

Иван Иосифович ЛЕОНОВИЧ,
доктор технических наук,
профессор кафедры
"Строительство и эксплуатация дорог"
Белорусского национального
технического университета

Ирина Сергеевна МЕЛЬНИКОВА,
магистр технических наук,
аспирант кафедры
"Строительство и эксплуатация дорог"
Белорусского национального
технического университета

ВЛИЯНИЕ КОНСТРУКЦИИ ДОРОЖНОЙ ОДЕЖДЫ, ТРАНСПОРТНЫХ ПОТОКОВ И УРОВНЯ СОДЕРЖАНИЯ НА ЭКСПЛУАТАЦИОННОЕ СОСТОЯНИЕ РЕСПУБЛИКАНСКИХ АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ

**EFFECTS OF THE ROAD SURFACING STRUCTURE,
TRAFFIC FLOW AND ROAD MAINTENANCE LEVEL
ON THE OPERATING CONDITIONS
OF THE REPUBLICAN HIGHWAYS**

В статье представлен анализ трещинообразования на магистральных дорогах Республики Беларусь. Показано влияние конструкции дорожной одежды, интенсивности транспортных потоков и уровня содержания дорог на их эксплуатационное состояние.

This paper presents the analysis of cracking on the main highways of the Republic of Belarus. The effects of the road surfacing structure, intensity of the traffic flow and road maintenance level on the operating conditions of the highways have been described.

ВВЕДЕНИЕ

В транспортной системе нашей республики значительное место принадлежит автомобильному транспорту. Объем перевозимых автотранспортом грузов в несколько раз превышает работу остальных видов транспорта вместе взятых. Однако в общем грузообороте доля автомобильного транспорта небольшая, что объясняется в несколько раз меньшей средней дальностью перевозок автомобильным транспортом по сравнению с другими видами транспорта (например, железнодорожным).

Транспортная сеть Республики Беларусь включает свыше 86 000 км автомобильных дорог общего пользования, из которых более 15 000 км составляют республиканские и 70 000 км дорог — местные. Республиканские дороги на 97 % своей протяженности имеют усовершенствованные покрытия, местные — на 86 % длины. Густота автомобильной транспортной сети составляет 21,5 км на 100 км², также имеется более пяти тысяч мостов и путепроводов.

Для успешного функционирования, как автомобильного транспорта, так и автомобильных дорог необходимо, чтобы их параметры и характеристики удовлетворяли требованиям движения автомобилей, а основные технические свойства автомобилей соответствовали показателям, на которые рассчитаны эксплуатируемые дороги.

Состояние автомобильной дороги и ее качество оцениваются транспортно-эксплуатационными показателями, такими как ровность покрытия, прочность дорожной одежды, сцепление колеса автомобиля с покрытием, дефектность и др. Пределы допустимых значений каждого показателя установлены нормативной технической документацией. Обеспечить безопасность и ком-

фортность движения по автомобильным дорогам позволяют применение современных технологических решений и проведение своевременной диагностики передовыми методами.

К автомобилям предъявляются следующие требования, которые необходимо соблюдать, чтобы не перестраивать дорожную сеть под каждое новое поколение автомобилей: динамические свойства и габариты, осевая нагрузка, общая масса и ряд других характеристик. Однако соблюдение этих соотношений является довольно сложной задачей, так как смена поколений автомобилей происходит непрерывно. Следовательно, для прогнозирования возможных изменений состояния дорог, при разработке эксплуатационных и ремонтных мероприятий необходимо учитывать тенденции количественного и качественного развития автомобильного транспорта [1].

Оценке влияния на эксплуатационное состояние автомобильных дорог природно-климатических факторов и транспортной нагрузки посвящено множество исследований. Практические данные, полученные РУП "Белдорцентр", также подтверждают, что на эксплуатационное состояние автомобильных дорог существенное влияние оказывают оба этих фактора.

ОЦЕНКА ТРАНСПОРТНО-ЭКСПЛУАТАЦИОННОГО СОСТОЯНИЯ ДОРОГ БЕЛАРУСИ

Для оценки качества и состояния автомобильных дорог необходимо определить показатели их технического уровня и эксплуатационного состояния, включающие оценку геометрических параметров поперечного профиля, плана и продольного профиля дороги, состояния дорожного покрытия и прочности дорожной одежды, продольной и поперечной ровности, сцепных качеств

дорожного покрытия, состояния обочин, габаритов мостов и путепроводов, интенсивности движения и состава транспортных потоков. В основу методики оценки транспортно-эксплуатационного состояния дорог положен принцип обязательного соблюдения всех нормативных требований к параметрам и характеристикам, определяющим их транспортно-эксплуатационные показатели [2].

Известно, что изменение структуры транспортных потоков, скоростей движения, повышение нагрузок приводят к снижению надежности автомобильных дорог. В этом случае несвоевременное выполнение работ по ремонту и восстановлению ежегодного износа дорог общего пользования ведет к необратимому процессу ухудшения состояния дорожных покрытий, что потребует в дальнейшем в 2,5–3 раза больше средств, чем затраты на эти цели с соблюдением межремонтных сроков [3–5].

Для оценки транспортно-эксплуатационного состояния как совокупности физических значений параметров, характеристик и условий, определяющих технический уровень автомобильной дороги, в Республике Беларусь используются различные системы, методы и приборы. Результаты учитываются при планировании работ по содержанию и ремонту.

Эксплуатационное состояние автомобильных дорог оценивается на основании теории прочности и надежности дорожной конструкции как степень соответствия нормативным требованиям переменных параметров и характеристик дороги, которые изменяются под воздействием транспортных средств и метеорологических условий. Также влияние на состояние дорог оказывают неблагоприятия по их содержанию [6].

Инструментальное и визуальное обследование республиканской сети автомобильных дорог ежегодно выполняет РУП "Белорусский дорожный инженерно-технический центр" (Белдорцентр). Организацией разработана система управления транспортно-эксплуатационным состоянием дорог "Ремонт". Предприятие располагает современными мобильными лабораториями.

Визуальное обследование выполняется с целью сбора информации о наличии структурных дефектов на асфальтобетонных и цементобетонных покрытиях с занесением зафиксированных разрушений и их объемов в бортовой компьютер. Визуально измеряются следующие параметры:

а) геометрические характеристики автомобильных дорог; ширина проезжей части и обочин, уклоны — определяются при выборочном измерении в процессе проведения визуального обследования;

б) колеиность на покрытии — определяется визуально при движении автомобиля со скоростью не более 30 км/ч, фиксируется пикетное положение начала и окончания колеи;

в) дефектность покрытия — по полученному при непрерывной продольной съемке покрытия дороги изображению устанавливается общее состояние покрытия с определением объемов и видов дефекта, а также их местоположение; выполняется лабораторией визуального обследования на базе автоматизированной системы сканирования дефектов дорожных покрытий Line-Scan [7].

Инструментальное обследование проводится для каждой полосы дороги отдельно и в расчет принимается наихудшее значение измеренного параметра. На автомобильных дорогах I категории измерения проводятся по каждому направлению отдельно. Общая протяженность измеренных участков в расчетах приводится к двум полосам движения без учета участков, обслуживаемых жилищно-коммунальным хозяйством, и транспортных развязок. Инструментально измеряются следующие транспортно-эксплуатационные параметры:

а) ровность покрытия: на вновь вводимых участках дорог после проведения ремонта — лабораторией "Профилограф", "ЛазерПроф", "ИВП-1М"; при диагностике республиканских автомобильных дорог на эксплуатируемых участках — установкой "Профилограф"; при диагностике дорог с переходными и низшими типами дорожных одежд на эксплуатируемых участках — "ИВП-1М";

б) упругий прогиб дорожной одежды: при диагностике республиканских автомобильных дорог — дефлектометром падающего груза FWD PRI 2100;

в) коэффициент сцепления колеса автомобиля с покрытием: на вновь вводимых участках дорог после проведения ремонта и ежегодных измерений по диагностике республиканских дорог на эксплуатируемых участках — ПКРС-2у;

г) интенсивность движения транспортных средств на республиканских автомобильных дорогах.

По результатам диагностики 2010 г. (рис. 1) наибольшее несоответствие состояния сети республиканских дорог (приведенной протяженностью 16 727 км) нормативным требованиям выявлено по важнейшему показателю транспортно-эксплуатационного состояния — ровности покрытия. Значение параметра ровности по республиканским предприятиям дорожного хозяйства, за исключением Белавтострады, находится на уровне удовлетворительного и плохого состояний (значение показателя IRI в среднем составляет 4,6 м/км). В сред-



Рис. 1. Показатели несоответствия республиканских автомобильных дорог нормативным требованиям за 2010 г.

нем уровень дефектности этих дорог также высокий — второй и третий.

В современных условиях создание Таможенного союза Беларуси, России и Казахстана необходимость пропуска нагрузок 13 тонн на ось требует улучшения и поддержания на должном уровне состояния республиканских дорог. В то же время свыше 25 % дорог нуждаются в проведении капитального ремонта, но зачастую дорожные организации не располагают достаточными средствами для проведения необходимых ремонтных мероприятий, что приводит к накоплению повреждений и дальнейшему разрушению покрытий.

К основным видам разрушений дорожных покрытий в зависимости от характера, местоположения и величины относятся трещины, выбоины, заплаты, колейность, выкрашивание, шелушение, разрушение кромок. По результатам статистической обработки данных диагностики за период с 2000 по 2010 гг. установлено, что наиболее характерным видом повреждений на республиканских автомобильных дорогах являются трещины (рис. 2).

Кроме того, количество трещин на асфальтобетонных покрытиях увеличивается с повышением жесткости асфальтобетонных слоев, интенсивности движения, со старением материала покрытия. Однако более детальное исследование факторов, влияющих на трещинообразование, с выявлением наиболее подверженных данному виду дефекта участков и менее всего поврежденных позволит назначать эффективные для конкретных условий ремонтные мероприятия и прогнозировать появление трещин в покрытиях.

АНАЛИЗ СОСТОЯНИЯ АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ ПО ТРЕЩИНОВАТОСТИ ПОКРЫТИЙ

Установлено, что самым распространенным дефектом на республиканских автомобильных дорогах, как с асфальтобетонным покрытием, так и с цементобетонным, являются трещины. Далее более подробно рассмотрим возможные причины их появления и развития с позиции влияния интенсивности транспортного потока, самой дорожной конструкции и условий содержания дорог.

Авторы считают, что помимо природно-климатических воздействий, старения материала дорожного покрытия на процесс возникновения и развития трещин оказывают влияние и другие факторы:

1) конструкция дорожной одежды: определенное сочетание слоев дорожной одежды или же сочетание некоторых слоев, способствующие процессу трещинообразования; вид грунта основания, так как наличие пучинистых грунтов в основании приводит к активному появлению трещин в зимний период и ранней весной в результате неравномерного вспучивания и осадки разуплотненного грунта;



Рис. 2. Виды повреждений покрытий республиканских автомобильных дорог

2) интенсивность транспортного потока: с ростом интенсивности движения автотранспорта увеличивается количество дефектов в виде трещин и ускоряется их развитие;

3) особенности местности дислокации участка автомобильной дороги: образованию трещин способствуют расположение дороги в пределах населенных пунктов, наличие пересечений с другими дорогами, мостов и т. д.;

4) вид ремонтных мероприятий и частота их назначения: некоторые виды ремонта существенно и на долгое время снижают интенсивность образования трещин, другие же, напротив, оказываются малоэффективными при решении этой проблемы.

Статистическая обработка данных ежегодной диагностики, проводимой РУП "Белдорцентр" за период с 2000 по 2010 гг. для магистральных дорог республики, позволила оценить влияние указанных выше факторов на процессы образования и развития трещин.

Для возможности использования величин с разной размерностью в одном расчете была проведена нормализация показателей по максимальному и минимальному значениям. Каждая величина по трем показателям (отдельные трещины, частые трещины, сетка трещин) рассчитывалась по формуле

$$X_{\text{норм}} = \frac{X - X_{\text{мин}}}{X_{\text{макс}} - X_{\text{мин}}}, \quad (1)$$

где $X_{\text{норм}}$ — нормализованное значение показателя; X — текущее значение показателя;

$X_{\text{мин}}$, $X_{\text{макс}}$ — минимальное и максимальное значение показателя соответственно.

Трещиноватость покрытий республиканских автомобильных дорог оценивалась по сводному коэффициенту трещиноватости покрытия $K_{\text{св.трещ}}$, объединившему в себе количество повреждений в виде одиночных трещин, частых трещин, сетки трещин:

$$K_{\text{св.трещ}} = 1,0b_1 + 1,0b_2 + 1,2b_3, \quad (2)$$

где b_1 , b_2 , b_3 — количество разрушений покрытия в виде отдельных, частых и сетки трещин соответственно;

1,0; 1,0; 1,2 — коэффициенты весомости дефектов для отдельных, частых и сетки трещин соответственно [8].

На первом этапе исследований для каждой магистральной дороги по данным за период с 2000 по 2010 гг. после проведения нормализации значений трех параметров в соответствии с формулой (1) рассчитывались значения сводных коэффициентов трещиноватости покрытия $K_{\text{св.трещ}}$ по формуле (2). Результаты расчета значений коэффициента $K_{\text{св.трещ}}$ на примере автомобильной дороги М-12/Е85 приведены на рис. 3. Далее производилась выборка наиболее подверженных появлению и развитию трещин участков, а также менее подверженных данному виду разрушения участков: полученные значения коэффициента $K_{\text{св.трещ}}$ ранжировались в трех пределах — свыше 1,0; от 0,6 до 1,0 и от 0,2 до 0,6. Некоторые отобранные характерные участки приведены в таблице 1.

В результате анализа указанных выше факторов по 97 случаям, предположительно оказывающим влияние на процесс возникновения и развития трещин,

по двенадцати магистральным дорогам за 2000–2010 гг. отмечены некоторые закономерности.

1. Конструкция дорожной одежды и грунт основания.

При анализе различных конструкций дорожных одежд установлено, что максимальные значения коэф-

фициента $K_{\text{св.трещ}}$ свыше 1,0 наблюдаются: на 62 % участков, имеющих дегтебетонный слой дорожной одежды толщиной не более 5 см, что может быть связано с чувствительностью материала к высоким температурам и со значительным изменением при этом его свойств;

Таблица 1. Характерные участки по коэффициенту $K_{\text{св.трещ}}$

$K_{\text{св.трещ}}$	Характерный участок		Интенсивность, ед./сут	Грунт основания	Дорожная одежда
	км нач.	км кон.			
М-12/Е85 Кобрин – граница Украины (Мокраны)					
Св. 1,0	32	35	875	Песок	А/б щебеночно-мастичный; а/б среднезернистый; а/б; черный щебень; гравий
0,6–1,0	10	17	2879	Песок	А/б щебеночно-мастичный; а/б среднезернистый; а/б; дегтебетон; черный щебень; гравий; щебень; песок
0,2–0,6	37	39	2897	Песок	А/б щебеночно-мастичный; а/б среднезернистый; а/б; черный щебень; щебень; песок
М-11/Е85 Граница Литовской Республики – Лида – Слоним – Бытень					
Св. 1,0	15	17	1518	Супесь легкая	А/б среднезернистый; а/б крупнозернистый пористый; черный щебень; булыжник; песок
0,6–1,0	118	121	3197	Супесь легкая	А/б среднезернистый; а/б крупнозернистый пористый; черный щебень; булыжник
0,2–0,6	104	109	3093	Супесь легкая	А/б среднезернистый; дегтебетон; черный гравий; гравий; песок
М-10 Граница Российской Федерации (Селище) – Гомель – Кобрин					
Св. 1,0	511	516	2766	Песок мелкозернистый	А/б; дегтебетон; щебень; гравий
0,6–1,0	37	40	1439	Песок пылеватый	А/б мелкозернистый плотный; а/б крупнозернистый пористый; щебень; песок
0,2–0,6	31	33	1439	Песок пылеватый	А/б мелкозернистый плотный; а/б крупнозернистый пористый; щебень; песок
М-9 Кольцевая дорога вокруг г. Минска					
Св. 1,0	5	7	27784	Песок	А/б мелкозернистый плотный; а/б крупнозернистый пористый; зологрунт; ПГС
0,6–1,0	23	25	27784	Песок мелкозернистый	А/б мелкозернистый плотный; а/б; цементопесок; щебень; ПГС
0,2–0,6	39	41	27784	Песок пылеватый	А/б; а/б крупнозернистый пористый; щебень; ПГС; песок
М-8/Е95 Граница Российской Федерации (Езерище) – Витебск – Гомель					
Св. 1,0	451	453	1366	Супесь легкая	А/б; ПГС; щебень; песок
0,6–1,0	347	351	2770	Песок пылеватый	А/б; гравий; черный гравий; щебень; песок
0,2–0,6	125	127	3805	Суглинок легкий	А/б; дегтебетон; щебень; песок
М-7 Минск – Ошмяны – граница Литовской Республики (Каменный Лог)					
Св. 1,0	79	81	1067	Супесь легкая	А/б; дегтебетон; щебень; ПГС; песок
0,6–1,0	139	141	1095	Песок мелкозернистый	А/б щебеночно-мастичный; а/б; черный гравий; гравий; песок
0,2–0,6	89	91	1085	Супесь легкая	А/б; дегтебетон; щебень; ПГС; песок
М-6/Е28 Минск – Гродно – граница Республики Польша (Брузги)					
Св. 1,0	26	28	9944	Песок мелкозернистый	А/б; цементопесок; ПГС; песок
0,6–1,0	51	54	9944	Песок мелкозернистый	А/б; дегтебетон; щебень; ПГС; песок
0,2–0,6	139	143	5927	Песок мелкозернистый	А/б щебеночно-мастичный; а/б; тощий бетон; ПГС; песок
М-5/Е271 Минск – Гомель					
Св. 1,0	144	146	4221	Песок мелкозернистый	А/б мелкозернистый плотный; а/б; черный гравий
0,6–1,0	57	59	13707	Песок пылеватый	А/б мелкозернистый плотный; а/б крупнозернистый пористый; битумно-минеральная смесь; щебень; ПГС; песок
0,2–0,6	297	300		Песок пылеватый	А/б мелкозернистый плотный; а/б; ПГС; песок

Окончание таблицы 1

$K_{св.трещ}$	Характерный участок		Интенсивность, ед./сут	Грунт основания	Дорожная одежда
	км нач.	км кон.			
М-4 Минск – Могилев					
Св. 1,0	169	171		Песок	А/б; черный гравий; ПГС; щебень; гравий
0,6–1,0	69	71	8616	Песок мелкозернистый	А/б мелкозернистый плотный; а/б крупнозернистый пористый; ПГС
0,2–0,6	93	100	8616	Песок мелкозернистый	А/б мелкозернистый плотный; а/б крупнозернистый пористый; черный гравий; ПГС; песок
М-3 Минск – Витебск					
Св. 1,0	182	185	2815	Суглинок легкий пылеватый	А/б; а/б крупнозернистый пористый; а/б; ПГС; песок
0,6–1,0	9	11	39748	Суглинок легкий	А/б мелкозернистый плотный; а/б крупнозернистый плотный; а/б крупнозернистый пористый; ПГС, укрепл. цементом; ПГС
0,2–0,6	129	133	4441	Песок мелкозернистый	А/б мелкозернистый плотный; а/б крупнозернистый пористый; а/б крупнозернистый высокопористый; гравийно-щебеночная смесь; песок
М-2 Минск – Национальный аэропорт "Минск"					
Св. 1,0	18	22	22717	Песок мелкозернистый	А/б; щебень; ПГС
0,6–1,0	15	23	30692	Песок мелкозернистый	А/б; щебень; ПГС
0,2–0,6	14	14	22717	Песок мелкозернистый	А/б; щебень; ПГС
М-1/Е30 Брест – Минск – граница Российской Федерации					
Св. 1,0	579	582	5723	Супесь легкая	А/б; черный щебень; шашка; песок
0,6–1,0	269	273	8020	Песок	А/б; цементобетон; ПГС, укрепл. цементом; песок
0,2–0,6	452	456	10368	Суглинок легкий	А/б; ПГС, укрепл. цементом; ПГС; песок

в 80 % случаев применения золотрунта и золопеска, что свидетельствует о неэффективности использования золовяжущих при предотвращении образования трещин; в 83 % случаев применения черного щебня или черного гравия; в 71 % случаев использования цементопеска, цементгрунта, укрепленной цементом песчано-гравийной смеси.

Минимальные значения коэффициента $K_{св.трещ}$ (менее 0,2) отмечены при наличии дополнительных слоев основания из тощего бетона толщиной 20 см, а также в некоторых случаях применения укрепленной цементом песчано-гравийной смеси, цементопеска, песчано-гравийной смеси толщиной более 30 см. Широко распространенная на дорогах республики дорожная одежда (асфальтобетон мелкозернистый плотный 5 см, асфальтобетон крупнозернистый пористый 7 см, щебень 30 см, песок 40 см) одновременно проявляет себя как эффективная в плане образования и развития трещин, так и малоэффективная. Не выявлено зависимости трещиноватости покрытий и от толщин слоев покрытия, а также на участках с асфальтобетонными слоями поверх цементобетонных слоев, со слоями из булыжника вместо обычных песчано-гравийных смесей.

Согласно современной классификации грунтов по пучинистости в зависимости от гранулометрического состава грунта, природной влажности, глубины залегания уровня грунтовых вод и расчетной глубины промерзания грунтов, к наиболее морозоопасным сильнопучинистым грунтам относятся пылеватые супеси, суглинки и пылеватые глины пластичной консистенции. По результатам обработки статистических данных в 90 % всех слу-

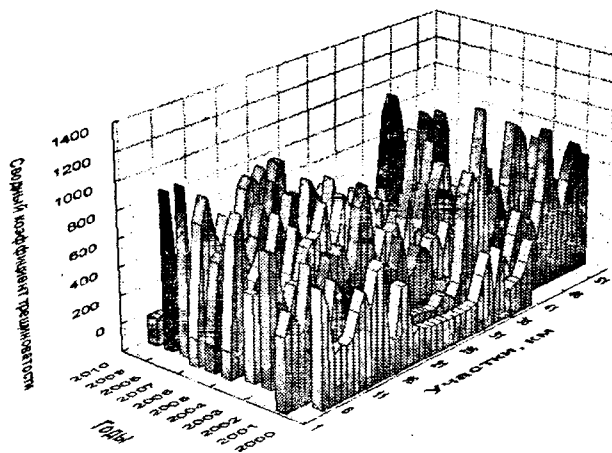


Рис. 3. Результаты расчета значений сводного коэффициента трещиноватости покрытий на примере автомобильной дороги М-12/Е85

чаев при значении сводного коэффициента трещиноватости покрытий $K_{св.трещ}$ свыше 1,0 в основании дорожной одежды были супесь легкая, песок пылеватый, суглинок легкий пылеватый. В то же время на участках с минимальными значениями коэффициента $K_{св.трещ}$ (менее 0,2) грунтом основания также была супесь легкая, что свидетельствует о неоднозначности влияния данного фактора на развитие трещин в слоях дорожной одежды.

2. Интенсивность транспортного потока.

На автомобильных дорогах с меньшей интенсивностью движения транспорта, к примеру, на М-7 Минск —

Ошмяны — граница Литовской Республики (Каменный Лог), действительно, значения коэффициента $K_{св.трещ}$ несколько меньше, чем на дорогах с высокой интенсивностью транспортных потоков. Более того, интенсивность развития трещин на покрытиях пропорционально увеличивается с ростом интенсивности движения и снижается при меньшей интенсивности. На рис. 4 приведено соотношение среднегодовой суточной интенсивности транспортных потоков и коэффициента $K_{св.трещ}$ на примере дороги М-11/Е85.

3. Особенности дислокации участка автомобильной дороги.

Наибольшие значения коэффициента $K_{св.трещ}$ отмечены при прохождении магистралей через населенные пункты (н. п. Гайновка на М-12; н. п. Дроздово, Козловщина на М-11/Е85 и др.), особенно на въездах и выездах, где происходят частое торможение и разгон, при многочисленных пересечениях с местными и внутрихозяйственными дорогами, при наличии мостов через крупные реки (р. Вабич на М-4; р. Птичь на М-1; р. Тростяница на М-12 и др.), за исключением участка дороги М-9 вблизи водохранилища Дрозды.

4. Содержание автомобильных дорог. Виды ремонтных мероприятий и частота их назначения.

Расчетные данные, показывающие прогнозируемый и фактический рост общей площади поврежденных асфальтобетонного покрытия в виде трещин в ходе эксплуатации дорожного покрытия для асфальтобетонов, приведены в таблице 2. В первой строке таблицы 2 представлены результаты расчетов согласно лабораторным измерениям А. В. Руденского, во второй — расчеты авторов статьи по данным фактических измерений РУП "Белдорцентр" [9].

Повысить долговечность дорожных покрытий во многом способна правильная стратегия назначения ремонтных мероприятий. На рассматриваемых участках дорог в то или иное время было проведено 153 ремонтных мероприятия в период 2000–2010 гг.: поверхностная обработка (34 % от общего количества назначенных ремонтов), устройство тонкого слоя (21 %), технология Сларри Сил (9 %), капитальный ремонт (21 %), реконструкция (15 %).

Устройство поверхностной обработки осуществлялось чаще всего и на большинстве рассматриваемых

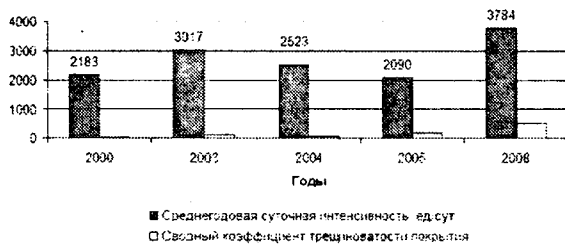


Рис. 4. Соотношение среднегодовой суточной интенсивности транспортных потоков и коэффициента $K_{св.трещ}$ на примере дороги М-11/Е85

мых участков дорог, за исключением М-2 и М-9; общая эффективность мероприятия составила 60 %. Однако в большинстве случаев мероприятие оказывалось эффективным лишь на последующие 1–2 года, после чего наблюдался резкий рост значений коэффициента $K_{св.трещ}$ в 2–3 раза. Устройство тонкого слоя производилось на всех участках дорог, за исключением М-2 и М-6/Е28, — оказалось эффективным на 61 % в течение 1 года — 3 лет, но затем снова происходило активное развитие трещин в покрытии. Технология Сларри Сил была эффективной в среднем на 47 % на протяжении 1 года — 3 лет, после чего наблюдался значительный рост значений коэффициента $K_{св.трещ}$; технология применялась чаще всего на М-2, а также магистралах М-1/Е30, М-4, М-5/Е271, М-9, М-12. Эффективность проведения капитального ремонта оказалась наивысшей и составила 86 %, причем более 3 лет после проведения капитального ремонта не наблюдалось значительного роста коэффициента $K_{св.трещ}$.

Анализ взаимодействия транспортных средств с дорожным покрытием, состояния автомобильных дорог подтверждает, что трещиностойкость асфальтобетонных покрытий зависит от реологических и прочностных свойств асфальтобетона, погодных-климатических воздействий, условий и величины осевых транспортных нагрузок [10–14]. Авторами выявлены различные закономерности, которые необходимо учитывать при проектировании дорожных одежд, а также при их эксплуатации.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

- 1 Характерными особенностями современного этапа развития автомобильного транспорта являются рост осевых нагрузок, повышение скоростей и интенсивности движения. Эти обстоятельства выдвигают в число важнейших проблему повышения качества автомобильных дорог. Управление качеством основано на систематическом диагностировании республиканских автомобильных дорог, которое осуществляется РУП "Белдорцентр" и мерами, принимаемыми Департаментом "Белавтодор" по управлению дорожным хозяйством. Важная роль при этом отводится автоматизированной системе назначения ремонтов "Ремонт".
- 2 На основании результатов диагностики магистральных дорог Республики Беларусь за период 2000–2010 гг. установлено, что среди всех видов разрушений дорожных покрытий наиболее распространены трещины (59 % от общего количества поврежденных покрытий).
- 3 Для сравнения результатов диагностирования по показателям отдельных трещин, частых трещин и сетки трещин авторами введено понятие сводного коэффициента трещиноватости покрытия $K_{св.трещ}$, объединившего в себе эти три показателя. Принято, что на наиболее подверженных трещинообразованию

Таблица 2. Прогнозируемая и фактическая интенсивность развития повреждений асфальтобетонного покрытия в виде трещин в процессе эксплуатации

Прогнозируемое и фактическое определение	Общая площадь повреждений покрытия в виде трещин в % от общей площади покрытия при продолжительности эксплуатации, год (лет)			
	2	4	6	8
По А. В. Руденскому	3	8	15	24
По данным РУП "Белдорцентр"	5	8	13	22

- участках дорог значение сводного коэффициента выше единицы. Рекомендуется также использовать данный показатель при планировании назначений ремонтных мероприятий.
- 4 Обработка результатов диагностики позволила выявить некоторые особенности влияния на образование и развитие трещин в дорожных покрытиях интенсивности транспортных потоков, конструкции дорожной одежды, местности расположения автомобильной дороги, назначения и видов ремонтных мероприятий.
 - 5 Применение дегтебетонов, золотрунта и золопеска не только отрицательно сказывается на экологии, но и способствует развитию трещин и их отражению в вышележащие слои покрытия. В то же время не выявлено четкой зависимости трещиноватости покрытий от толщин слоев, а также на участках с асфальтобетонными слоями, уложенными поверх цементобетонных слоев, и слоями из булыжника. Это свидетельствует о необходимости использования прочных материалов при устройстве несущих слоев в дорожной конструкции.
 - 6 На величину трещиноватости покрытия существенное влияние оказывает интенсивность движения транспортных потоков. На дорогах с меньшей интенсивностью значения сводного коэффициента трещиноватости покрытия несколько ниже, чем на дорогах с высокой интенсивностью транспортных потоков. Наибольшие значения сводного коэффициента трещиноватости покрытия имели место на участках магистралей, проходящих через населенные пункты, при многочисленных пересечениях с местными и внутрихозяйственными дорогами.
 - 7 По результатам анализа видов и частоты назначения ремонтных мероприятий наиболее эффективным (наблюдалось снижение значений сводного коэффициента трещиноватости покрытий на 86 %) является проведение капитального ремонта, позволяющего на более длительный срок по сравнению с остальными видами ремонтов (более 3 лет) обеспечить снижение развития отраженных и образования новых трещин.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Васильев, А. П. Ремонт и содержание автомобильных дорог: Справочная энциклопедия дорожника / А. П. Васильев [и др.] — Т. 2. — М.: Информавтодор, 2004. — 507 с.
2. Леонович, И. И. Диагностика и управление качеством автомобильных дорог: учеб. пособие / И. И. Леонович, С. В. Богданович, И. В. Нестерович. — Минск: Новое знание, 2011. — 350 с.
3. Ковалев, Я. Н. Активационно-технологическая механика дорожного асфальтобетона / Я. Н. Ковалев. — Минск: Вышэйшая школа, 1990. — 180 с.
4. Проектирование состава асфальтобетона и методы его испытаний. Автомобильные дороги и мосты // Обзорная информация СоюздорНИИ. — М., 2005. — Вып. 6.
5. Государственная программа "Дороги Беларуси" на период 2006–2015 годы. Основные положения. — Минск, 2004. — Т. 1.
6. Леонович, И. И. Содержание и ремонт автомобильных дорог: учеб. пособие: в 2 ч. Технология и организация дорожных работ / И. И. Леонович. — Минск: БНТУ, 2003. — Ч. 2. — 470 с.
7. Республиканское унитарное предприятие "Белорусский дорожный инженерно-технический центр" [Электронный ресурс] / РУП "Белдорцентр". — Минск, 2011. — Режим доступа: <http://www.beldor.cent.by>. — Дата доступа: 17.10.2011.
8. Автомобильные дороги. Порядок выполнения диагностики: ТКП 140-2008 (02191). — Введ. 01.01.2009. — Минск: Белдорцентр, 2009. — 58 с.
9. Руденский, В. А. Повышение трещиностойкости асфальтобетонных покрытий / В. А. Руденский, А. С. Рыльков // Тр. ГП "РосдорНИИ". — 2011. — № 25.
10. Кретов, В. А. Метод количественной оценки температурной трещиностойкости асфальтобетонных покрытий, устраиваемых на основаниях со швами и трещинами / В. А. Кретов, В. Д. Казарновский, А. Р. Красноперов // Тр. ГП "РосдорНИИ". — 2000. — № 10.
11. Автомобильные дороги Беларуси: Энциклопедия / под общ. ред. А. В. Минина. — Минск БелЭН, 2002. — 672 с.
12. Богуславский, А. М. Основы реологии асфальтобетона / А. М. Богуславский, Л. А. Богуславский. — М.: Высшая школа, 1972. — 199 с.
13. Веренько, В. А. Деформации и разрушения дорожных покрытий: причины и пути устранения / В. А. Веренько. — Минск: Беларуская Энцыклапедыя імя П. Броўкі, 2008. — 304 с.
14. Прочность и долговечность асфальтобетона / под ред. Б. И. Ладыгина. — Минск: Наука и техника, 1972. — 187 с.

Статья поступила в редакцию 19.10.2011.