

## ТРАНСПОРТНО-ЭКСПЛУАТАЦИОННОЕ СОСТОЯНИЕ СЕТИ РЕСПУБЛИКАНСКИХ АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ И ОСНОВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ ПОВЫШЕНИЯ ИХ КАЧЕСТВА

*Докт. техн. наук, проф. ЛЕОНОВИЧ И. И.,  
НОВГОРОДСКИЙ Я. Я., БУРТЫЛЬ Ю. В.*

*Белорусский национальный технический университет,  
РУП «Белорусский дорожный инженерно-технический центр»*

По состоянию на 1 января 2008 г. в Республике Беларусь сеть автомобильных дорог общего пользования составила 85469 км, в том числе около 16000 км дорог республиканского значения. Республиканские дороги обеспечивают наиболее важные транспортные коммуникации как внутри страны, так и с сопредельными государствами. Интенсивность движения автомобильного транспорта возрастает, и необходимо пересматривать требования к транспортно-эксплуатационному состоянию (ТЭС) автомобильных дорог, срокам службы покрытий и дорожных одежд, видам ремонтных мероприятий. Ежегодное обследование сети дорог позволяет оперативно оценивать условия работы дорог и поддерживать их в нужном ТЭС, что является важнейшей задачей для дорожных организаций страны.

**Оценка транспортно-эксплуатационного состояния республиканских автомобильных дорог.** Качественными показателями оценки транспортно-эксплуатационного состояния автомобильных дорог являются результаты инструментальных измерений таких транспортно-эксплуатационных параметров автомобильных дорог (ТЭП АД), как упругий прогиб дорожной одежды, ровность покрытия, коэффициент сцепления колеса автомобиля с покрытием, дефектность дорожной одежды и колейность на покрытии. Измеренные параметры определяют работоспособность автомобильной дороги как инженерного сооружения, ее несущую способность и потребность в ремонтных мероприятиях. Существующая система оценки ТЭС при

приемке в эксплуатацию после выполнения ремонта дорожной одежды, а также при ежегодной диагностике эксплуатационных участков автомобильных дорог определяется требованиями технических нормативно-правовых актов (ТНПА) [1–7].

Существующие методики измерений, регламентируемые требованиями ТНПА [8, 9], позволяют выполнять работы по диагностике дорог измерительными лабораториями в объемах, представленных в табл. 1.

*Таблица 1*

**Ежегодные объемы работ при проведении диагностики дорог, выполняемые РУП «Белдорцентр»**

Измеряемый параметр	Объем ежегодных измерений, км	Измерительная лаборатория	Количество лабораторий, шт.
Ровность покрытия	16000	«Профилограф»	1
Упругий прогиб	2500	Дефлектометр FWD PRI2100	1
Коэффициент сцепления	8000	Установка ПКРС-2у	2
Дефектность покрытия	10000	Лаборатория по визуальному обследованию	3

По результатам ежегодной диагностики проводится анализ транспортно-эксплуатационного состояния дорог в текущем году и определяется потребность в ремонтных работах на перспективу. При условии ограниченного финансирования программы ремонтных мероприятий устанавливаются первоочередные участки ремонтов с точки зрения обеспечения безопас-

ного движения [7], а также на участках повышенной аварийности. Отдельно выделяются участки дорог, на которых выявлено несоответствие требованиям ТНПА по трем и более транспортно-эксплуатационным показателям.

В течение последних 12 лет РУП «Белдорцентр» проводит ежегодную диагностику сети республиканских автомобильных дорог общей протяженностью 16000 км (первая категория приведена к двум полосам).

Ремонтные мероприятия назначаются на участках дорог, имеющих одновременно одно или несколько несоответствий. Вид ремонтного мероприятия определяется степенью значимости параметра и возможностью назначенного ремонтного мероприятия устранить несоответствия по остальным параметрам.

Ремонты по восстановлению ТЭП дорожной одежды назначаются по:

- прочности дорожной одежды;
- колейности на покрытии более 30 мм;
- дефектности 2-го и 3-го уровней [4];
- коэффициенту сцепления ниже требуемого по уровню безопасности;
- ровности покрытия;
- колейности на покрытии глубиной 15–30 мм;
- дефектности 1-го уровня [4];
- колейности на покрытии глубиной до 15 мм;
- недопущению снижения коэффициента сцепления на покрытии до предельно допустимых значений;
- несоответствию ширины покрытия проезжей части интенсивности движения транспортных средств.

Ежегодная потребность в ремонтных мероприятиях, установленных межремонтным сроком службы, определяется нормативными документами и не учитывает ТЭС автомобильных дорог [6, 10]. Для автомобильных дорог различных категорий установлены сроки между капитальными ремонтами, которые в зависимости от категории дороги составляют 8–14 лет для усовершенствованных нежестких дорожных одежд и 20 лет – для жестких дорожных одежд. Разрабатываемый в настоящее время в республике нормативный документ будет устанавливать минимальные сроки службы дорожных одежд и покрытий проектируемых дорог, определяя перспективную потребность в

ремонтах на весь срок службы дорожных конструкций.

Таблица 2

**Потребность в проведении ремонтных мероприятий на год по сети республиканских автомобильных дорог**

Вид ремонта	Потребность в проведении ремонтов, км		Фактическое выполнение ремонтов исходя из объема финансирования, км
	по межремонтным срокам	по результатам диагностики	
Капитальный	1585	2947	537
Текущий	3281	4700	1495
Итого	4866	7647	2032

В табл. 2 представлена информация о потребности в ремонтах на год исходя из нормативных требований межремонтных сроков службы, результатов ежегодной диагностики и фактически выполненных ремонтных мероприятий. Фактически выполненные ремонты в 2,9 раза меньше проектных по капитальному ремонту и в 2,4 раза – по текущему.

Проведение анализа изменения состояния дорог позволяет определить общую тенденцию изменения ТЭС области и района республики и в целом по сети, а также выявить причины по несоблюдению нормативных межремонтных сроков. В табл. 3 приведены объемы на проведение ремонтных мероприятий при полном доведении ТЭП АД до нормативных значений, установленных по результатам диагностики и классифицируемых согласно ТНПА [11, 12].

Таблица 3

**Потребность в ежегодных ремонтах на 2003–2007 гг.**

Год	Потребность в капитальном ремонте, км	Потребность в текущем ремонте, км	Общая потребность в ремонте, км
2003	1237	5613	6850
2004	1397	4784	6181
2005	1506	6552	8058
2006	2244	6102	8346
2007	2017	7048	9065

На 2008 г. общий объем назначенных ремонтов уменьшился на 1418 км за счет снижения потребности в текущем ремонте, однако стоимость ремонтов по сравнению с предыдущим годом увеличилась на 4 % за счет прироста потребности в капитальных ремонтах.

**Оценка ровности покрытий автомобильных дорог.** Как показали наблюдения, из всех основных видов разрушений дорожных одежд наиболее существенное влияние на работоспособность конструкций, удобство и безопасность движения оказывает ухудшение ровности в продольном направлении. Структурные разрушения в виде растрескивания, выбоин, образования колеи влияют на срок службы дорожной одежды количественно на порядок ниже по сравнению с ровностью покрытия. Темп ухудшения ровности также зависит в основном от ее общей жесткости – модуля упругости дорожной одежды. Ухудшение ровности покрытия приводит к увеличению амплитуды колебаний, что в большей степени влияет на коэффициент динамичности [13]. Ровность покрытия измеряется профилометрическим методом, инструментально, что позволяет исключить влияние «человеческого фактора» на результаты измерений, а также позволяет устанавливать эмпирические зависимости по результатам многолетних наблюдений для своевременного прогнозирования восстановительных работ. Анализ изменения средневзвешенного значения ровности по международному индексу ровности IRI по сети республиканских автомобильных дорог за последние пять лет наиболее качественно характеризует потребность в выполненных ремонтах и изменение состояния дорожной одежды по несущей способности (табл. 4).

Таблица 4

**Изменение ровности покрытия эксплуатируемых дорог при установленных объемах выполненных ремонтов**

Год измерения	2003	2004	2005	2006	2007
Ровность покрытия, м/км	4,57	4,88	5,34	5,14	4,86
Общий объем выполненных ремонтов, км	1861	1779	1704	2056	2032
В том числе:					
капитальный, км	187	156	332	416	537
текущий, км	1674	1622	1372	1640	1495

Оценка ровности покрытия эксплуатируемых дорог в республике нормируется исходя из условий обеспечения удобства движения и предупреждения дальнейшего разрушения покрытия от усиленного динамического воздействия нагрузки, а также по условиям безопасности движения транспортных средств [4, 7]. По ус-

ловиям обеспечения безопасности движения предельно допустимая величина ровности покрытия в зависимости от уровня требований [14, 17] находится в интервале  $IRI = 4,50-6,70$  м/км.

Общий объем фактически выполненных ремонтов составляет 26 % от общей потребности в ремонтах, назначенных по результатам диагностики, и 42 % – от расчетной потребности нормируемой межремонтными сроками службы. Однако следует заметить, что состояние дорог по ровности после проведения ремонтных мероприятий в объемах, указанных в табл. 3, находится в пределах нормы (удовлетворительно), и к тому же существует тенденция к улучшению состояния дорог по средневзвешенному значению ровности. Если разграничить состояние покрытий по критерию международного индекса ровности IRI, характеризующего комфортность езды, то по состоянию на 01.01.2008 для республиканских автомобильных дорог ровность покрытия определяется следующим образом:

- отличное состояние – до 2 м/км протяженностью 464 км (2,8 %);
- хорошее состояние – 2–4 м/км протяженностью 4147 км (25,2 %);
- удовлетворительное состояние – 4–6 м/км протяженностью 7704 км (46,9 %);
- плохое состояние – более 6 м/км протяженностью 4112 км (25,9 %).

На автомобильных дорогах 4–5-й категорий, составляющих 45 % от общей протяженности сети республиканских дорог, ровность покрытия имеет значение в пределах 5–10 м/км и более. Понятие «плохое состояние» применимо именно к этим участкам, ликвидация несоответствия по ровности на которых проводится в первую очередь как на участках, несоответствующих критериям безопасности движения. Это позволило снизить среднюю ровность по сети дорог до указанных в табл. 4 значений. Отклонение предельно допустимой ровности покрытия на дорогах 1–3-й категорий на 20 % и более не только приводит к снижению фактической высокой скорости движения транспортного потока, но и к образованию структурных дефектов покрытия за счет увеличения динамического воздействия на покрытие при высокой интенсивности движения тяжеловесных транспорт-

ных средств. В дальнейшем возможно резкое увеличение затрат на восстановление ТЭП дорог, входящих в основные международные маршруты движения, что не позволит обеспечить требуемые условия движения стратегически важных транспортных потоков.

На участках, вновь вводимых в эксплуатацию после ремонта, требования к ровности покрытия строго регламентированы [1] и составляют  $IRI = 1,5-2,5$  м/км. Общее несоответствие нормативным требованиям по ровности составляет: в 2005 г. – 18,3 %; 2006 г. – 16,1; 2007 г. – 12,6 % от общего объема выполненных ежегодных капитальных ремонтов (450–550 км). Проводимые ежегодные измерения ровности на участках дорог после капитального ремонта позволили выявить зависимость изменения ровности в течение последующих четырех-пяти лет эксплуатации. На примере участка автомобильной дороги М-4 Минск – Могилев (рис. 1) приводится изменение состояния покрытия по ровности за период 2005–2008 гг.

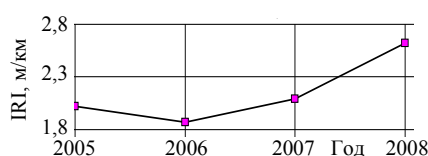


Рис. 1. Изменение ровности покрытия на участке автомобильной дороги М-4 км 49–53,3 в течение 2005–2008 гг. при уровне надежности 0,9

Ровность покрытия на участках более высоких категорий ухудшается не так интенсивно и незначительно влияет на изменение средней ровности покрытия в целом по сети, однако ремонтные мероприятия, проводимые на этих участках для восстановления профиля дороги, а также устройство слоев усиления с фрезерованием более дорогостоящие, чем на дорогах низких категорий. В первый год службы происходит доуплотнение слоев покрытия, что возможно определяет улучшение ровности на этом этапе. В дальнейшем наблюдается устойчивое ежегодное ухудшение ровности покрытия в объемах 12–15 % от предыдущих значений. Расчеты показывают, что достижение значений показателя ровности  $IRI$ , соответствующего нормативному значению и выше, при существующих темпах регрессии следует ожидать на шестой-седьмой год службы покрытия автомо-

бильной дороги 1-й категории. Для автомобильных дорог 2–3-й категорий этот период сократится до 4–5 лет. Для дорог 4-й категории интервал имеет более широкие границы и может составлять 3–8 лет. Дальнейшие исследования, проводимые в РУП «Белдорцентр» по результатам многолетних наблюдений, позволят прогнозировать объемы планируемых работ для обеспечения своевременного выполнения требований ТНПА.

Чтобы достичь хорошего состояния покрытий по условиям ровности за 2008 г., необходимо выполнить рекомендуемые объемы капитального (2947 км) и текущего (4044 км) ремонтов, включающих в себя устройство тонких слоев покрытия толщиной не менее 3,5 см, устройство защитных слоев типа «Сларри Сил» и поверхностной обработки. Такая программа позволит довести состояние сети дорог по ровности покрытий до «хорошего», согласно условиям удобства движения, со средневзвешенной ровностью покрытий  $IRI = 3,92$  м/км.

**Критерии оценки прочности дорожных одежд.** Одним из важнейших эксплуатационных показателей автомобильных дорог является прочность. В настоящее время существуют определенные трудности и противоречия при проектировании нежестких дорожных одежд и оценке их дальнейшей работы в течение их расчетного срока службы.

Одним из критериев оценки прочности дорожной одежды автомобильной дороги является общий эквивалентный модуль упругости конструкции [6]. При конструировании дорожной одежды общий фактический модуль упругости рассчитывается с помощью номограммы для двуслойной конструкции, построенной П. И. Теляевым на основе данных о вертикальных перемещениях по оси действующей нагрузки. Требуемый модуль упругости определяется по графику в зависимости от суточной интенсивности расчетных нагрузок на последний год срока службы дорожной одежды или по зависимости

$$E_{тр} = 125 + 68 \{ \lg(N) - 1 \}, \quad (1)$$

где  $N$  – приведенная суточная интенсивность движения для расчетных автомобилей группы А [6].

Данная зависимость имеет существенный недостаток. Имея одинаковую суточную интенсивность расчетных автомобилей на последний год при разном ежегодном ее росте для двух участков дорог, принимается одинаковый требуемый модуль упругости. За определенный промежуток времени работы двух конструкций общее количество приложений расчетных нагрузок будет разным, следовательно, потребность и вид поддерживающих ремонтных стратегий при достижении определенного количества приложений будут отличаться. При выполнении одинаковых объемов текущих ремонтов за расчетный период дорожная одежда в одном случае может достичь критического состояния по одному из критериев прочности вследствие более интенсивного воздействия транспортных средств. Фактически получается, что эксплуатируемые в настоящее время дорожные конструкции запроектированы с одинаковой прочностью на различные объемы воздействия расчетных нагрузок. В настоящее время в Республике Беларусь перерабатывается нормативный документ по расчету нежестких дорожных одежд.

В российском нормативном документе [15] было учтено количество расчетных осей, пройденных за расчетный период. Минимальный требуемый модуль учитывает суммарное количество приложений расчетных нагрузок за расчетный срок службы, причем расчетных дней в году принимается не 365, а в зависимости от региона страны, т. е. период в течение которого сочетание состояния грунта земляного полотна по влажности и температуре асфальтобетонных слоев конструкции обеспечивает возможность накопления остаточной деформации и грунте земляного полотна или малосвязанных слоев дорожной одежды. Для Республики Беларусь количество таких дней – 145. Минимальный требуемый модуль определяют по формуле

$$E_{\min} = 98,65 \{ \lg(N) - c \}, \quad (2)$$

где  $N$  – суммарное количество приложений расчетных нагрузок;  $c$  – эмпирический параметр ( $c = 3,05-3,55$ ).

Данная зависимость профессора М. С. Когансона получена из условия, что величина тре-

буемого модуля упругости дорожной конструкции должна быть такой, чтобы к концу срока службы фактическая ровность покрытия не превышала предельно допустимых значений. Это значит, что рассчитанная на стадии проектирования прочность конструкции дорожной одежды связана с допустимыми значениями ровности покрытия и должна обеспечиваться в течение всего срока эксплуатации.

В зависимости (2) количество расчетных дней следовало бы принять 365, чтобы наиболее полно и точно учесть воздействие нагрузок за расчетный срок. Тем более, что минимальный модуль увязан с предельной ровностью покрытия. Транспортные нагрузки оказывают влияние на изменение ровности в течение всего года, а не в отдельные периоды. К примеру, в Казахстане при выполнении аналогичных расчетов принято 365 расчетных дней.

Если сравнить требуемые модули упругости, рассчитанные по ВСН 46–83 и ОДН 218.046–01, без учета коэффициента прочности, то получим близкие значения модуля упругости (табл. 5). Существующие методики сохранили свою актуальность несмотря на то, что ВСН 46–83 не действует в республике. На основании методик, изложенных в документе, разрабатывается технический кодекс установившейся практики.

Как видно из табл. 5, требуемые модули упругости, применяемые при конструировании дорожных одежд по ВСН 46–83, имеют меньшие значения, чем по ОДН 218.046–01, за счет того, что их требуемые коэффициенты прочности меньше в 1,2–1,3 раза при одном и том же уровне надежности.

Поскольку ровность и прочность – взаимосвязанные эксплуатационные параметры, при назначении требуемого модуля упругости необходимо учитывать ровность покрытия. Предельно допустимые значения ровности покрытия по толчкоммеру были учтены в ВСН 41–88 при установлении межремонтных сроков службы. В результате исследований в РУП «Белдорцентр» установлена зависимость требуемого модуля от ровности и общего количества приложения расчетных нагрузок.

Требуемые модули упругости, рассчитанные при различных методиках  
( $k$  – коэффициент прочности; кат. – категория дороги)

Интенсивность расчетных нагрузок на полосу в сутки на последний год	Требуемый модуль упругости, МПа				
	ВСН 46–83	ОДН 218.046–01. Ежегодный рост интенсивности – 2 %	ОДН 218.046–01. Ежегодный рост интенсивности – 4 %	«Белдорцентр». Ежегодный рост интенсивности – 2 %	«Белдорцентр». Ежегодный рост интенсивности – 4 %
300	225 ( $k = 1,00$ ) 203 ( $k = 0,90$ , IV кат.) 211 ( $k = 0,94$ , III кат.) 225 ( $k = 1,00$ , II кат.) 225 ( $k = 1,00$ , I кат.)	208 ( $k = 1,00$ ) 220 ( $k = 1,06$ , IV кат.) 229 ( $k = 1,1$ , III кат.) 250 ( $k = 1,20$ , II кат.) 270 ( $k = 1,30$ , I кат.)	204 ( $k = 1,00$ ) 216 ( $k = 1,06$ , IV кат.) 224 ( $k = 1,1$ , III кат.) 245 ( $k = 1,20$ , II кат.) 265 ( $k = 1,20$ , I кат.)	219 – (IV кат.) 233 – (III кат.) 251 – (II кат.) 272 – (I кат.)	215 – (IV кат.) 229 – (III кат.) 247 – (II кат.) 267 – (I кат.)
1000	261 ( $k = 1,00$ ) 235 ( $k = 0,90$ , IV кат.) 245 ( $k = 0,94$ , III кат.) 261 ( $k = 1,00$ , II кат.) 261 ( $k = 1,00$ , I кат.)	259 ( $k = 1,00$ ) 275 ( $k = 1,06$ , IV кат.) 285 ( $k = 1,1$ , III кат.) 311 ( $k = 1,2$ , II кат.) 334 ( $k = 1,3$ , I кат.)	255 ( $k = 1,00$ ) 270 ( $k = 1,06$ , IV кат.) 281 ( $k = 1,1$ , III кат.) 306 ( $k = 1,2$ , II кат.) 332 ( $k = 1,3$ , I кат.)	265 – (IV кат.) 282 – (III кат.) 304 – (II кат.) 329 – (I кат.)	261 – (IV кат.) 278 – (III кат.) 299 – (II кат.) 324 – (I кат.)
3000	293 ( $k = 1,00$ ) 264 ( $k = 0,90$ , IV кат.) 275 ( $k = 0,94$ , III кат.) 293 ( $k = 1,00$ , II кат.) 293 ( $k = 1,00$ , I кат.)	301 ( $k = 1,00$ ) 319 ( $k = 1,06$ , IV кат.) 331 ( $k = 1,1$ , III кат.) 361 ( $k = 1,2$ , II кат.) 391 ( $k = 1,3$ , I кат.)	292 ( $k = 1,00$ ) 310 ( $k = 1,06$ , IV кат.) 321 ( $k = 1,1$ , III кат.) 350 ( $k = 1,2$ , II кат.) 380 ( $k = 1,3$ , I кат.)	333 – (IV кат.) 355 – (III кат.) 383 – (II кат.) 414 – (I кат.)	325 – (IV кат.) 347 – (III кат.) 374 – (II кат.) 404 – (I кат.)

$$E_{\text{тр}} = \left( \frac{A10^{11}N}{\ln \left( \frac{\text{IRI}_{\text{п}}}{\text{IRI}_{\text{н}}} \right)} \right)^{1/6,28}, \quad (3)$$

где  $A$  – эмпирический параметр, принимаемый: для дорог I категории – 13,0; II категории – 10,0; III категории – 7,0; IV категории – 5,0;  $N$  – общее количество приложений расчетных нагрузок за срок службы, тыс. ед.;  $\text{IRI}_{\text{п}}$  – предельно допустимая ровность покрытия, на которую рассчитывается конструкция дорожной одежды, рекомендуемые значения для дорог I категории – 4,44 м/км; II категории – 5,44 м/км; III категории – 6,18 м/км; IV категории – 6,64 м/км; V категории – 7,81 м/км;  $\text{IRI}_{\text{н}}$  – начальная ровность после капитального ремонта, строительства, реконструкции, рекомендуемое значение 2,0 м/км.

Оценка прочности эксплуатируемых дорожных одежд выполняется по величине прогиба под воздействием расчетной нагрузки. По величине прогиба рассчитывается модуль упругости по формуле

$$E_{\phi} = \frac{pD(1-\mu^2)}{L}, \quad (4)$$

где  $p$  – удельное расчетное давление, МПа;  $D$  – эквивалентный отпечаток штампа, м;  $L$  – упругий прогиб дорожной одежды, м;  $\mu$  – коэффициент Пуассона.

В некоторых нормативных документах, к примеру стандарт СЭВ 5497–86, ВСН 46–83, в формулу введены коэффициенты:  $\pi/4$  – для жесткого штампа и 0,6 – для гибкого штампа. При расчете нежестких дорожных одежд [6] приведена формула (4) без коэффициентов. В ОДН218.1.052–2002 путем математических преобразований получена формула

$$E_{\phi} = \frac{0,36Q}{L_{\phi}}, \quad (5)$$

где  $L_{\phi}$  – упругий прогиб, м;  $Q$  – расчетная нагрузка, кН.

Учитывая, что в определенные периоды года прочность имеет различную величину, ее измеренное значение следует приводить к периоду наибольшего ослабления конструкции дорожной одежды. Для этого применяются климатические коэффициенты, учитывающие температуру, толщину покрытия, а также влажность земляного полотна, при которых производились измерения [4]. На величину прогиба

влияют также тип штампа, применяемого при испытаниях, и величина динамической нагрузки, применяемой в измерительной установке. Экспериментальная зависимость между измерениями жестким и гибким штампами установлена СоюздорНИИ для нерасчетного периода:

$$L_{дг} = 1,30L_{дж} + 0,12, \quad (6)$$

где  $L_{дг}$  – упругий динамический прогиб, полученный при измерениях гибким штампом;  $L_{дж}$  – то же жестким штампом.

Измерения, выполненные динамической нагрузкой, должны быть приведены к статической нагрузке. Между динамической и статической нагрузками для весеннего периода установлена следующая корреляционная зависимость:

$$L_{ст} = 1,12L_{дж} + 0,26, \quad (7)$$

где  $L_{ст}$  – упругий статический прогиб.

Возникает вопрос, почему, конструируя дорожную одежду, в расчетах принимаются динамические модули упругости битумосодержащих материалов и диаметр отпечатка колеса движущегося автомобиля. При оценке прочности прогибы необходимо приводить к статическим, соответственно получаются и статические модули упругости. Несогласованность двух расчетов заключается в том, что конструкция дорожной одежды и требуемый модуль упругости рассчитываются на определенное количество приложений динамических нагрузок.

За счет того, что на величину расчетного модуля упругости влияет большое количество условий, их довольно сложно сопоставить. Система конструирования дорожной одежды и оценка ее прочности при эксплуатации имеют много несоответствий, а именно:

- конструирование дорожной одежды выполняется на динамический модуль, а при оценке прочности на статический [6];

- при конструировании дорожной одежды модуль упругости грунта земляного полотна принимается при расчетной влажности, а асфальтобетон – при расчетной температуре, а при измерениях – при фактических параметрах влажности и температуры, после чего необходимо пересчитывать, т. е. приводить к рас-

четному условию с применением климатических коэффициентов, что вносит значительную погрешность при расчетах;

- при конструировании принимается диаметр отпечатка расчетной нагрузки, при оценке прочности – в основном жесткий штамп диаметром, отличным от расчетного автомобиля;

- при конструировании не учитываются многие другие условия (насыпь, выемка, залесенность территории, солнечная радиация, градиент температуры слоев покрытия и др.), при оценке прочности эти характеристики влияют на величину прогиба.

Наиболее точным и эффективным было бы выполнять оценку состояния дорожной одежды по ровности. Этот показатель по сезонам изменяется незначительно. По его значению можно назначать ремонты и прогнозировать срок службы. Определение ровности проще, чем модуля упругости. Ровность можно ежегодно контролировать по всей сети, чего не скажешь о прочности. По предельно допустимым значениям международного индекса ровности IRI можно оценивать состояние дорожных одежд. Ровность и прочность – две взаимосвязанные характеристики дорожной одежды. В РУП «Белдорцентр» произведены исследования и установлена зависимость, позволяющая определять несущую способность конструкции дорожной одежды (кН) в соответствии с расчетной интенсивностью в сутки на одну полосу и фактической ровностью по IRI:

$$Q = \left[ (0,72 \ln N_{гр.А} + 9,4) \times \left\{ \text{EXP} \left( \frac{-9N_{гр.А}}{10^6} - 0,0713 \right) \text{IRI} \right\} \right] 9,81, \quad (8)$$

где  $Q$  – несущая способность дорожной одежды, т;  $N_{гр.А}$  – расчетная интенсивность движения, авт./сут.; IRI – фактическая ровность покрытия, м/км.

## ВЫВОД

1. Необходимо проводить инструментальные измерения основных транспортно-эксплуатационных параметров автомобильной дороги с целью исследования изменения их состояния, обобщения выводов и построения

зависимостей по результатам многолетних наблюдений.

2. Оценка прочности конструкции дорожной одежды при эксплуатации с расчетом модуля упругости отличается от методики конструирования дорожной одежды и поэтому сопоставлять две эти величины нецелесообразно. В противном случае возможны разногласия при получении конечных расчетных модулей упругости.

3. Для оценки состояния дорожных одежд по прочности необходимо применять показатель ровности IRI, характеризующий степень динамического воздействия транспортной нагрузки на покрытие.

4. Приведенные экспериментальные зависимости необходимо использовать для комплексной оценки прочностного состояния дорожных одежд.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. **Автомобильные** дороги. Правила устройства: ТКП 059–2007. – Утв. 22.03.2007. – Минск: Департамент «Белавтодор», 2007. – 94 с.
2. **Автомобильные** дороги. Правила устройства асфальтобетонных покрытий и защитных слоев: ТКП 094–2007. – Утв. 01.10.2007. – Минск: Департамент «Белавтодор», 2007 – 71 с.
3. **Автомобильные** дороги. Нормы проектирования: ТКП 45-3.03-19–2006. – Утв. 26.01.2007. – Минск: Минстройархитектуры, 2007. – 42 с.
4. **Диагностика** автомобильных дорог общего пользования: РД 0219.1.21–2001. – Утв. 07.12.2001. – Минск: Комитет по автомобильным дорогам Минтранс РБ, 2001. – 79 с.
5. **Дороги** автомобильные. Методы испытаний: СТБ 1566–2005. – Утв. 22.08.2005. – Минск: Минстройархитектуры, 2005. – 19 с.
6. **Проектирование** нежестких дорожных одежд: пособие 3.03.01 к СНиП 2.05.02–85. – Утв. 26.09.1996. – Минск: Минстройархитектуры, 1996. – 86 с.
7. **Дороги** автомобильные и улицы. Требования к эксплуатационному состоянию, допустимому по условиям обеспечения безопасности движения: СТБ 1291–2007. – Утв. 31.11.2007. – Минск: Госстандарт, 2007. – 25 с.
8. **Дороги** автомобильные. Метод определения коэффициента сцепления колеса автомобиля с дорожным покрытием: ГОСТ 30413–96. – Введен 01.10.1997. – Минск: Минстройархитектуры, 1997. – 5 с.
9. **Рекомендации** по оценке прочности нежестких дорожных одежд: ДМД 02191.5.006–2007. – Утв. 21.12.2007. – Минск: Департамент «Белавтодор», 2007. – 15 с.
10. **Рекомендации** по назначению ремонтных мероприятий с учетом расчетных межремонтных сроков службы конструкций: ДМД 02191.5.002–2006. – Утв. 11.12.2006. – Минск: Департамент «Белавтодор», 2006. – 20 с.
11. **Автомобильные** дороги. Классификация и состав работ по строительству, реконструкции и капитальному ремонту: ТКП 068–2007. – Утв. 20.04.2007. – Минск: Департамент «Белавтодор», 2007. – 10 с.
12. **Автомобильные** дороги. Классификация и состав работ по текущему ремонту и содержанию: ТКП 069–2007. – Утв. 20.04.2007. – Минск: Департамент «Белавтодор», 2007. – 14 с.
13. **Леонович, И. И.** Содержание и ремонт автомобильных дорог: в 2 ч. / И. И. Леонович. – Минск: БНТУ, 2003. – Ч. 1: Общие вопросы содержания и ремонта дорог, машины и материалы. – 270 с.
14. **Перечень** республиканских автомобильных дорог по уровню требований к эксплуатационному состоянию: приказ № 202 от 09.12.2002. – Минск: Департамент «Белавтодор», 2002.
15. **Оценка** прочности нежестких дорожных одежд: ОДН 218.1.052.–2002. – Утв. 19.11.2002. – Москва: Минтранс РФ, 2002. – 80 с.
16. **Лугов, С. В.** О связи допустимой ровности асфальтобетонных покрытий с требуемой прочностью нежестких дорожных одежд / С. В. Лугов, Е. В. Каленова // *Новости в дорожном деле: науч.-техн. сб. ФГУП «Информавтодор».* – М., 2007. – Вып. 2. – С. 32.

Поступила 6.06.2008