон	Асфальтобетон				Асфальтобетон	
	Тип А		ЩМА-16(22)		Тип А	ЩМА-16(22)
	3 слоя	2 слоя	3 слоя	2 слоя	3 слоя	3 слоя
1,71	4,29	5,42	2,35	5,01	4,62	3,37

8.3 Глубину колеи покрытия дорожной одежды за i-тый год эксплуатации или за срок службы дорожной одежды при суммарном количестве физических прошедших автомобилей определяют по формулам (12) и (13):

$$\Delta K_i = b' \cdot 10^{-n} \cdot N_i \cdot 365, \quad (12)$$

или за срок службы дорожной одежды

$$K_{ср.сл} = b' \cdot 10^{-n} \cdot \sum N_{ср.сл}, \quad (13)$$

где b` – коэффициент модели, принимаемый по таблице 8 в зависимости от конструкции дорожной одежды; N_i – интенсивность движения в i-ый год с учётом её роста в геометрической прогрессии, авт/сут; $\sum N_{ср.сл}$ – суммарное количество физических прошедших автомобилей за срок службы дорожной одежды; n – коэффициент модели, принимаемый для цементобетонных покрытий и щебеночно-мастичного асфальтобетона равный 7, для асфальтобетона типа А и для жесткой дорожной одежды с двухслойным покрытием с верхним щебеночно-мастичным асфальтобетоном равный 6.

Таблица 8 – Значение коэффициента модели b`

Значение коэффициента модели b` в зависимости от конструкции дорожной одежды						
Жесткая					Нежесткая	
Тип покрытия					Тип покрытия	
Цементобетон	Асфальтобетон				Асфальтобетон	
	Тип А		ЩМА-16(22)		Тип А	ЩМА-16(22)
	3 слоя	2 слоя	3 слоя	2 слоя	3 слоя	3 слоя

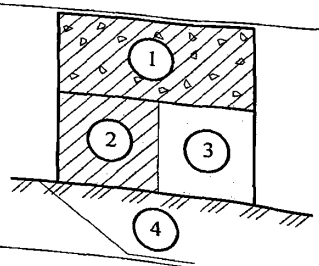
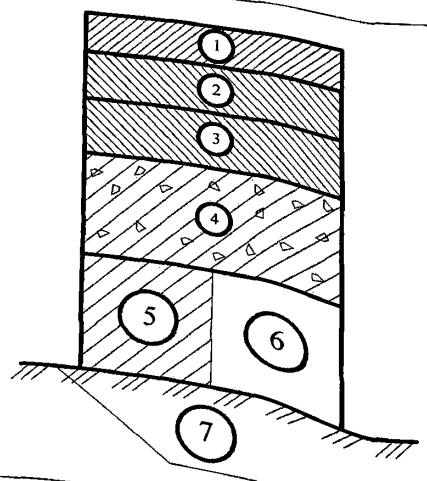
1,31	1,146	1,446	6,290	1,33	1,234	8,990

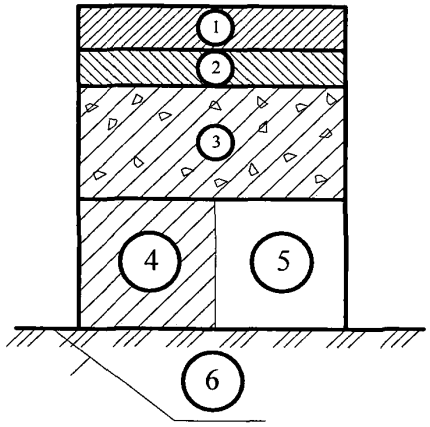
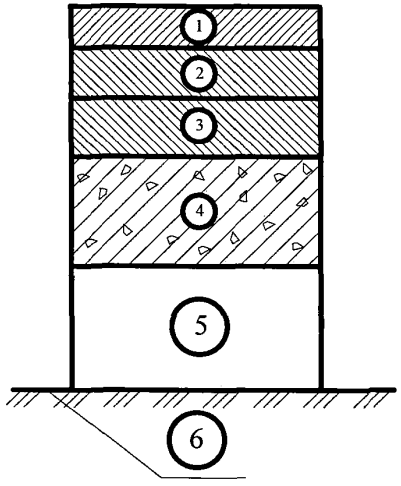
8.4 Ориентировочные значения ежегодного прироста глубины колеи ΔК в зависимости от интенсивности движения для различных конструкций дорожных одежд приведены в таблице 9.

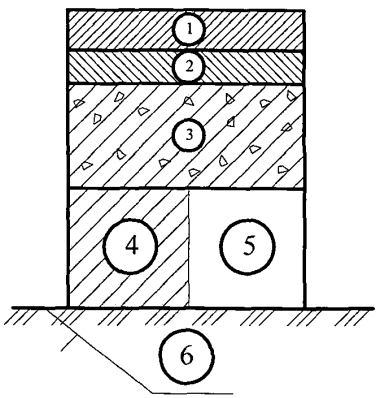
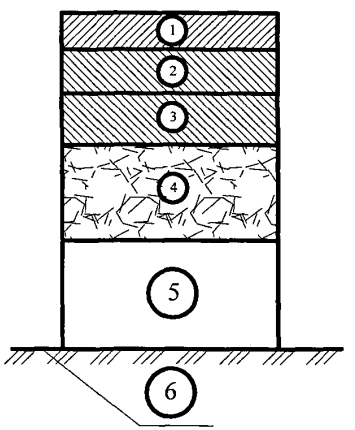
Таблица 9 – Ежегодный прирост глубины колеи ΔК в мм в зависимости от конструкции дорожной одежды

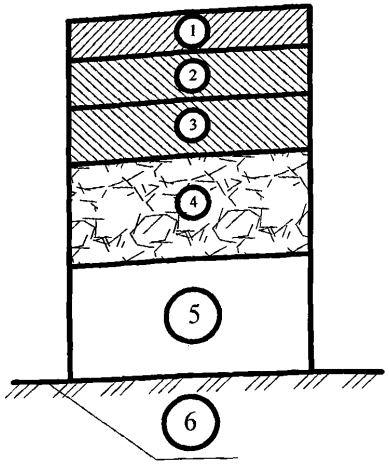
№ п/п	Интенсивность движения транспортного потока по полосе движения в физических автомобилях, авт./сут.	Ежегодный прирост глубины колеи ΔК в зависимости от конструкции дорожной одежды, мм						
		Жесткая дорожная одежда					Нежесткая дорожная одежда	
		Тип покрытия					Тип покрытия	
		Цемен-тобетон	Асфальтобетон				Асфальтобетон	
			Тип А		ЩМА-16(22)		Тип А	ЩМА-16(22)
			3 слоя	2 слоя	3 слоя	2 слоя	3 слоя	3 слоя
1	< 2 500	0,12	1,05	1,32	0,57	1,21	1,12	0,82
2	2 500 – 5 000	0,24	2,10	2,64	1,15	2,42	2,25	1,64
3	5 000 – 10 000	0,48	4,20	5,28	2,30	4,84	4,50	3,28
4	10 000 – 20 000	0,96	8,40	10,56	4,60	9,68	9,00	6,56
5	> 20 000	1,44	12,55	15,84	6,89	14,52	13,51	9,84

Приложение А

Тип дорожной одежды	Тип покрытия	Конструкция дорожной одежды	Характеристика дорожной одежды
Жесткая	Цементобетон		Дорожная одежда жесткого типа с цементобетонным покрытием 1 – цементобетонное покрытие толщиной 18-20 см; 2 – нижний слой основания из песка укрепленного цементом толщиной 16-20 см; 3 – песчаный подстилающий слой толщиной 30-50 см; 4 – грунт земляного полотна – суглинок легкий/суглинок пылеватый/песок мелкий
	Асфальтобетон Тип А (3 слоя)		Дорожная одежда жесткого типа с верхним асфальтобетонным слоем покрытия типа А 1 – верхний асфальтобетонный слой покрытия из мелкозернистой плотной асфальтобетонной смеси типа А марки I толщиной 5 см; 2 – нижний асфальтобетонный слой покрытия из крупнозернистой пористой асфальтобетонной смеси толщиной 6-7 см; 3 – выравнивающий слой основания из асфальтобетонной смеси переменной толщины 3-7 см; 4 – верхний слой основания из существующего цементобетонного покрытия толщиной 18-22 см; 5 – нижний слой основания из песка укрепленного цементом толщиной 14-16 см; 6 – песчаный подстилающий слой толщиной 30-50 см; 7 – грунт земляного полотна – суглинок легкий пылеватый/песок средней крупности.

Жесткая	Асфальтобетон Тип А (2 слоя)		Дорожная одежда жесткого типа с верхним асфальтобетонным слоем покрытия типа А 1 – верхний асфальтобетонный слой покрытия из мелкозернистой плотной асфальтобетонной смеси типа А марки I толщиной 5 см; 2 – выравнивающий слой основания из мелкозернистой пористой асфальтобетонной смеси I марки переменной толщины 4-7 см; 3 – верхний слой основания из существующего цементобетонного покрытия толщиной 18-22 см; 4 – нижний слой основания из песка укрепленного цементом толщиной 14-16 см; 5 – песчаный подстилающий слой толщиной 30-50 см; 6 – грунт земляного полотна – суглинок легкий /суглинок тяжелый.
	Асфальтобетон ЩМА-16 (22)* (3 слоя)		Дорожная одежда жесткого типа с верхним щебеночно-мастичным асфальтобетонным слоем покрытия ЩМА-16 (22)* 1 – верхний асфальтобетонный слой покрытия из щебеночно-мастичной асфальтобетонной смеси толщиной 5 см; 2 – нижний асфальтобетонный слой покрытия из крупнозернистой пористой асфальтобетонной смеси I марки толщиной 6-7 см; 3 – выравнивающий слой основания из асфальтобетонной смеси II марки переменной толщины 3-7 см; 4 – верхний слой основания из существующего цементобетонного покрытия толщиной 22 см; 5 – песчаный подстилающий слой толщиной 40-50 см; 6 – грунт земляного полотна – суглинок легкий.

	Асфальтобетон ЩМА-16 (22)* (2 слоя)		Дорожная одежда жесткого типа с верхним щебеночно-мастичным асфальтобетонным слоем покрытия ЩМА-16 (22)* 1 – верхний асфальтобетонный слой покрытия из щебеночно-мастичной асфальтобетонной смеси толщиной 5 см; 2 – выравнивающий слой основания из асфальтобетонной смеси переменной толщины 5-7 см; 3 – верхний слой основания из существующего цементобетонного покрытия толщиной 18-22 см; 4 – нижний слой основания из песка укрепленного цементом толщиной 16-20 см; 5 – песчаный подстилающий слой толщиной 30-50 см; 6 – грунт земляного полотна – суглинок легкий.
Нежесткая	Асфальтобетон Тип А (3 слоя)		Дорожная одежда нежесткого типа с верхним асфальтобетонным слоем покрытия типа А 1 – верхний асфальтобетонный слой покрытий из мелкозернистой плотной асфальтобетонной смеси типа А марки I толщиной 5 см; 2 – нижний асфальтобетонный слой покрытия из крупнозернистой плотной асфальтобетонной смеси типа Б марки I на полимерно-битумном вяжущем толщиной 7 см; 3 – верхний слой основания из крупнозернистой пористой асфальтобетонной смеси марки II толщиной 8 см; 4 – нижний слой основания из щебня толщиной 27-36 см; 5 – песчаный подстилающий слой толщиной 25-30 см; 6 – грунт земляного полотна – суглинок.

Нежесткая	Асфальтобетон ЩМА-16 (22)* (3 слоя)		Дорожная одежда нежесткого типа с верхним щебеночно-мастичным асфальтобетонным слоем покрытия ЩМА-16 (22)* 1 – верхний асфальтобетонный слой покрытия из щебеночно-мастичной асфальтобетонной смеси толщиной 4-5 см; 2 – нижний асфальтобетонный слой покрытия из пористой мелкозернистой/крупнозернистой асфальтобетонной смеси I марки толщиной 6-7 см; 3 – верхний слой основания из пористой крупнозернистой смеси II марки толщиной 10 см; 4 – нижний слой основания из щебня толщиной 20-31 см; 5 – песчаный подстилающий слой толщиной 30-50 см; 6 – грунт земляного полотна – суглинок легкий/песок мелкий

Примечание:
1* ЩМА-16 (22) согласно ПНСТ 183-2016. Мониторинг состояния покрытий дорожных одежд, осуществлялся по щебеночно-мастичному асфальтобетонному слою покрытия ЩМА-15 (20), в соответствии с проектной документацией на работы по строительству, реконструкции, капитальному ремонту и ремонту участков федеральной автомобильной дороги М-6 (Р 22) «Каспий».

Приложение Б

Пример расчета

Требуется определить темпы ухудшения значений показателей продольной и поперечной ровности покрытия дорожной одежды на участке автомобильной дороге II категории в Тамбовской области.

Исходные данные

Конструкция дорожной одежды:

- верхний асфальтобетонный слой покрытий из мелкозернистой плотной асфальтобетонной смеси типа А марки I толщиной 5 см;
- нижний асфальтобетонный слой покрытия из крупнозернистой плотной асфальтобетонной смеси типа Б марки I на полимерно-битумном вяжущем толщиной 7 см;
- верхний слой основания из крупнозернистой пористой асфальтобетонной смеси марки II толщиной 8 см;
- нижний слой основания из щебня толщиной 27 см;
- песчаный подстилающий слой толщиной 30 см;
- грунт земляного полотна – суглинок.

Параметры транспортного потока:

Показатель изменения интенсивности движения по годам – 1,05

Интенсивность движения на последний год эксплуатации 9 975 авт/сут.

Состав транспортного потока:

- легковые автомобили – 56,0%;
- легкие грузовые автомобили грузоподъемностью от 1 до 2 т – 10,8%;
- средние грузовые автомобили грузоподъемностью от 2 до 5 т – 7,3%;
- тяжелые грузовые автомобили грузоподъемностью от 5 до 8 т – 4,9%;
- очень тяжелые грузовые автомобили грузоподъемностью более 8 т – 12,0%;
- автобусы – 2,0%;
- тягачи с прицепами – 7,0%;

Период прогнозирования – 12 лет

Определение проектных значений темпов увеличения индикаторов $\Delta IRI_{проект}$ и $\Delta К_{проект}$

Определение темпа увеличения показателя продольной ровности покрытия дорожной одежды ΔIRI_{100}/год:

$$\Delta IRI_{проект} = \frac{IRI_t - IRI_0}{t} = \frac{4,5 - 1,1}{12} = 0,28 \frac{м}{км} / год$$

Определение темпа увеличения показателя поперечной ровности покрытия дорожной одежды $\Delta К_{100}$/год:

$$\Delta K_{проект} = \frac{K_t}{t} = \frac{30}{12} = 2,5 мм / год$$

Определение параметров транспортного потока

Определение суммарного расчетного числа приложения расчетной нагрузки к точке на поверхности конструкции на период прогнозирования по формуле:

$$\sum N_P = 0,7 N_p \frac{K_c}{q^{(T_{сл}-1)}} \cdot T_{рдг} \cdot k_n,$$

$$N_p = f_{пол} \sum_{m=1}^{n} N_m \cdot S_{мсум} = 1325 ед./сут$$

$$\sum N_P = 0,7 \cdot 1325 \cdot \frac{15,9}{1,05^{11}} \cdot 135 \cdot 1,49 = 1736267 ед/12 лет$$

Определение интенсивность движения в i-ый год с учётом её роста в геометрической прогрессии, авт/сут, за период прогнозирования по формуле:

$$N_i = N_0 \cdot (1+q)^t$$

Таблица Б.1 – Интенсивность движения в течение срока службы дорожной одежды до ремонта

Год эксплуатации, i	Интенсивность движения, авт/сут
1	5833
2	6125
3	6430
4	6752
5	7090
6	7445

7	7817
8	8207
9	8618
10	9049
11	9500
12	9975

Определение суммарного количества физических прошедших автомобилей за период прогнозирования на полосу движения по формуле (6):

$$\sum N_{12} = 365 \cdot f_{пол} \cdot \sum_{i=1}^{T_{сл}} N_i = 365 \cdot 0{,}55 \cdot (5833 + 6125 + 6430 + 6752 + 7090 + 7445 + 7817 + 8207 + 8618 + 9049 + 9500 + 9975) = 18637831 авт / 12 лет$$

Определение продольной ровности покрытия дорожной одежды

Определение ежегодного прироста международного показателя ровности при суммарном расчетном числе приложения расчетной нагрузки к точке на поверхности конструкции за период прогнозирования по формуле (9), где $\alpha=1{,}59 \cdot 10^{-10}$.

$$\Delta IRI_i = \alpha \cdot 10^{-10} \sum N_p \cdot 365 = 1{,}59 \cdot 10^{-10} \cdot 1736267 \cdot 365 = 0{,}10 м / км$$

Определение продольной ровности покрытия дорожной одежды на 12 год эксплуатации:

$$IRI_{12} = IRI_0 + \sum \Delta IRI_i = 1{,}1 + 0{,}10 + 0{,}10 + 0{,}10 + 0{,}10 + 0{,}10 + 0{,}10 + 0{,}10 + 0{,}10 + 0{,}10 + 0{,}10 + 0{,}10 + 0{,}10 = 2{,}3 м / км$$

Определение ежегодного прироста международного показателя ровности при суммарном количестве физических прошедших автомобилей за межремонтный срок службы дорожной одежды по годам эксплуатации по формуле (10), где $\alpha'=4{,}25 \cdot 10^{-8}$.

$$\Delta IRI_i = \alpha' \cdot 10^{-8} \cdot N_i \cdot 365$$

Таблица Б.2 – Темп прироста ΔIRI_i по годам эксплуатации

Год эксплуатации, i	Интенсивность движения на полосу движения N_i, авт/сут	Темп прироста ΔIRI_i, м/км
1	3209	0,05
2	3369	0,05
3	3537	0,05
4	3714	0,06
5	3850	0,06
6	4095	0,06
7	4300	0,07
8	4514	0,07
9	4740	0,07
10	4977	0,08
11	5225	0,08
12	5487	0,08

Определение продольной ровности покрытия дорожной одежды на 12 год эксплуатации:

$$IRI_{12} = IRI_0 + \sum \Delta IRI_i = 1{,}1 + 0{,}05 + 0{,}05 + 0{,}05 + 0{,}06 + 0{,}06 + 0{,}06 + 0{,}07 + 0{,}07 + + 0{,}07 + 0{,}08 + 0{,}08 + 0{,}08 = 1{,}9 м / км$$

Определение поперечной ровности покрытия дорожной одежды

Определение ежегодного темпа ухудшения глубины колеи покрытия дорожной одежды определяется по формуле (12):

$$\Delta K_i = b' \cdot 10^{-n} \cdot N_i \cdot 365$$

Таблица Б.3 – Темп прироста ΔK_i по годам эксплуатации

Год эксплуатации, i	Интенсивность движения на полосу движения N_i, авт/сут	Темп прироста ΔK_i, мм
1	3209	1,45
2	3369	1,52
3	3537	1,59
4	3714	1,67
5	3850	1,73
6	4095	1,84
7	4300	1,94
8	4514	2,03
9	4740	2,13
10	4977	2,24
11	5225	2,35
12	5487	2,47

$$\sum \Delta K_i = b' \cdot 10^{-n} \cdot N_i \cdot 365 = 1{,}234 \cdot 10^6 \cdot 365 \cdot (3209 + 3369 + 3537 + 3714 + 3850 + 4095 + 4300 + 4514 + 4740 + 4977 + 5225 + 5487) = 23{,}0 мм$$

Определение суммарной глубины колеи покрытия дорожной одежды по суммарному количеству физических прошедших автомобилей за период прогнозирования:

$$K_{12} = b' \cdot 10^{-n} \cdot \sum N_{ср.сл} = 1{,}234 \cdot 10^{-6} \cdot 18637831 = 23{,}0 мм$$

Библиография

[1] ОДН 218.046-01 Проектирование нежестких дорожных одежд. М. 2001.

[2] Методические рекомендациям по проектированию жестких дорожных одежд. М. 2003.

[3] Постановлением Правительства Российской Федерации от 30.05.2017 № 658 «О нормативах финансовых затрат и правил расчёта размера бюджетных ассигнований федерального бюджета на капитальных ремонт, ремонт и содержание автомобильных дорог федерального значения»

[4] СП 34.13330.2012 Автомобильные дороги. Актуализированная редакция СНиП 2.05.02-85*

[5] СП 78.13330.2012 Автомобильные дороги. Актуализированная редакция СНиП 3.06.03-85

ОКС

Ключевые слова: автомобильная дорога, покрытие, дорожная одежда, мониторинг, продольная ровность, поперечная ровность, интенсивность движения, состав транспортного потока.

gost.e-ecolog.ru