

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ СИСТЕМЫ НАЗНАЧЕНИЯ РЕМОНТНЫХ МЕРОПРИЯТИЙ НА РЕСПУБЛИКАНСКИХ АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГАХ

IMPROVEMENT OF REPAIR WORKS SCHEDULING ON REPUBLICAN MOTOR ROADS

Эффективность функционирования систем управления дорожным хозяйством зависит от степени согласованности существующих требований нормативной базы на стадии проектирования, ремонта (строительства) и эксплуатации. Отсутствие сопоставимости проектных и эксплуатационных показателей за срок службы дорожной одежды вызывает необходимость совершенствования системы назначения ремонтных мероприятий на автомобильных дорогах.

Effectiveness of road sector management system functioning depends on the degree of consistency of requirements of the existing established standards at the stage of design, repair (construction) and maintenance. The absence of comparability in design and operation indicators throughout road pavement service life requires improvement of scheduling repair procedures on motor roads.

ВВЕДЕНИЕ

Широкий ряд требований к эксплуатационным параметрам дорожных одежд должен представлять собой систему реализуемых на практике, взаимосвязанных и не противоречащих друг другу нормативных показателей. В этом случае необходимо, чтобы показатели (критерии) оценки прочности, ровности, работоспособности дорожных одежд можно было бы контролировать непрерывно, определяя при этом оптимальные сроки выполнения и вид ремонтных мероприятий. С целью формирования направлений по улучшению и развитию процессов диагностики автомобильных дорог следует подчеркнуть и обосновать недостаточность включенных в порядок правил и связанных с ними показателей, определяющих транспортно-эксплуатационное состояние (ТЭС) дорог. Необходимо обозначить

Ю.В. Буртыль,
начальник отдела РУП «Белорусский
дорожный инженерно-технический
центр», г. Минск, Беларусь
И.И. Леонович,
доктор технических наук, профессор
Белорусского национального техниче-
ского университета, г. Минск, Бело-
русь

направления повышения качества оценки ТЭС дорог, эффективности назначения ремонтов и предложить методику оценки работоспособности дорожных одежд.

Диагностика дорожных одежд является основным элементом системы сбора информации о техническом состоянии автомобильных дорог, перед которой ставятся следующие цели [1]:

- определение фактического технического состояния дорожной одежды;
- прогнозирование технического состояния дорожной одежды в определенный период времени;
- выяснения первопричин возникновения тех или иных дефектов.

Общую схему проведения диагностики дорог и включенные в нее процессы кратко можно представить в виде последовательности событий (рис. 1). Оценку каждого события проводим с точки зрения его эффективности, принимая к сведению то, что этапы проектирования, строительства и диагностики дорог - это единая связанная система, ключевыми контрольными точками которой являются нормативные количественные значения транспортно-эксплуатационных параметров (ТЭП) дороги.

ОЦЕНКА ДОСТАТОЧНОСТИ И ОБЪЕКТИВНОСТИ ТРЕБОВАНИЙ, ПРЕДЪЯВЛЯЕМЫХ К АВТОМОБИЛЬНЫМ ДОРОГАМ

Выбор системы измерения включает в себя формирование перечня параметров и предполагает в дальнейшем возможность и простоту их непрерывного мониторинга и прогнозирования. Количественная оценка установленных параметров должна осуществляться постоянно в течение межремонтного срока службы и в итоге

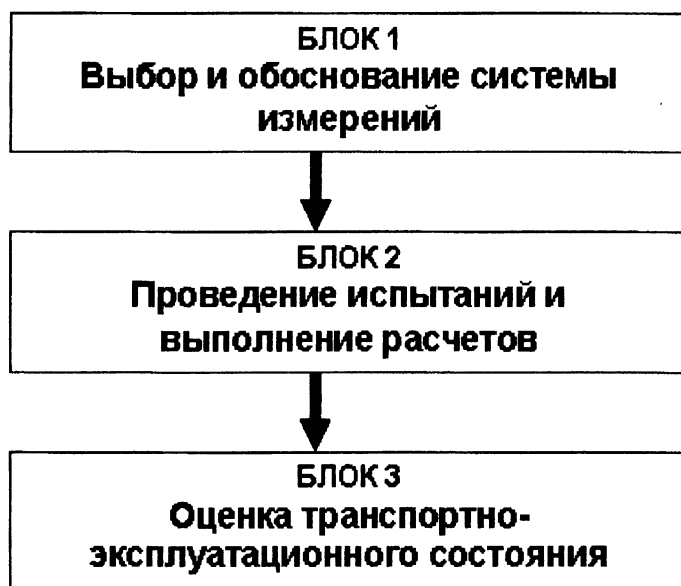


Рисунок 1 - Общая схема последовательного принятия решения при проведении диагностики автомобильных дорог

соответствовать прогнозируемым (проектным) значениям на последний расчетный год. Как правило, к асфальтобетонным смесям предъявляется ряд требований, определяющих показатели их физико-механических свойств [2]. Естественно, что в процессе эксплуатации все эти показатели изменятся, но в настоящее время проследить динамику их изменения в масштабах сети дорог не возможно. Изначально принимается, что запроектированная дорожная одежда будет соответствовать к концу межремонтного срока службы требованиям по установленным критериям, с определенным уровнем надежности. Однако достижение предельно допустимых значений ТЭП автодороги возможно по истечении различного временного интервала, что подтверждается результатами ежегодной диагностики.

В нормативной документации не установлены требования к ТЭП в зависимости от различного количества приложенных нагрузок в течение срока службы. Отсутствует система ежегодного мониторинга заложенных проектных значений основных прочностных параметров, основанная на периодически выполняемых измерениях и расчетах. Также при проведении натурных испытаний отсутствуют прямые или косвенные характеристики, позволяющие определить долговечность дорожных одежд в период проведения измерений. Но даже при наличии таких нормативных критериев, нет возможности контролировать степень

снижения качества асфальтобетона по этим показателям в масштабах сети дорог республики только в лабораторных условиях.

В таблице 1 представлены параметры, определяющие качественное состояние дорожных одежд, к которым в настоящее время предъявляются определенные требования на стадии проектирования, при вводе объектов в эксплуатацию и в процессе диагностики. В странах СНГ, Польше и Литве требования к большинству параметров, указанных в таблице 1, закладываются при проектировании дорог. Однако в этих странах также не существует высокопроизводительных методов измерений ТЭП дороги, позволяющих контролировать динамику изменения свойств и характеристик материалов в процессе эксплуатации.

Проведение испытаний и оценку фактического ТЭС дороги необходимо осуществлять непрерывно с целью получения информации об условиях работы и степени соответствия дорог потребительским качествам, обеспечивающим безопасные условия для всех участников движения [3]. На практике недостаток статистической информации об изменении погодно-климатических условий не позволяет корректировать результаты испытаний при изменении влажности, уровня грунтовых вод, температуры покрытия и т. д. На основании неточных результатов, при хотя бы одном ежегодном измерении, возможно, будет рекомендовано устройство конструктивных или выравнивающих слоев покрытия. Такое решение может быть несвоевременным или нерациональным. С другой стороны, нельзя игнорировать нормативные требования при выявлении несоответствия при измерениях по факту. В итоге результаты испытаний, проведенных в различные периоды, будут не согласованы между собой. Это приведет к противоположным по смыслу решениям при автоматизированном назначении ремонтных работ на одних и тех же участках в разные годы проведения диагностики.

При выборе, обосновании и разработке новых методов испытаний, по мнению Г.Н. Кирюхина, следует руководствоваться простыми, достоверными и высокопроизводительными принципами [4]. Принцип сравнения фактических измерений с нормативными значениями, определяющими потребительские качества, не обеспечивает своевременность принятия правильных решений при назначении ремонтов. При несоответствии нор-

Таблица 1 – Перечень параметров, требования к которым определяют качество дорожных одежд

Наименование параметра, определяющего качественное состояние дорожных одежд при проектировании	Обозначение. Нормативный документ. Страна	Параметр, количественно подтверждающий снижение проектных показателей во времени	Использование результатов диагностики при назначении ремонтов
1. Модуль упругости дорожной одежды	E_f , ТКП 45-3.03-112-2008 (РБ)	Упругий прогиб дорожной одежды	Расчет по прочности
2. Активное сопротивление сдвигу земляного полотна	Ta_1 , ТКП 45-3.03-112-2008 (РБ)	Отсутствует	Не используется
3. Активное сопротивление сдвигу основания (песка, щебня, гравия)	Ta_2 , ТКП 45-3.03-112-2008 (РБ)	Отсутствует	Не используется
4. Растягивающее напряжение при изгибе в связных слоях покрытия и основания	σ_r , ТКП 45-3.03-112-2008 (РБ)	Отсутствует	Не используется
5. Значение касательных напряжений в связных слоях покрытия	τ , ТКП 45-3.03-112-2008 (РБ)	Колейность на покрытии	Визуальная оценка покрытия
6. Повреждаемость. Расчет устойчивости монолитных слоев на совместное воздействие транспортной нагрузки и природно-климатических факторов	F , ТКП 45-3.03-112-2008 (РБ)	Дефектность дорожной одежды	Расчет по прочности, дефектности
7. Предел прочности при сжатии - растяжении	R , ТКП 059-2007 (РБ)	Отсутствует	Не используется
8. Коэффициент водостойкости	K_v , ТКП 059-2007 (РБ), стр. 86	Отсутствует	Не используется
9. Коэффициент морозостойкости	K_m , ТКП 059-2007 (РБ), стр. 86	Отсутствует	Не используется
10. Допустимое значение ровности покрытия	$IRI_{доп}$, ТКП 059-2007 (РБ)	Ровность покрытия	Расчет по ровности
11. Влажность грунта земляного полотна	$W_{гр}$, ТКП 45-3.03-112-2008 (РБ)	Влажность грунта	Расчет по прочности
12. Величина морозного пучения	$I_{пуч.}$, ОДН 218.046-01 (РФ)	Отсутствует	Не используется
13. Толщины слоев дорожной одежды: 13.1 общая толщина конструкции 13.2 толщина дренирующего слоя 13.3 толщина морозозащитного слоя	$H_{д.о.}$, ТКП 45-3.03-112-2008 (РБ) $H_{др.}$, ТКП 45-3.03-112-2008 (РБ) $H_{мз.}$, ОДН 218.046-01 (РФ)	Интенсивность движения Коэффициент фильтрации Глубина промерзания	Расчет по прочности Не используется Не используется

мативным требованиям какого-либо критерия не учитывается разница между нормативными значениями и фактическими. Т.е. выявленные несоответствия принимаются только как свершившийся факт отказа конструкции по отдельному параметру на текущий год измерения. Это не позволяет

проанализировать возможность предупреждения совершения события и в дальнейшем оценить эффективность и достаточность принятия решения по доведению параметров дороги до нормативных требований.

ОСОБЕННОСТИ ПРОВЕДЕНИЯ РАСЧЕТОВ ПРИ НАЗНАЧЕНИИ РЕМОНТНЫХ МЕРОПРИЯТИЙ НА АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГАХ

Существует множество методов оценки прочности дорожных одежд, но их разделение на практические и теоретические вызвано разделением систем подхода к проектным и эксплуатационным значениям одних и тех же прочностных

характеристик. Теоретические методы применяются на стадии проектирования, практические - на стадии эксплуатации, и прямая взаимосвязь между этими методами не прослеживается.

Теоретические методы оценки прочности дорожной одежды представляют собой последовательность расчетов:

- сопротивления упругому прогибу всей конструкции;

- сопротивления слоев из монолитных материалов усталостному разрушению при растяжении на изгиб;

- сопротивления сдвигу в грунтах и неукрепленных материалах;

- сдвигу устойчивости асфальтобетонных слоев дорожной одежды;

- устойчивости асфальтобетонных слоев к совместному воздействию транспортной нагрузки и природно-климатических факторов.

При оценке прочности по указанным критериям возникают определенные трудности при проведении вычислений, вызванные многообразием необходимых данных и особенностей выполнения расчетов. На рисунке 2 приведен пример алгоритма расчета одного из критериев прочности в соответствии с действующими в республике нормативными требованиями.

Существующие методики определения поправочных коэффициентов, используемых при расчете, применяются при приближенных условиях работы для

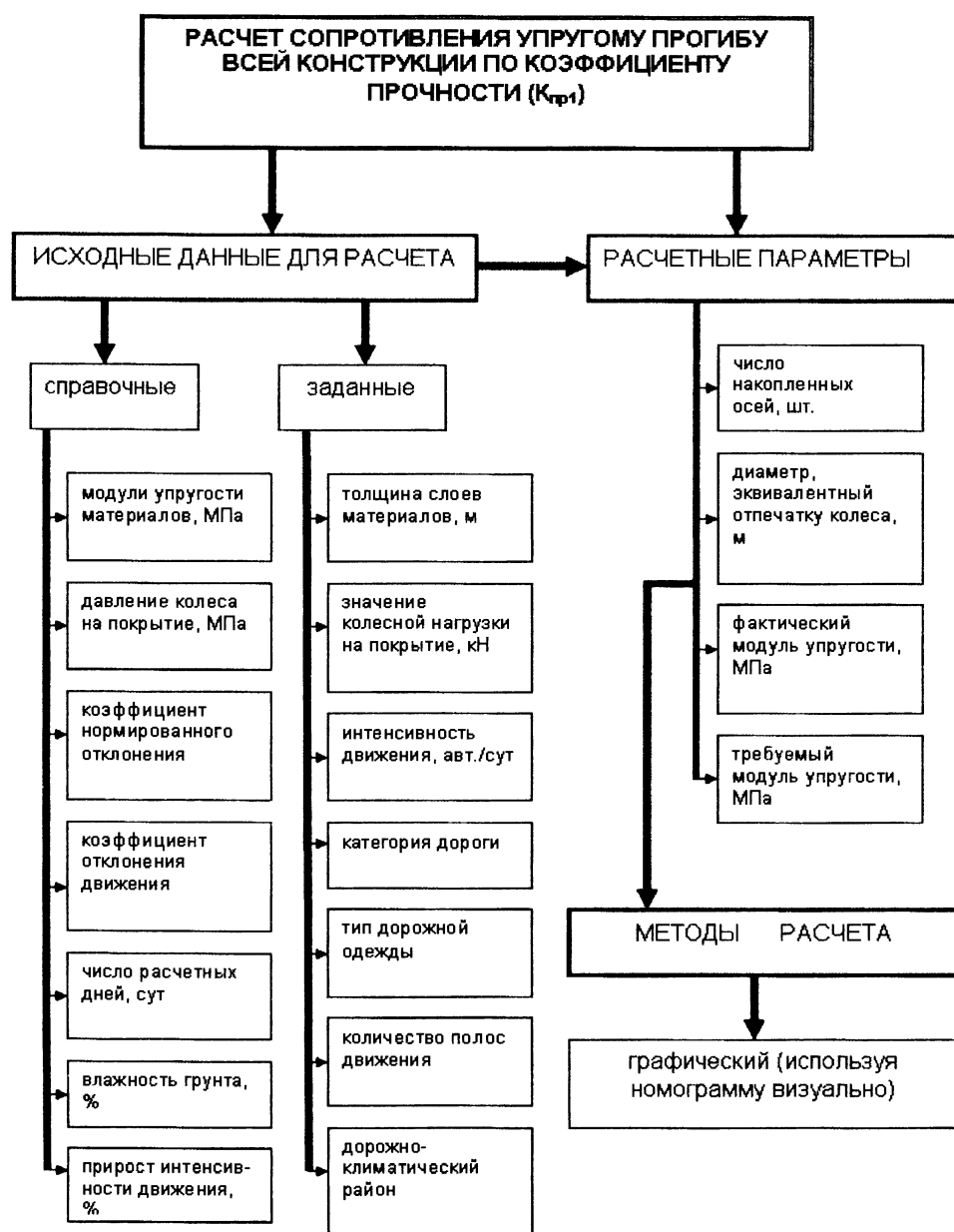


Рисунок 2 - Схема расчета конструкции дорожной одежды по упругому прогибу

всех типов дорожных конструкций. Принимаются условия работы дорожной одежды на перспективу без изучения статистических данных об изменениях отдельных параметров, используемых при расчетах. Принятые в расчетах коэффициенты считаются универсальными для определенной категории дороги. Общие исходные данные для проведения расчетов по критериям прочности: влажность грунта, ежегодный прирост интенсивности, число расчетных дней, модули упругости материалов и т.д. не являются однозначными величинами и на практике могут существенно изменяться. Так, например, влажность грунта даже на расстоянии одного километра автомобильной дороги может изменяться в 2 раза [5], то же касается и температуры покрытия.

Отдельно рассматривая значения модулей упругости материалов, следует подчеркнуть недостаточную объективность константных значений этого параметра для различных материалов, категорий и скоростных режимов. Время действия растягивающих напряжений в покрытии зависит от скорости движения и изменяется в пределах 0,02-0,06 с [6]. С целью экспериментального определения модуля упругости материала (асфальтобетона), соответствующего реальному воздействию автомобиля на покрытие, А.В. Руденским проведены испытания по определению модуля упругости материала при различном времени воздействия. Полученная зависимость подтверждает изменение модуля упругости асфальтобетона в условиях эксплуатации [7].

В 2005 году проводились сравнительные испытания, позволяющие оценить степень воздействия существующего потока транспортных средств на дорожную одежду в широком диапазоне типов автомобилей и скоростей движения [8]. К примеру, частота нагрузки через сечение автомобильной дороги Р-23 «Минск-Микашевичи» изучалась при систематических проходах тяжелых транспортных средств и оценивалась по величине упругого прогиба в асфальтобетоне и напряжении в слоях основания дорожной одежды. Практически установлено, что время воздействия колеса автомобиля на покрытие 0,1 с соответствует скорости движения 30-40 км/ч. Датчики закладывались в строящуюся дорожную одежду, не нарушая при этом сплошности материалов конструкции. Измерения фиксировались мобильным измерительным усилителем «Spider-8» с помощью персонального компьютера типа «note-book». Установлено, что для различных скоростных режимов движения, различных категорий дороги следует ориентироваться на модули материалов, соответствующие данным условиям работы. Существующие теоретические концеп-

ции устанавливают значение модуля упругости для времени воздействия 0,1 с.

При выборе ремонтного мероприятия приоритетным параметром, определяющим работоспособность дорожной одежды, является прочность. Автоматизированные системы управления при выявлении несоответствия по прочности на основании нормативных требований назначают устройство слоев усиления дорожной одежды по результатам проведенных испытаний [9, 10]. Такое решение позволяет также устранить несоответствия по ровности и сцеплению покрытия и добиться максимального результата с максимальным использованием материальных ресурсов. Однако при детальном рассмотрении ТЭС участков дорог возможно использование более рациональных вариантов проведения ремонтных мероприятий. При доведении параметров до нормативных значений на представленных участках потребуется разное количество затрат материальных ресурсов и разные по своей технологии ремонтные мероприятия.

На рисунке 3 представлены примеры оценки транспортно-эксплуатационного состояния пяти автодорог с различной интенсивностью движения, конструкцией дорожной одежды и назначениями на них ремонтов. Оценка проводилась по данным автоматизированной системы «Ремонт», устанавливающей границы изменения параметров, аналитически, с учетом степени финансирования и отклонения измерений от нормативных.

Как результат расчета, на трех автомобильных дорогах Ельск - Наровля (№1), Полоцк - Россоны (№2) и Подъезд к д. Гатовичи (№3) зафиксированы превышения нормативных значений по трем параметрам (ровность, прочность, сцепление), где необходимо проведение ремонтных мероприятий в соответствии с нормативными требованиями. Если на стадии проектирования и строительства новых объектов выбор вариантов дорожной одежды осуществляется с учетом эксплуатационных затрат на весь период срока службы, то при назначении вида ремонтных работ чаще всего основным критерием выбора является минимизация стоимости дорожно-ремонтных работ [11]. На участке дороги Полоцк - Россоны (№2) следует выполнить капитальный ремонт с устройством слоев усиления, как и определено системой. На участке дороги Ельск - Наровля (№1), при условиях ограниченного финансирования и невысокой интенсивности движения, возможно ограничиться выполнением текущего ремонта. Это позволит устранить несоответствие по ровности и сцеплению, а также снизить скорость развития разрушения структуры материалов до момента проведения капитального ремонта. На дороге

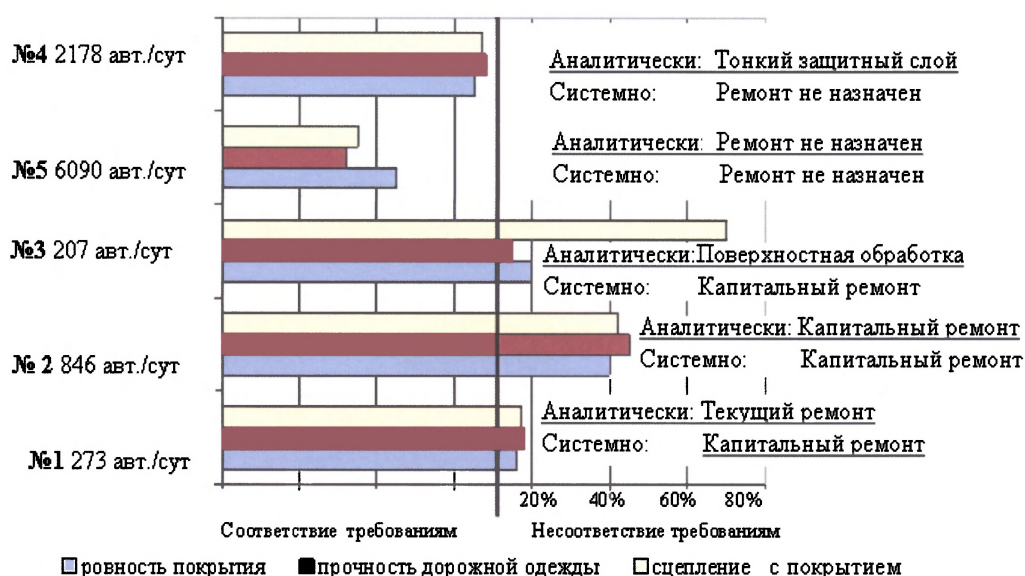


Рисунок 3 - Результаты диагностики на республиканских автомобильных дорогах и назначение ремонтных мероприятий с учетом оптимизации

Подъезд к д. Гатовичи (№3) рекомендуется провести устройство поверхностной обработки, что позволит обеспечить безопасные условия движения по сцепным качествам покрытия при отсутствии возможности проведения запланированного капитального или текущего ремонта на этом участке в ближайшие годы. Предложенный оптимизированный вариант ремонтных мероприятий с минимальными затратами обеспечит сохранность дорог и безопасность движения транспортных средств. На участках автомобильных дорог Минск - Гомель (№4) и Брест – Минск - граница РФ (№5) ремонтные мероприятия не назначены. Измеренные параметры соответствуют нормативным требованиям и в программу ремонтов они не будут включены. На автодороге Минск - Гомель (№4) значения ровности, прочности и сцепления находятся в пределах граничных условий с максимально допустимыми значениями. Однако для обеспечения сохранности дорог, входящих в состав международных транспортных коридоров, на участке дороги Минск - Гомель (№4), следует заранее провести поддерживающий ремонт с целью недопущения резкого ухудшения транспортно-эксплуатационного состояния, вызванного высокой интенсивностью движения тяжеловесных транспортных средств.

В таблице 2 представлены решения по результатам диагностики на основании нормативных требований, последовательность выполнения которых может изменяться вследствие влияния внешних обоснованных причин. Также следует

учесть, что на практике при недостаточной прочности дорожной одежды, определенной по значению упругого прогиба, решение о проведении ремонта иногда ставится под сомнение. Это вызвано в первую очередь изменением влажности и температуры грунтов и материалов даже на небольших по протяженности участках дорог [5]. Степень разрушения покрытия дорожной одежды на участках с недостаточной прочностью влияет на время выполнения и вид ремонтного мероприятия. При незначительной дефектности покрытия, представляющей собой только редкие трещины, очень сложно аргументировать необходимость в проведении капитального ремонта только по снижению прочности конструкции. Визуальная оценка покрытия чаще всего является наиболее веским аргументом, определяющим возможность выделения денежных средств на проведение ремонтных мероприятий, что не является абсолютно правильным решением.

ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ СИСТЕМ НАЗНАЧЕНИЯ РЕМОНТНЫХ МЕРОПРИЯТИЙ НА ОСНОВАНИИ ДИНАМИКИ ИЗМЕНЕНИЯ РОВНОСТИ ДОРОЖНЫХ ПОКРЫТИЙ

Ввиду многообразия факторов, определяющих прочность дорожной одежды и их изменения с течением времени, определить истинное прочностное состояние дорожной одежды затруднительно. Кроме того, при всяком взаимодействии нагрузки с материалом в вязкой стадии в процессе эксплуатации должны появиться необратимые деформации и накопление осадок, что не позволяет в полной мере говорить о применении в расчетах

Таблица 2 – Результаты назначения ремонтных мероприятий на республиканских автомобильных дорогах по данным диагностики

Наименование дороги	Выявленные несоответст- вия	Превышение фактических требований над норма- тивными, %	Рекомендуемый ремонт назначен	
			автоматизирован- но, в соответствии с нормативными требованиями	аналитически, с учетом возможно- сти достижения мак- симального экономи- ческого эффекта
Минск - Гомель	Прочность	-	Не назначен	Тонкий защитный слой (тек. ремонт)
N=2178 авт./сут	Ровность	-	Не назначен	
	Сцепление	-	Не назначен	
Брест - Минск - гр. РФ	Прочность	-	Не назначен	Не назначен
	Ровность	-	Не назначен	Не назначен
N=6090 авт./сут	Сцепление	-	Не назначен	Не назначен
Подъезд к	Прочность	10	Слой усиления (кап. ремонт)	Поверхностная обработка (тек. ремонт)
д. Гатовичи	Ровность	20		
N=207 авт./сут	Сцепление	70		
Полоцк - Россоны	Прочность	42	Слой усиления (кап. ремонт)	Слой усиления (кап. ремонт)
N=846 авт./сут	Ровность	40		
	Сцепление	41		
Ельск - Наровля	Прочность	12	Слой усиления (кап. ремонт)	Выравнивающий слой (тек. ремонт)
N=273 авт./сут	Ровность	10		
	Сцепление	11		
Примечание - Слой усиления устраивается при наличии на покрытии признаков интенсивного разрушения структуры (частые трещины, сетка трещин, ямочность, выкрашивание и т.д.).				

теории упругости. В настоящий момент появляется необходимость в разработке специальных методов и нормативных документов, регламентирующих проведение экспресс-оценки долговечности дороги по упрощенной схеме измерения и расчета для значительных по протяженности объемов [12].

При изменении ровности покрытия изменяется динамический коэффициент и увеличивается величина необратимых деформаций покрытий, что снижает прочность дорожной одежды [13]. Основной задачей является определение времени начала интенсивного разупрочнения и разрушения. В то же время продольная ровность покрытия является величиной однозначной и количество факторов, влияющих на точность ее измерений, сводится к минимуму. Установлено, что и прочность, и ровность зависят от одного и того же показателя

– суммарной массы брутто пропущенных автомобилей, что позволяет сделать предположение о связи их между собой [14]. Динамика изменения ровности покрытия во времени зависит от состояния дорожной одежды и земляного полотна и является количественной характеристикой несущей способности. В процессе исследований было выявлено, что на практике развитие ровности предполагает две стадии:

- приращение ровности в зависимости от количества приложенных нагрузок;
- текучее состояние изменения ровности (незначительное приращение ровности) в пределах установленных значений

В то же время скорость деформации асфальтобетона при увеличении приложенных нагрузок также со временем уменьшается, приобретая свойство текучести [15].



Рисунок 4 - Построение точки пересечения нормативных и эксплуатационных значений в пределах срока службы дорожной одежды

Предполагается, что, установив математическую зависимость изменения ровности покрытия за срок службы, мы получим возможность оценить интенсивность накопления пластических (остаточных) деформаций дорожной одежды. Полученное уравнение определяет изменение ровности на период межремонтного срока службы и отражает частично изменение реологических свойств асфальтобетона за этот период. Проводя анализ полученного уравнения, можно предположить, как и насколько изменился и сформировался профиль автомобильной дороги, и сформировался ли он в пределах нормативных значений.

Для участка дороги определяются средние годовые значения ровности за срок службы до текущего года. Линейную зависимость, по средним значениям изменения ровности во времени, мы определяем методом наименьших квадратов, получая при этом максимально приближенное уравнение к точечным значениям средней годовой ровности для выбранной автодороги. Выбросовые значения – значения, являющиеся ошибочными, измеренные или рассчитанные по какой-либо причине некорректно, определяем на основании

критерия Граббса и исключаем из дальнейших расчетов. Полученное уравнение является «фактическим» уравнением изменения ровности покрытия за межремонтный срок службы, указанный в таблице 3.

Для сравнительной оценки степени снижения ровности дорожных покрытий необходимо установить «нормативное» уравнение изменения ровности. Принимаем, что в первый год службы ровность покрытия соответствует требованиям ТКП 059 [16] при приемке работ в эксплуатацию, а на последний год службы должна быть менее значе-

ний, указанных в ТКП 140 [17], при проведении диагностики эксплуатируемых дорог. Как результат, получаем две прямые, характеризующие «нормативное» изменение ровности и «фактиче-

Таблица 3 – Рекомендуемый срок службы дорожной одежды

Категория автомобильной дороги	Срок службы Т _{сл} , лет
I	14
II	13
III	11
IV	8
V	6

ское».

Место расположения точки пересечения двух уравнений определяет необходимость и вид проведения ремонтных мероприятий. Наиболее выгодное расположение точки пересечения - максимально удаленное от точки 2 влево, наиболее худшее состояние дороги – максимальное удаление точки пересечения от точки 2 вправо (рис. 4). При этом точка 1 – нормативное значение при вводе в эксплуатацию, точка 2 – нормативное значение для эксплуатируемых дорог в момент окончания срока службы.

Принимаем, что полученные уравнения – «нормативное» и «фактическое» - являются уравнениями, указанными в формулах (1) и (2)

$$IRI_{\text{норм}} = K_{\text{норм}} \cdot T_{\text{сл}} + B_{\text{норм}}, \quad (1) \quad \text{стью следующих неравенств (5)-(10).}$$

$$IRI_{\text{факт}} = K_{\text{факт}} \cdot T_{\text{сл}} + B_{\text{факт}}, \quad (2) \quad \text{Текущий ремонт или содержание}$$

где $IRI_{\text{норм}}$ – значение ровности покрытия прогнозируемое при «нормативном» развитии событий, м/км;

$IRI_{\text{факт}}$ – фактическое значение ровности покрытия, м/км;

$T_{\text{сл}}$ – срок службы дорожной одежды, лет;

$K_{\text{факт}}, B_{\text{факт}}$ – коэффициенты при фактической динамике изменения ровности;

$K_{\text{норм}}, B_{\text{норм}}$ – коэффициенты при нормативной динамике изменения ровности.

Условием, достаточным для обеспечения прочностного состояния участка автомобильной дороги, является выполнение системы неравенств (3) и (4).

$$\begin{cases} K_{\text{факт}} < K_{\text{норм}} \\ \frac{B_{\text{факт}} - B_{\text{норм}}}{K_{\text{норм}} - K_{\text{факт}}} < T_{\text{сл}} \end{cases} \quad (3)$$

(4)

$$\begin{cases} K_{\text{факт}} < K_{\text{норм}} \\ \frac{B_{\text{факт}} - B_{\text{норм}}}{K_{\text{норм}} - K_{\text{факт}}} > T_{\text{норм}} \end{cases} \quad (5)$$

(6)

Капитальный ремонт

$$\begin{cases} K_{\text{факт}} > K_{\text{норм}} \\ \frac{B_{\text{факт}} - B_{\text{норм}}}{K_{\text{норм}} - K_{\text{факт}}} < 1 \end{cases} \quad (7)$$

(8)

При условии отсутствия пересечения в пределах установленного срока службы ($T_{\text{сл}}$) пересечение определяется за пределами точки (№ 2), определяющей нормативное значение ровности (рис. 5). В этом случае: чем более отдалается точка пересечения от нормативного значения вправо, тем менее значение остаточного срока службы дорожной одежды.

Предполагается выдвинуть условия назначения ремонтных мероприятий (капитальный, текущий ремонт или содержание), устанавливая это совокупно-

Изменение ровности покрытия в зависимости от срока службы дорожной одежды на участке а.д. М-11 (300-600 расч. авт./сут)

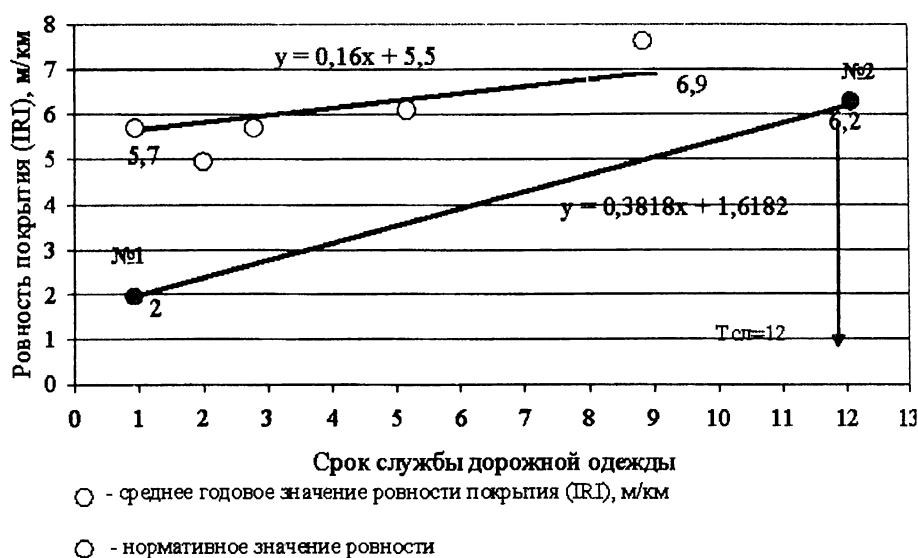


Рисунок 5 - Расположение точки пересечения нормативных и эксплуатационных значений за пределами срока службы дорожной одежды

Капитальный ремонт с выполнением фрезерования

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

$$\begin{cases} K_{\text{факт}} > K_{\text{норм}} \\ \frac{B_{\text{факт}} - B_{\text{норм}}}{K_{\text{норм}} - K_{\text{факт}}} > 1 \end{cases} \quad (9) \quad (10)$$

Значение коэффициента $K_{\text{факт}}$ и значение годовой ровности определяет интенсивность снижения прочности дорожной одежды и устанавливает дальнейшие условия эксплуатации автомобильной дороги. В случае, когда прочность дорожной одежды обеспечена (по расчетам), предполагается, что вследствие длительной эксплуатации профиль автодороги уже сформирован и изменение ровности покрытия находится в «текучей» фазе в пределах нормативных значений. При этом количество микропросадок, образованных под воздействием транспортных средств на дороге, незначительно. Это подтверждается отсутствием значительного количества коротких волн, обеспечивающих относительно стабильное значение ровности при ежегодных измерениях. При небольших значениях коэффициента $K_{\text{факт}}$, но при стабильно высоких значениях ровности покрытия, превышающих нормативное значение, принимается, что несущая способность дорожной одежды не обеспечена и требуется устройство выравнивающих слоев покрытий. При этом профиль автодороги считается сформированным, а устройство выравнивающих слоев эффективным. При интенсивном изменении ровности покрытия в течение принятого срока службы возможно дальнейшее снижение несущей способности и интенсивное формирование микропросадок дорожной одежды. В этом случае необходимо рассматривать вопрос об усилении основания дорожной одежды или переустройстве слоев покрытия. Своевременно определяя начало процесса интенсивного снижения прочности асфальтобетонного покрытия посредством анализа изменения ровности покрытия, имеется возможность предупредить преждевременное разрушение и деформацию всех слоев дорожной одежды. Таким образом, динамика изменения ровности покрытия на различных этапах эксплуатации дороги определяет ее работоспособность и долговечность. Предложенные разработки могут послужить дополнением к существующим системам оценки ТЭС автодорог с целью оптимального выбора первоочередных ремонтных мероприятий.

При относительно объективных показателях физических свойств материалов, показатели механических свойств, определяемые в процессе диагностики, отсутствуют или являются ненадежными в аспекте их полезности для прогнозирования сдвигоустойчивости, трещиностойкости, усталостной прочности асфальтобетонов, надежности асфальтобетонных покрытий во времени [2]. Многократно проводимые допуски и обобщения не позволяют безусловно прогнозировать вероятность разрушения элементов дорожных конструкций. В итоге преждевременное разрушение покрытия ставит под сомнение однозначность теоретических расчетов и выбор методик оценки транспортно-эксплуатационного состояния дорог, а применяемый визуальный метод расчета, как основной, по своей сущности допускает возможность ошибки.

Устранение дефектов путем проведения ремонтов на стадии завершения формирования деформаций материалов является запоздалым, иногда малоэффективным и дорогостоящим решением. Применяемые методики обработки измерений не позволяют по данным испытаний определить запас работоспособности дорожных конструкций. Усталостные свойства материалов и время начала интенсивного их разупрочнения затруднительно измерить и предупредить на основании принятых на практике методов в объемах сети республиканских дорог.

Существующая нормативная база недостаточна точно и своевременно предъявляет требования к параметрам, определяющим долговечность и работоспособность автодорог. Кроме того, подтверждается недостаточность диагностируемых показателей. Возникает необходимость в поисках новых или усовершенствовании старых методов оценки прочности дорожной одежды, учитывая динамику изменения ее прочностного состояния и практичность применяемых расчетов.

Решением этих проблем может стать системный анализ ровности покрытия и скорости развития ее регрессии. В настоящий момент гораздо важнее предупредить формирование критических деформаций в значительных объемах и не допустить интенсивного накопления пластических деформаций в конструкции. На основании предложенных выкладок разрабатываются дополнения к системе назначения ремонтных мероприятий, позволяющие при прочих равнозначных характеристиках участков, назначенных в ремонт, аргументированно выбрать наиболее проблемный.

Литература

1. Веренько, В.А. О необходимости совершенствования системы диагностики дорожных одежд / В.А. Веренько, В.В. Занкович // *Автомобильные дороги и мосты*. – 2008. - №1. – С. 78-85.
2. Смеси асфальтобетонные дорожные, аэродромные и асфальтобетон. Технические условия: СТБ 1033-2004. – Введ. 06.05.04. – Минск: Минстрой-архитектуры, 2004. – 25 с.
3. Жилин, Н.С. Современные автоматизированные технические средства диагностики автомобильных дорог / Н.С. Жилин, В.И. Ермолаев. – М.: ГП «Информавтодор», 2002. – 80 с. – (Автомоб. дороги: обзорн. информ. / ГП «Информавтодор»; Вып. 5).
4. Кирюхин, Г.Н. Проектирование состава асфальтобетона и методы его испытаний / Г.Н. Кирюхин. – М.: ФГУП «Информавтодор», 2005. – 96 с. – (Автомоб. дороги и мосты: обзорн. информ. / ФГУП «Информавтодор»; Вып. 6).
5. Буртыль, Ю.В. Совершенствование методов оценки транспортно-эксплуатационного состояния автомобильных дорог / Ю.В. Буртыль, И.И. Леонович // *Автомобильные дороги и мосты*. – 2010. - №1. – С. 94-104.
6. Теляев, П.И., Мазуров, В.А., Смирнов, Ю.И. Исследование напряженно-деформированного состояния дорожной одежды с асфальтобетонным покрытием при воздействии движущихся нагрузок / П.И. Теляев, В.А. Мазуров, Ю.И. Смирнов // *Труды Союздорнии*. - М.: «Транспорт», 1979. - Вып. 105. - С. 4-16.
7. Лупанов, А.П., Янковский, Б.Ф. Определение деформационных свойств асфальтобетона в условиях кратковременного нагружения / А.П. Лупанов, Б.Ф. Янковский // *Дорожные одежды и материалы: сб. научн. тр. / Труды Гипродорнии*. - Москва, 1979. - Вып. 43. - С. 101-106.
8. Буртыль, Ю.В. Повышение межремонтных сроков службы дорожных одежд путем создания систем управления транспортными потоками / Ю.В. Буртыль, И.И. Леонович // *Автомобильные дороги и мосты*. – 2009. - №2. – С. 109-118.
9. Оценка прочности нежестких дорожных одежд: ВСН 52-89. – Введ. 19.11.02. – М.: Минтранс РФ, 2003. – 80 с.
10. Рекомендации по оценке прочности нежестких дорожных одежд: ДМД 02191.5.006-2007. – Введ. 21.12.07. – Минск: Минтранс РБ, 2007. – 15 с.
11. Илиополов, С.К. Выбор стратегии ремонта автомобильных дорог на основе динамического мониторинга их состояния / С.К. Илиополов, Е.В. Углова // *Автомобильные дороги*. – 2007. - № 2. – С. 71-74.
12. Хусаинов, И.Ж. К диагностике автомобильных дорог / И.Ж. Хусаинов // *Автомобильные дороги*. – 2009. - № 4. – С. 52.
13. Александров, А.С. Обоснование величины допустимой необратимой деформации покрытий / А.С. Александров, В.В. Сиротюк // *Наука и техника в дорожной отрасли*. – 2002. - №1. – С. 7-8.
14. Бируля, А.К. Конструирование и расчет нежестких одежд автомобильных дорог / А.К. Бируля. – М.: Издательство «Транспорт», 1964. – 168 с.
15. Гольденблат, И.И. Строительство автомобильных дорог / И.И. Гольденблат, Н.А. Николаенко. – М.: Госстройиздат, 1960.
16. *Автомобильные дороги. Правила устройства: ТКП 059-2007 (02191)*.
17. *Автомобильные дороги. Порядок выполнения диагностики: ТКП 140-2008 (02191)*.