УДК 625.711.2:625.8

УЧЕТ ЭКСПЛУАТАЦИОННОЙ НАДЕЖНОСТИ ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ ДОРОЖНЫХ ОДЕЖД АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ С НИЗКОЙ ИНТЕНСИВНОСТЬЮ ДВИЖЕНИЯ

Д-р техн. наук, профессор **А.М. Кулижников**
(ФАУ «РОСДОРНИИ»)
Конт. информация: kulizhnikov@rosdornii.ru

Рассмотрены особенности подхода к расчету дорожных одежд с низкой интенсивностью движения с учетом зарубежного опыта. Приведена методика расчета дорожных одежд автомобильных дорог с низкой интенсивностью движения с проверкой на эксплуатационную надежность. Представлен пример проверки дорожной одежды на колееобразование и истирание материала покрытия.
Ключевые слова: *дорожная одежда, автомобильная дорога, низкая интенсивность движения, эксплуатация, колееобразование, истирание, износ, морозное пучение.*

Во исполнение поручения Правительства РФ по реализации п. 1.1 «*Плана мероприятий, направленных на обеспечение в ближайшие 10 лет увеличения объемов строительства и реконструкции автомобильных дорог общего пользования регионального, межмуниципального и местного значения в два раза по сравнению с периодом 2003–2012 годов*» от 26 октября 2013 г. № 6440п-П9, представляется целесообразным разработать конструкции дорожных одежд и методику их расчета на прочность и морозоустойчивость для автомобильных дорог с низкой интенсивностью движения (НИД), при некотором упрощении требований к конструктивным решениям и расчету на прочность и морозоустойчивость без ущерба для безопасности дорожного движения.

В настоящее время в Российской Федерации автомобильные дороги I–IV категорий рассчитываются точно так же, как и автомобильные дороги с НИД до 400 авт./сут. В то же время на дорогах I–III категорий интенсивность движения в среднем на один-два порядка больше, чем на дорогах с НИД.

Сравниваемые дороги с высокой и низкой интенсивностью движения отличаются принципами проектирования. Например, проектирование автомобильных дорог с НИД категории VБ, согласно СП 243.1326000.2015 **[1],** выполняется, не руководствуясь расчетной

скоростью, а исходя из обеспечения круглогодичного проезда независимо от скорости движения.

На сегодняшний день дорожные одежды переходного и низшего типов автомобильных дорог с НИД рассчитываются по ОДМ 218.2.017-2011 **[2]**, без учета их специфики, что ведет к созданию излишне материалоемких конструкций таких дорожных одежд, а вложенные затраты в строительство не окупаются из-за малых транспортных потоков.

Требуются новые методики расчета, которые бы позволяли получить упрощенные, но в то же время достаточно прочные конструкции дорожных одежд с учетом функционального назначения и эксплуатационной надежности дорог с НИД. При расчете дорожных одежд низшего и переходного типов следует учитывать, что их ровность может быть периодически восстановлена в процессе эксплуатации путем несложного грейдерования и уплотнения.

Дорожные одежды автомобильных дорог с НИД следует проектировать без ущерба для безопасности движения с учетом допускаемых остаточных деформаций (в том числе глубины колеи, несколько больше чем для дорог высоких категорий) в зависимости от функционального назначения и принимаемых требований к ровности покрытия, а также с учетом вводимого ограничения движения по грузоподъемности автомобилей в периоды весенне-осенней распутицы.

При проектировании дорожных одежд для автомобильных дорог с НИД следует руководствоваться принципом достижения равновесия между интенсивностью, составом транспортного потока, прочностью дорожной конструкции и затратами на строительство, реконструкцию, капитальный ремонт и содержание автомобильных дорог. При большой интенсивности и свыше 10% тяжелых транспортных средств (с нагрузкой на ось более 10 т) в составе транспортного потока необходимо повышать требования к прочности дорожной одежды и увеличивать строительные затраты, чтобы уменьшить эксплуатационные расходы. При малой интенсивности движения и более 70% легковых автомобилей в составе транспортного потока необходимо снижать требования к прочности дорожной одежды и уменьшать строительные затраты, увеличивая эксплуатационные расходы. При строительстве, реконструкции и капитальном ремонте дорог с НИД следует избегать строительных затрат, превышающих нормативные значения, при этом необходимо использовать местные дорожно-строительные материалы и грунты, а также промышленные отходы и техногенные грунты.

За рубежом уже несколько десятков лет действуют разные нормы на проектирование для автомобильных дорог общего пользования и автомобильных дорог с НИД. Технические требования на конструирование и расчет дорожных одежд для дорог с НИД существенно упрощены. При эксплуатации автомобильных дорог с НИД допускаются также заниженные требования по ровности, колейности, наличию трещин **[3]**.

Отличительной особенностью зарубежных методов расчета является учет эксплуатационной надежности дорожных одежд, а также расчеты на колееобразование и износ покрытия.

Особенности расчета дорожных одежд автомобильных дорог с низкой интенсивностью движения за рубежом приведены в **табл. 1 [4-7]**.

По мнению зарубежных специалистов, состояние покрытия дорог с НИД не должно быть идеальным и может иметь дефекты, не превышающие определенные величины, что соотносится с понятием стандартного (минимального) уровня содержания дорог. Речь идет о таких параметрах, как колейность и ровность покрытия **[3]**.

Именно эти два параметра оказывают существенное влияние на издержки пользователей дорог и используются для расчетов в различных экономических моделях. В зависимости от состояния дорожного покрытия стоимость перевозок для различного класса автомобилей может возрастать в 1,5-1,6 раза **[3]**.

Для оптимизации затрат используются специальные социально-экономические модели, которые позволяют минимизировать общие годовые расходы, связанные с издержками владельцев и пользователей дорог. Причем в этом случае необходимо одновременно учитывать требования к нормированию параметров проектирования автомобильной дороги и стандартам ее содержания, которые должны составлять единую технологическую цепочку, оказывающую влияние на суммарные издержки.

Показатели затрат для обеспечения стандартного уровня содержания дорог с НИД определяются как баланс между оптимальными суммарными расходами на строительство и эксплуатацию дороги, издержек пользователей дорог при различных уровнях содержания дорог (**рис. 1**) **[3]**.

В целом уровни обслуживания дороги должны определяться в зависимости от потребностей пользователей дорог, как например, в Скандинавских странах **[8]**.

В этих странах путем суммирования потребностей как социально-экономических, так и пользователей дорог был разработан индекс потребности в перевозках (ИПП).

Таблица 1

Особенности расчета нежестких дорожных одежд автомобильных дорог с НИД за рубежом

Страна	*Особенности расчета нежестких дорожных одежд автомобильных дорог с НИД*
США [4]	Расчет дорожных одежд (на примере дорог с щебеночным покрытием) предусматривает: – прогнозирование дорожного движения в течение срока службы; – определение продолжительности расчетного периода; – назначение сезонных модулей упругости грунта земляного полотна; – определение модуля упругости, E_{BS} (psi), слоя щебеночного основания; – определение модуля упругости, E_{SB} (psi), основания подстилающего щебеночного слоя; – расчет потери эксплуатационной надежности; – расчет колееобразования в слое покрытия; – расчет износа щебеночного слоя покрытия.
Канада [5]	Расчет на прочность и эксплуатационную надежность, включает проверку на восприимчивость к колееобразованию, морозоустойчивость и осушение дорожной одежды.
Финляндия [6]	Расчет на прочность. При расчете допускается сумма определенных повреждений до следующего ремонта. Предусматривается предотвращение образования колеи, а также неровностей, вызванных просадкой и морозным пучением.
Румыния [7]	Расчетом предусматривается: – оценка интенсивности дорожного движения в период эксплуатации автомобильной дороги; – оценка несущей способности грунта земляного полотна; – определение доступности материалов; – вычисление относительных затрат; – выбор соответствующей конструкции дорожной одежды.

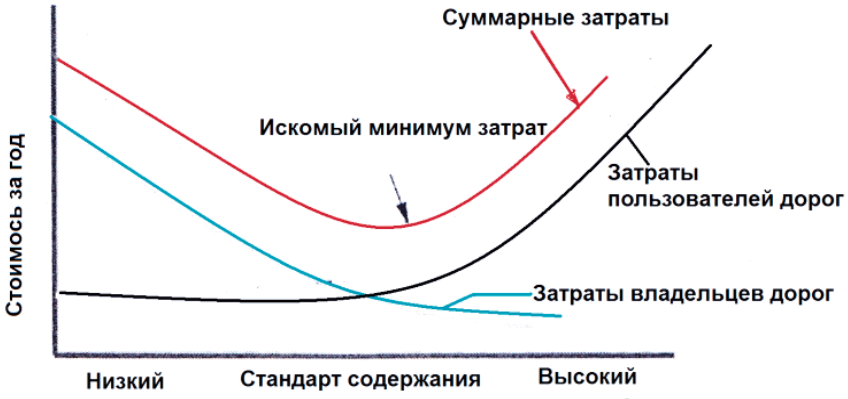


Рис. 1. Принцип минимизации социально-экономической стоимости строительства, эксплуатации и содержания автомобильных дорог

Индекс – это сумма классификаций низкого развития, жизненной важности и потребностей пользователей дорог (людей, бизнеса):

ИПП = класс низкого развития +
класс жизненной важности +
потребности пользователей дорог (люди) +
потребности пользователей дорог (бизнес).

Значение ИПП варьируется от 4 до 16. Наибольшее значение показывает наивысшую потребность в перевозках **[8]**.

Уровень обслуживания дороги (низкий, стандартный, повышенный и наивысший приоритеты) по конкретному проекту определяется на основании классификации ИПП. При этом для каждого уровня обслуживания устанавливаются конкретные требования к комфортабельности вождения, безопасности дорожного движения, ограничению грузоподъемности и доступности **[8]**.

Таким образом, зарубежные подходы к расчету дорожных одежд автомобильных дорог с НИД, проверенные опытом эксплуатации, известны.

Следует отметить, что в этом направлении предпринимаются определенные действия и в Российской Федерации: разработан СП 243.1326000.2015 *«Проектирование и строительство автомобильных дорог с низкой интенсивностью движения»* **[1]**, на рассмотрении находятся окончательные редакции ПНСТ (Предварительный национальный стандарт) «*Конструирование и расчет дорожных одежд с низкой интенсивностью движения*» и ПНСТ «*Функциональная классификация автомобильных дорог*».

В проекте ПНСТ «*Конструирование и расчет дорожных одежд с низкой интенсивностью движения*» предусматривается гибкое проектирование дорожной одежды с проверкой на эксплуатационную надежность (с учетом разновременных затрат в жизненном цикле дорожной одежды), позволяющее создавать конструкцию дорожной одежды на межремонтный срок службы без сколь-нибудь существенных затрат по содержанию либо на основе технико-экономического сравнения вариантов закладывать минимальные строительные затраты на дорожную одежду, а в межремонтные сроки предусматривать плановые значительные затраты на устройство слоев износа или защитных слоев. Рассматриваются и оптимальные по дисконтированным затратам промежуточные варианты конструкций дорожных одежд, исходя из двух вышеописанных диаметрально противоположных подходов.

Под эксплуатационной надежностью дорожных одежд переходного и низшего типов следует понимать требуемое количество проходов расчетных осей автомобилей за срок службы дорожной одежды, при котором, с учетом периодически выполняемого профилирования покрытия, колееобразование, истирание и пучение на поверхности покрытия не превысят допустимых величин.

Дорожные одежды переходного типа под воздействием нагрузок и природно-климатических факторов, как показывают многочисленные штамповые испытания дорожных одежд, выполненные в различных дорожно-климатических зонах, работают в стадии не упругих, а остаточных деформаций. Особенно остро это проявляется в расчетный осенне-весенний период при высокой влажности грунтов земляного полотна. В этом случае в качестве деформационных характеристик материалов конструктивных слоев целесообразно использовать модуль деформации **[9]**, как это было реализовано в свое время в ВСН 46-60 **[10]**.

В связи с вышеизложенным дорожная одежда, рассчитанная на прочность (по остаточным деформациям), должна пройти проверку на эксплуатационную надежность по следующим условиям: колееобразования, износа материала покрытия, морозного пучения и осушения дорожной одежды.

Для дорожных одежд с НИД (переходного типа) с учетом их специфики глубина колеи (h_k) будет определяться по остаточным деформациям слоев дорожной одежды и грунта земляного полотна (S), а также истиранию материала верхнего слоя покрытия в полосе наката за срок службы дорожной одежды ($h_н$) по формуле **(1)**:

$$h_k = S + h_н \ . \qquad \textbf{(1)}$$

Остаточную деформацию слоев дорожной одежды и грунта земляного полотна (S), можно определить по формуле **(2)**:

$$S = 1{,}57\ P\ D\ K / E_{д.\ общ}\ , \qquad \textbf{(2)}$$

где

P – удельное давление на покрытие от нормативной нагрузки, МПа;

D – диаметр отпечатка колеса расчетного автомобиля, м;

K – коэффициент, отражающий агрессивность повторных нагрузок, вызывающих нарастание остаточных деформаций;

$E_{д.\ общ}$ – общий модуль деформации на поверхности покрытия, МПа.

Истирание материала верхнего слоя покрытия в полосе наката ($h_н$) можно вычислить по скорректированной по результатам отечественных исследований формуле **(3)** д-ра техн. наук, профессора М.Б. Корсунского **[11]**:

$$h_H = K_Ш\left(a \cdot T + \frac{b \cdot N_{po}}{1000} \cdot \frac{(K_и \cdot q_1)^T - 1}{K \cdot q_1 - 1}\right)\ , \qquad \textbf{(3)}$$

где

$к_ш$ – коэффициент, учитывающий эксплуатацию дорог автомобилями с шинами с металлическими шипами;

$к_ш$ = 2-3 при нормативной осевой нагрузке 60 кН (для укрепленных грунтов и малопрочных каменных материалов $к_ш$ = 3; для прочных каменных материалов, при наличии поверхностной обработки $к_ш$ = 2); при нормативной осевой нагрузке 100 кН коэффициент $к_ш$ увеличивается на 25%;

T – межремонтный срок службы, для дорожных одежд переходного типа – 5 лет;

a – параметр, зависящий в основном от погодоустойчивости покрытия и климатических условий;

b – показатель, зависящий от качества (в основном прочности) материала покрытия, степени его увлажнения, состава и скорости движения;

$K_и$ – коэффициент, учитывающий изменение в составе транспортного потока (при увеличении в составе транспортного потока количества легковых автомобилей $K_и$ = 1,05, количества грузовых автомобилей $K_и$ = 1,07);

q_1 – показатель ежегодного роста интенсивности движения, $q_1 > 1{,}0$;

N_{po} – величина интенсивности движения нормативной нагрузки N_p на первый год эксплуатации дорожной одежды, которую следует определять по формуле **(4)**:

$$N_{po} = f_{\text{пол}} \sum_{m=1}^{n} N_m S_{m\,\text{сум}} \ , \qquad (4)$$

где

$f_{пол}$ – коэффициент, учитывающий число полос движения:

$f_{пол} = 1$ – для однополосного проезжей части дороги;

$f_{пол} = 0{,}55$ – для двухполосной;

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

N_m – число проездов в сутки в обоих направлениях транспортных средств m-ого вида в первый год эксплуатации дорожной одежды;

$S_{m\,\text{сум}}$ – суммарный по всем осям коэффициент приведения воздействия на дорожную одежду транспортного средства m-ого вида к нормативной нагрузке Q.

Значения параметров a и b приведены в **табл. 2**.

Таблица 2

Коэффициенты, учитываемые при расчете износа щебеночных покрытий

Покрытия	*a, мм*	*b, мм/млн брутто-тонн в зависимости от нормативной осевой нагрузки*	
		60 кН	*100 кН*
Щебеночные:			
из прочного камня	4,5-5,5	15,0-17,5	17,5-20,0
из слабопрочных каменных материалов	5,5-6,5	19,0-22,0	22,0-25,0
Гравийные:			
из прочного гравия	3,0-4,0	16,0-19,0	19,0-22,0
из слабопрочного гравия	4,0-6,0	20,0-25,0	25,0-30,0

Примечания:

1. *Средние значения a и b принимают для дорог, расположенных в зоне умеренного увлажнения (III дорожно-климатическая зона) и построенных из каменных материалов.*
2. *Для дорог с щебеночными и гравийными покрытиями, расположенных в зоне избыточного увлажнения, принимают нижние пределы, а в районах с сухим климатом – верхние пределы a и b .*
3. *Если ширина проезжей части меньше 6,0 м, то b увеличивают на 15%.*

Другой проблемой, касающейся дорог с НИД, является износ покрытия дорожных одежд под воздействием движения транспортного потока и природно-климатических факторов (температура окружающей среды, солнечная радиация, атмосферные осадки и т.д.). Щебеночно-песчаные, гравийные, гравийно-песчаные покрытия и другие покрытия подобного типа также подвержены эрозионному износу под действием интенсивных жидких осадков.

Когда происходит истирание материала покрытия, структура дорожного покрытия становится более тонкой, ухудшается несущая способность. Сокращение толщины покрытия увеличивает скорость ее разрушения.

Для учета процесса истираемости материала покрытия необходимо при проектировании знать общую толщину слоя материала покрытия, которая будет истерта, а также минимальную толщину слоя материала покрытия (по условиям прочности), которая требуется для содержания дорожного покрытия в рабочем состоянии.

Средняя величина износа покрытия (в мм) по всей площади может быть определена по формуле **(5) [11]**:

$$h_{ср} = k\, h_{и}\ , \qquad \textbf{(5)}$$

где

k – коэффициент неравномерности износа (при однополосной дороге следует принимать k = 0,7; при двухполосной – 0,6).

Приведем результаты расчета на колееобразование по усовершенствованной формуле М.Б. Корсунского, а износ материала покрытия (**рис. 2**) на примере дорожной одежды переходного типа с щебеночным покрытием на подъезде к жилой застройке категории IVБ-п (II дорожно-климатическая зона, Вологодская область).

Прогнозируемая на срок службы дорожной одежды среднесуточная интенсивность движения в весенний период года составляет 300 авт./сут.

Конструкция дорожной одежды:

- поверхностная обработка;
- слой щебня с заклинкой фракционированным мелким щебнем, толщиной 15 см;
- слой крупного песка, толщиной 15 см.

Грунт земляного полотна – супесь пылеватая.

При этом по результатам расчета такая дорожная одежда отвечает требованиям прочности по остаточным деформациям.

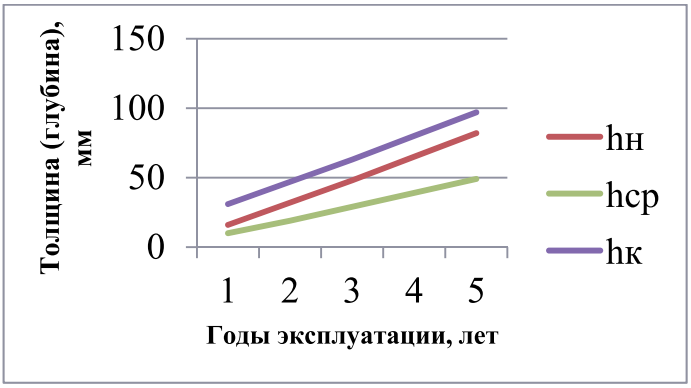


Рис. 2. Изменение толщины истирания полосы наката $h_н$, износа покрытия $h_{ср}$ и глубины колеи $h_к$ в процессе эксплуатации дорожной одежды

Из **рис. 2** следует, что в течение межремонтного срока службы дорожная одежда не будет отвечать требованиям по колееобразованию ($h_к$ превышает 30 мм), а износ материала покрытия ($h_{ср}$ = 50 мм) достигнет 1/3 толщины слоя покрытия.

При этом, как показали результаты расчета на морозоустойчивость, дорожная одежда имеет недостаточную толщину слоев из стабильных материалов (должна быть 48 см) и заниженную толщину дренирующего слоя из песка крупного (должна быть 21 см).

Таким образом, проверка на эксплуатационную надежность необходима.

Расчеты на колееобразование показали следующие результаты (**рис. 3**).

Рис. 3. Изменение глубины колеи в процессе эксплуатации:
сплошная линия – глубина колеи
с учетом устройства поверхностной обработки
после 2,8 года службы;
пунктирная – без устройства поверхностной обработки
после 2,8 года службы

Для обеспечения межремонтного срока службы по колееобразованию могут быть выбраны следующие проектные решения с учетом работ по содержанию в процессе эксплуатации:

- заложить большие единовременные строительные затраты, предусматривая в проектной документации конструкции дорожной одежды помимо защитного слоя дополнительно устройство слоя износа для обеспечения поперечной ровности в процессе эксплуатации до следующего межремонтного срока;
- оптимизация единовременных и разновременных эксплуатационных расходов, а именно устройство в процессе эксплуатации, например, на 3 год эксплуатации, по спрофилированному покрытию нового защитного слоя (пунктирная линия на **рис. 3**);
- малые единовременные строительные затраты и выполнение работ по содержанию в процессе эксплуатации (профилирование покрытия, устранение колеи, досыпка щебня (при необходимости) и т.д.).

Выбор одного из перечисленных решений может быть осуществлен на основе их технико-экономического сравнения по интегральным дисконтированным расходам за срок сравнения вариантов дорожной одежды с учетом затрат пользователей **[12]**.

Расчеты на истирание показали следующие результаты (**рис. 4**).

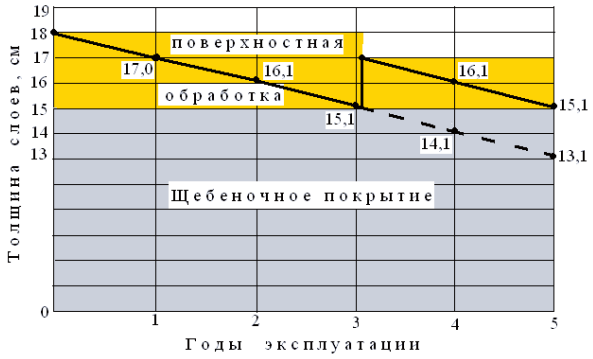


Рис. 4. Изменение толщины покрытия дорожной одежды в процессе эксплуатации:
сплошная линия – толщина слоя покрытия с устройством поверхностной обработки после 3 лет службы; пунктирная – без устройства поверхностной обработки после 3 лет службы

Для обеспечения межремонтного срока службы по износу могут быть выбраны следующие проектные решения с учетом работ по содержанию в процессе эксплуатации:

– заложить большие единовременные строительные затраты, предусматривая в проектной документации на конструкцию дорожной одежды устройство слоя износа на толщину износа материала покрытия за межремонтный срок дорожной одежды, при этом проектная толщина будет равна толщине по результатам расчета по остаточным деформациям с увеличением на толщину слоя износа;

– оптимизация единовременных и разновременных эксплуатационных расходов, а именно: обязательное устройство, например, после третьего года службы, защитного слоя с общей достаточной толщиной по условиям износа, что позволит сохранить проектную толщину щебеночного слоя и тем самым обеспечить требования по износу покрытия (сплошная линия на **рис. 4**);

– малые единовременные строительные затраты и выполнение работ по содержанию в процессе эксплуатации (профилирование покрытия, устранение колеи, досыпка щебня (при необходимости), работы по обеспыливанию и т.д.).

Снижение износа может быть достигнуто также за счет мероприятий по обеспыливанию: пропитка или смешивание на дороге минерального материала покрытия с обеспыливающим связующим.

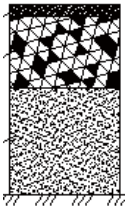
Выбор одного из перечисленных вариантов может быть осуществлен с одновременным учетом принятых решений по снижению колееобразования на основе также технико-экономического сравнения вариантов по интегральным дисконтированным расходам за срок сравнения вариантов дорожной одежды с учетом затрат пользователей **[12]**.

Наряду с колееобразованием и износом выше были приведены результаты проверки дорожной одежды на морозоустойчивость и осушение, которые были сведены к определению толщины слоев из стабильных материалов и толщины дренирующего слоя из условия размещения и отвода воды.

Рассчитанная на морозоустойчивость и осушение конструкция дорожной одежды представлена в **табл. 3**.

Таблица 3

Рассчитанная на морозоустойчивость и осушение конструкция дорожной одежды

Схема	*Материалы слоев*	*Толщина, см*
	1 – поверхностная обработка	В расчете не учитывается
	2 – щебень с заклинкой фракционированным мелким щебнем	15
	3 – песок крупный	33
	4 – супесь легкая	

Безусловно, для учета эксплуатационной надежности дорожных одежд автомобильных дорог с НИД необходимо установление показателей стандартного уровня содержания для дорог с НИД, исходя из баланса между оптимальными суммарными расходами на строительство и эксплуатацию дорог, издержками пользователей дорог и требованиями, обеспечивающими безопасность дорожного движения. Перечисленное может быть выполнено при разработке национального стандарта ГОСТ Р «Содержание автомобильных дорог с низкой интенсивностью движения».

ВЫВОДЫ

1. Расчет дорожных одежд автомобильных дорог с НИД (переходного и низшего типов) на прочность выполняется по остаточным деформациям – требуемому модулю деформации на поверхности покрытия дорожной одежды.
2. Дорожная одежда, рассчитанная по остаточным деформациям, проверяется с учетом эксплуатационной надежности на образование колеи, износ покрытия, морозоустойчивость и осушение.
3. Методика расчета дорожной одежды с учетом проверки на эксплуатационную надежность позволяет выполнять гибкое проектирование (на базе учета разновременных затрат за срок сравнения вариантов с учетом издержек пользователей автомобильными дорогами).

ЛИТЕРАТУРА

1. *СП 2431326000.2015. Проектирование и строительство автомобильных дорог с низкой интенсивностью движения / Министерство транспорта Российской Федерации. – Введ. 2015.12.01. – М., 2015. – 116 с.*
2. *ОДМ 218.2.017-2011. Методические рекомендации «Проектирование, строительство и эксплуатация автомобильных дорог с низкой интенсивностью движения. – Электрон. данные. – URL: http://docs.cntd.ru/document/1200094618 (дата обращения 13.11.2017).*
3. *Скворцов О.В. Удар по бездорожью. Особенности нормативного регулирования дорог с низкой интенсивностью движения / О.В. Скворцов // Автомобильные дороги. – 2011. – № 8. – С. 52–59.*
4. *Guide for design of pavement structures. AASHTO [Руководство для расчета конструкций дорожной одежды]: пер. с англ. – 1993.*
5. *Pavement structure design guidelines. Technical Circular T-01/15/ British Columbia / Ministry of Transportation and Infrastructure. 2015. – January 26.*
6. *Яри Пихлаямяки. Прочность – основы и этапы расчета. АО ФИННМАП Инфра ОЮ: пер. с англ. – 2004.*
7. *Low Cost Design Standards for Rural Roads Projects. 4654RO/B.1./3a/3.5/010. – USA, Washington, 2005. – 47 P.*
8. *Политика дорожного менеджмента для дорог с низкой интенсивностью движения / Сванте Йохансен, Сеппо Косонен, Ейлиф Мафисен, Франк МакКулох, Тимо Сааренкето // Roadex II Project. – 2005. – март. – 40 с.*
9. *Иванов Н.Н. Проектирование дорожных одежд / Н.Н. Иванов, А.Н. Защепин, М.Б. Корсунский и др. – М.: Автотрансиздат, 1955. – 250 с.*
10. *ВСН 46-60. Инструкция по назначению конструкций дорожных одежд нежесткого типа / Министерство транспортного строительства СССР. – М.: Автотрансиздат, 1961. – 76 с.*
11. *Ремонт и содержание автомобильных дорог: Справочная энциклопедия дорожника (СЭД). Т.II / А.П. Васильев, Э.В. Дингес, М.С. Коганзон и др.; под ред. А.П. Васильева. – М.: Информавтодор, 2004. – 507 с.*

12. *ОДМ 218.2.028-2012. Методические рекомендации по технико-экономическому сравнению вариантов дорожных одежд. – М., Росавтодор, 2014. – 67 с.*

L I T E R A T U R A

1. *SP 2431326000.2015. Proektirovanie i stroitel'stvo avtomobil'nyh dorog s nizkoj intensivnost'ju dvizhenija / Ministerstvo transporta Rossijskoj Federacii. – Vved. 2015.12.01. – M., 2015. – 116 s.*
2. *ODM 218.2.017-2011. Metodicheskie rekomendacii «Proektirovanie, stroitel'stvo i jekspluatacija avtomobil'nyh dorog s nizkoj intensivnost'ju dvizhenija. – Jelektron. dannye. – URL: http://docs.cntd.ru/document/1200094618 (data obrashhenija 13.11.2017).*
3. *Skvorcov O.V. Udar po bezdorozh'ju. Osobennosti normativnogo regulirovanija dorog s nizkoj intensivnost'ju dvizhenija / O.V. Skvorcov // Avtomobil'nye dorogi. – 2011. – # 8. – S. 52–59.*
4. *Guide for design of pavement structures. AASHTO [Rukovodstvo dlja rascheta konstrukcij dorozhnoj odezhdy]: per. s angl. – 1993.*
5. *Pavement structure design guidelines. Technical Circular T-01/15/ British Columbia / Ministry of Transportation and Infrastructure. 2015. – January 26.*
6. *Jari Pihlajamjaki. Prochnost' – osnovy i jetapy rascheta. AO FINNMAP Infra OJu: per. s angl. – 2004.*
7. *Low Cost Design Standards for Rural Roads Projects. 4654RO/B.1./3a/3.5/010. – USA, Washington, 2005. – 47 P.*
8. *Politika dorozhnogo menedzhmenta dlja dorog s nizkoj intensivnost'ju dvizhenija / Svante Johansen, Seppo Kosonen, Ejlif Mafisen, Frank MakKuloh, Timo Saarenketo // Roadex II Project. – 2005. – mart. – 40 s.*
9. *Ivanov N.N. Proektirovanie dorozhnyh odezhd / N.N. Ivanov, A.N. Zashhepin, M.B. Korsunskij i dr. – M.: Avtotransizdat, 1955. – 250 s.*
10. *VSN 46-60. Instrukcija po naznacheniju konstrukcij dorozhnyh odezhd nezhestkogo tipa. / Ministerstvo transportnogo stroitel'stva SSSR. – M.: Avtotransizdat, 1961. – 76 s.*
11. *Remont i soderzhanie avtomobil'nyh dorog: Spravochnaja jenciklopedija dorozhnika (SJeD). T.II / A.P. Vasil'ev, Je.V. Dinges, M.S. Koganzon i dr.; pod red. A.P. Vasil'eva. – M.: Informavtodor, 2004. – 507 s.*

12. *ODM 218.2.028-2012. Metodicheskie rekomendacii po tehniko-jekonomicheskomu sravneniju variantov dorozhnyh odezhd. – M., Rosavtodor, 2014. – 67 s.*

.....

TAKING INTO ACCOUNT THE PERFORMANCE RELIABILITY WHEN PAVEMENT DESIGNING FOR LOW-VOLUME ROADS

Doctor of Engineering, Professor ***A.M. Kuliznikov***
(FAI «ROSDORNII»)
Contact information: kulizhnikov@rosdornii.ru

The approach peculiarities for pavement design for low-volume roads (LVR) taking into account foreign experience are considered. The methodology for LVR pavements structural analysis, considering performance reliability, is given. The example of tests for determining road pavement rutting susceptibility and pavement material abrasion is done.
Key words*: pavement, road, low-traffic-volume, operation, rutting, abrasion, wearing, frost heaving.*

Рецензент: главный эксперт по вопросам ремонта и содержания автомобильных дорог Ю.Н. Розов (ФАУ «РОСДОРНИИ»).
Статья поступила в редакцию: 03.10.2017 г.