

ЗАРУБЕЖНЫЕ МЕТОДЫ РАСЧЕТА ДОРОЖНЫХ ОДЕЖД С НИД

А.М. Кулижников,
д.т.н., профессор,
С.А. Каптур,
инженер
(ФАУ «РОСДОРНИИ»)

Во исполнение поручения Правительства Российской Федерации от 26 октября 2013 г. № АД-П9-7737 о реализации 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, важное значение отводится развитию сети дорог с низкой интенсивностью движения (НИД).

В своде правил 243.1326000.2015 «Проектирование и строительство автомобильных дорог с низкой интенсивностью движения» сделан первый шаг – разработаны нормы по геометрическому проектированию таких дорог. В связи с этим необходима научно-техническая программа, в составе которой важное значение должно быть отведено конструированию и расчету самых дорогостоящих элементов автомобильных дорог – дорожных одежд, гармонизированных с зарубежными нормами.

За рубежом уже в течение нескольких десятилетий существуют отдельные нормы на проектирование дорожных одежд на автомобильных дорогах с НИД, в том числе касающиеся вопросов их конструирования и расчета.

Низкая интенсивность движения, характеризующаяся большими интервалами между проходами автомобилей (в ряде случаев несколько десятков минут), обуславливает иные требования к проектированию дорожной одежды.

Для представления, о каких дорожных одеждах каких дорог идет речь, составлена табл. 1.

Анализ зарубежных конструкций дорожных одежд на дорогах с НИД свидетельствует:

– устраиваются следующие дорожные одежды: жесткие колеиные с бетонным покрытием (фото 1); нежесткие с покрытием из каменных материалов, укрепленных вяжущим (нефтегравий); щебня (гравия); грунтовые, как укрепленные

связующим, так и неукрепленные. Распространены дорожные одежды с поверхностной обработкой;

– дорожные одежды конструируют таким образом, чтобы они длительное время соответствовали требуемой интенсивности движения. Предусматривается максимальное использование местных строительных материалов, отходов промышленного производства и строительства, укрепленных грунтов. Допускается устройство колеиных дорог;

– верхние слои устраивают из каменных материалов или грунтов, соответственно укрепленных вяжущим или связанных связующим с добавками стабилизаторов. Нижние слои дорожной одежды устраивают из дискретных несвязных материалов;

– земляное полотно укрепляют путем стабилизации грунта известью (для глинистых грунтов) или стабилизации грунта цементом (для несвязных грунтов).

Наряду с перечисленными конструктивными решениями, также широко применяемыми в России, еще на стадии проектирования учитываются уровни обслуживания (содержания) автомобильных дорог (эксплуатационная скорость, ровность, глубина слоя износа, колея и другие), которые определяют особенности конструкций дорожных одежд для автомобильных дорог с низкой интенсивностью движения.

Уровни обслуживания следует рассматривать как нижние допустимые пределы или «пусковые значения», указывающие на необходимость принятия мер по содержанию или реконструкции.

Например, в Финляндии на основании транспортных потребностей применяют по четыре приоритетных уровня обслуживания для автомобильных дорог с усовершенствованным типом покрытия, гравийных дорог и лесных дорог.



Фото 1. Дорога в Германии с колеиным покрытием из плит, ответвление дороги выложено решетчатой газонной плиткой

Приоритетность уровня обслуживания определяют следующие показатели [6]:

1. Уровень низкого приоритета: низкая доступность, качество, близкое к неприятному.

2. Уровень стандартного приоритета (территории, не являющиеся территориями с низким уровнем развития, средняя жизненная важность, средние потребности пользователей).

3. Уровень повышенного приоритета (развитие территории имеет огромный вес, низкий уровень развития, высокие значения жизненной важности).

4. Уровень наивысшего приоритета (высокие потребности пользователей дорог и бизнеса), дорога должна иметь: высокую комфортабельность вождения и высокую доступность.

Показатели стандартного уровня содержания для дорог с низкой интенсивностью движения определяются как баланс между оптимальными суммарными расходами на строительство и эксплуатацию дороги, издержками пользователей дорог и требованиями, обеспечивающими безопасность дорожного движения.

Перейдем к расчету дорожных одежд. Расчетные нагрузки на ось и критерии расчета дорожных одежд автомобильных дорог с низкой интенсивностью движения в разных странах приведены в табл. 1.

В Германии при выборе конструкции дорожной одежды различают следующие виды нагрузок: высокую, среднюю, низкую [2, 3].

Высокая нагрузка – интенсивное движение, центральное направление в дорожной сети, основная осевая нагрузка 11,5 т, высокий коэффициент сложности.

Средняя нагрузка – временное движение, сезонное движение, направление в дорожной сети средней важности, основная осевая нагрузка 5 т, редко 11,5 т, средний коэффициент сложности.

Таблица 1. Сопоставительная таблица назначения дорог и типов дорожных одежд за рубежом

Страна, ссылка на нормативный документ	Назначение автомобильных дорог с НИД	Категории дорог; интенсивность движения, авт./сут.	Типы дорожных одежд
Республика Беларусь [1]	Автомобильные дороги низших категорий	IVa, IVб; не более 100	Переходный, низший
Германия [2, 3]	Соединительные, проселочные и лесные дороги	Высокой нагрузки и интенсивности; средней нагрузки; низкой нагрузки	Дороги бетонные, колеиные. Покрытия, укрепленные связующим, без укрепления связующим
Румыния [4]	Местные дороги с двумя полосами движения и с одной полосой движения	V, не более 1000. Грунтовые дороги при интенсивности движения менее 50; гравийные покрытия при интенсивности движения менее 200; с поверхностной обработкой от 200 до 500; асфальтобетонные – более 500	Неукрепленные грунтовые дороги; гравийные дороги, укрепленные битумом; гравийные дороги; дороги с поверхностной обработкой; асфальтобетонные
Канада [5]	Дороги с НИД	При критерии 20-летнего расчета ESAL менее 100 000 [5]	Конструкция дорожной одежды, тип D [5]
Финляндия [6]	Артериальные дороги: сельские 2-полосные главные дороги; сельские дороги сети более низкого класса. Лесные дороги (магистральные, ветки, усы)	На артериальных дорогах менее 500. На лесных дорогах от 10 до 150 проходов сортаментовозов	Покрытие из нефтегравия; щебня, гравия, гравийно-песчаной смеси. Предусмотрены слои износа, изолирующие и фильтрующие слои
США [7]	Загородные, лесные, специального назначения	Менее 400. На местных служебных дорогах специального назначения до 100	Нежесткие; жесткие; щебеночные (гравийные)

Низкая нагрузка – редкое движение, второстепенное направление в дорожной сети, основная осевая нагрузка 5 т, исключается нагрузка 11,5 т, низкий коэффициент сложности.

В Румынии методика расчета должна обеспечивать для дорожной одежды низкий уровень разрушений в конце расчетного периода.

Несущая способность земляного полотна для дорожных одежд обычно оценивается с точки зрения Калифорнийского показателя плотности грунта (CBR) [4].

Прогнозируемый срок службы автомобильных дорог в сельской

местности с покрытием, содержащим битумное вяжущее, обычно составляет 10 лет [4]. Срок службы качественно устроенной поверхностной обработки изменяется в пределах 5–10 лет [4].

В США [7] все расчеты основаны на требовании к конструкции для одного срока эксплуатации. Диапазон уровней движения для расчетов нежестких и жестких дорожных одежд находится между 50 000 и 1 000 000 приложений 18-кир ESAL, для щебеночной дорожной одежды этот диапазон находится между 100 000 и 1 000 000 приложений 18-кир ESAL [7].

Таблица 2. Расчетные нагрузки и критерии расчета дорожных одежд

Страна	Расчетная нагрузка на ось, кН	Критерии расчета нежестких дорожных одежд	Критерии расчета жестких дорожных одежд
Германия	Высокая – 115, средняя и низкая нагрузка – 50	Расчет дорожных одежд в Германии не производится, а конструкции дорожных одежд принимаются по таблицам в зависимости от класса нагрузки, несущей способности грунта и применяемых материалов в конструктивных слоях дорожной одежды.	
Румыния	115	Первый шаг — вычисление допустимой нагрузки в каждом слое дорожной одежды. Второй шаг — вычисление фактической нагрузки, возникающей в каждом слое дорожной одежды, с применением теории упругости. Вычисления основаны на диаграммах для расчета и расчетных каталогах. Основные требования к расчету дорожных одежд (на примере дороги с щебеночным покрытием) включают в себя: — прогнозируемое дорожное движение в течение срока службы; — продолжительность расчетного периода или общий критерий (при отсутствии иной информации);	Жесткие дорожные одежды не используются (отсутствует нормативно-техническая документация).
США	89	— сезонные модули упругости грунта земляного полотна или общий критерий (при отсутствии иной информации); — модуль упругости E_{bs} (psi) слоя щебеночного основания; — модуль упругости, E_{sb} (psi) подстилающего щебеночного слоя; — расчет потери эксплуатационной надежности; — допустимое колееобразование в слое покрытия; — износ щебеночного слоя покрытия.	
Канада	89	Эксплуатационная надежность; восприимчивость к колееобразованию; морозоустойчивость; водоотведение.	Метод расчета дорожных одежд на прочность, основанный на теории упругости. При этом обращается особое внимание на модели прогнозирования повреждения в процессе службы, а также на проектирование усиления в процессе эксплуатации.
Финляндия	100	При расчете допускается сумма определенных повреждений до следующего ремонта. Предусматривается предотвращение образования колеи, а также неровностей, вызванных морозным пучением.	Жесткие дорожные одежды не используются (отсутствует нормативно-техническая документация).

Все представленные показатели основаны на 50%-ном и 75%-ном уровнях надежности. Расчеты по условиям окружающей среды выполняются для всех шести климатических районов США. Они производятся для пяти качественных уровней прочности грунта земляного полотна или несущей способности: очень хорошая, хорошая, средняя, плохая, очень плохая.

Конечная эксплуатационная надежность для расчета нежестких и жестких дорожных одежд составляет 1,5, а предельная потеря такой надежности для щебеночных дорог составляет 3,0 (таким образом, если начальная эксплуатационная надежность щебеночной дороги составляла 3,5, соответствующая конечная составит 0,5) [7].

При расчете дорожных одежд с низкой интенсивностью движения в Канаде [5] учитывают начальный и конечный индексы эксплуатационной надежности. Расчетный срок службы дорожной одежды 20 лет [5].

По данным Яри Пихлаямяки (АО «ФИННМАП Инфра», Финляндия) [8], при расчете дорожных одежд сначала рассматривается возможная просадка грунта и происходит проверка дорожной конструкции на морозоустойчивость. Только после этого проводится расчет на прочность. Проверяются прогиб в верхних слоях покрытия, напряжения и деформации в различных слоях дорожной одежды. Износ покрытия не включен в руководство по проектированию покрытия.

На лесных дорогах Финляндии дорожную одежду проектируют в

зависимости от назначения автомобильной дороги, требуемой несущей способности и класса грунта.

В процессе эксплуатации лесных дорог глубина колеи не должна превышать 40 мм, при превышении данного значения колея устраняется.

Общие выводы по анализу зарубежных методов расчета дорожных одежд автомобильных дорог с низкой интенсивностью движения следующие:

— расчетная нагрузка на ось изменяется от 89 кН (Канада, США) до 115 кН (Германия, Румыния). В Германии при средней и низкой нагрузке допускается 50 кН. Расчетный срок службы дорожной одежды от 10 (Румыния) до 20 лет (Канада);

— методика расчета нежестких дорожных одежд в разных странах

различная. Так, в Германии такие расчеты не производятся, а конструкция дорожной одежды принимается по типовым решениям. В США как для жестких, так и для нежестких дорожных одежд используется полуэмпирический метод расчета с учетом количества приложений расчетной нагрузки, климатических условий, уровней прочности грунтов земляного полотна (несущей способности), проектной и эксплуатационной надежности;

– выбор типа покрытия дорожной одежды определяется среднесуточной интенсивностью движения и количеством проходов расчетных нагрузок за срок службы дорожной одежды;

– жесткие дорожные одежды представляют собой преимущественно колеиные конструкции, причем в ряде стран (Финляндия, Румыния) жесткие дорожные одежды на дорогах с низкой интенсивностью практически не применяются (нормы не выявлены);

– конструкции дорожной одежды на дорогах с низкой интенсивностью движения является результатом экономического обоснования с учетом жизненного цикла автомобильных дорог и требований к их состоянию в период эксплуатации;

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

Выполненный анализ методов конструирования и расчета дорожных одежд позволит пересмотреть и скорректировать отечественные нормы проектирования для особой группы дорожных одежд автомобильных дорог с низкой интенсивностью движения. ❖

Литература

1. Технологический кодекс установившейся практики ТКП 45-3.03-96-2008 (02250). Автомобильные дороги низших категорий. Правила проектирования. Министерство

архитектуры и строительства Республики Беларусь. – Минск, 2008. – 17 с.

2. RLW 1999. Директивы по строительству сельских дорог, издание 1999* (перевод).

3. ZTV LW 99. Дополнительные технические договорные условия и Директивы по возведению дорожного покрытия для сельских дорог – издание 1999** (перевод).

4. Low cost Design Standards for Rural Roads Projects. 2005.

5. Pavement structure design guidelines. Technical Circular T-01/15 / British Columbia/ Ministry of Transportation and Infrastructure. Jan. 26, 2015.

6. Политика дорожного менеджмента для дорог с низкой интенсивностью движения – предложения (перевод) / С. Йохансен, С. Косонен, Е. Мафисен, Ф. Мак Кулох, Т. Сааренкето // Roadex II, 2005. – 41 с.

7. Guide for design of pavement structures. AASHTO. Руководство для расчета конструкций дорожной одежды (перевод). – 1993.

8. Яри Пихлаямяки. Прочность – основы и этапы расчета (перевод). – АО «ФИННМАП Инфра» ОЮ, 2004.

9. Презентация. Лесные дороги. Проектирование, строительство и эксплуатация. ENP CBC KARELIA.

10. Беритсен Г. Дренаж на дорогах с низкой интенсивностью движения (перевод) / Г. Беритсен, Т. Сааренкето // Roadex II, 2005 – 118 с.



АнтиАйс

ПЕРВЫЙ ПРОТИВОГОЛОЛЕДНЫЙ РЕАГЕНТ, СОЗДАННЫЙ СПЕЦИАЛЬНО ДЛЯ АВТОДОРОГ

Современный противогололедный реагент «АнтиАйс» предназначен для обработки автодорог и других территорий с твердым покрытием, а также пандусов и лестниц.

Эффективно борется со льдом, снежным накатом, а также предотвращает их образование.



ВЫСОКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ И ЭКОНОМИЧНОСТЬ
за счет минимальных норм расхода



ДВЕ СОЛИ В ОДНОЙ ГРАНУЛЕ
обеспечивают пролонгированное действие при t до -25°C*



МГНОВЕННОЕ ВОЗДЕЙСТВИЕ
и надежное сцепление гранулы с поверхностью льда благодаря оптимальному составу



ПОЛНОЕ СООТВЕТСТВИЕ ОДН
в отношении воздействия на металл и бетон, а также по другим параметрам



СТАБИЛЬНЫЙ ГРАНУЛОМЕТРИЧЕСКИЙ СОСТАВ
благодаря ежедневному лабораторному контролю качества

*при соблюдении рекомендуемых норм расхода



ПЕРМСОЛЬ

7 (495) 789-42-33
pgr@permsalt.com
www.antiice.ru