

# Применение модифицированных битумных материалов в дорожной отрасли РФ – проблемы и решения

Начальник отдела научно – технического сопровождения

ЗАО «Институт «Стройпроект»

Н. Н. Беляев

С-Петербург

апрель 2014

## Проблемы автомобильных дорог РФ, их причины и пути преодоления

**Проблема №1** дорожного хозяйства России – недостаточная протяженность дорожной сети. В настоящее время в РФ 550 тыс. км автомобильных дорог (в том числе 50 тыс. км – федеральные дороги). Из них 2/3 – это дороги с асфальтобетонными покрытиями (на федеральной сети 3/4 дорог имеют асфальтобетонное покрытие). Всего, для обеспечения нормальных транспортных связей на территории России требуется не менее 1 млн. км автомобильных дорог. Т. е. необходимо построить еще 450 – 500 тыс. км дорог. В том числе 200 – 250 тыс. км с асфальтобетонными покрытиями. Но дорог строится меньше, чем нужно - по причине ограниченности финансовых средств.

Недостаточное развитие дорожной сети не только ограничивает транспортные связи, но также приводит к тому, что на 1 км дорожной сети в нашей стране приходится в 2-3 раза больше автомобилей, чем за рубежом. Т. е. наши дороги испытывают, наряду с тяжелыми климатическими воздействиями, значительные транспортные перегрузки. Это приводит к **проблеме №2** – слишком короткому сроку службы, в том числе, и асфальтобетонных покрытий (2 – 4 года вместо нормативных 3 – 6 лет). В результате фактические ежегодные затраты на ремонт только на сети федеральных а/д достигают 200 млрд. руб. вместо 135 млрд. руб. при нормативном сроке службы дорожных покрытий.

Основные причины наступления «отказа» асфальтобетонных дорожных покрытий:

- Колея (пластическая колея и колея износа);
- Трещины (температурные, усталостные и отраженные), которые приводят к развитию ямочности

Причины «отказа» асфальтобетонных покрытий типичны для автомобильных дорог во всем мире (с учетом местных условий). Устойчивой мировой тенденцией борьбы с этими причинами является применение модифицированных органических вяжущих (МВ). При правильном выборе модификатора и технологии модификации такие вяжущие повышают сдвигоустойчивость и трещиностойкость асфальтобетонов. Это обусловлено, тем, что модифицированные органические вяжущие имеют:

- Более широкий диапазон пластичности.
- Более высокую эластичность.

Поэтому дорожное хозяйство РФ объективно заинтересовано в более широком применении модифицированных вяжущих для увеличения сроков службы дорожных покрытий. При этом сэкономленные на ремонтах средства могут быть перенаправлены на строительство новых автомобильных дорог, в которых нуждается наша страна.

## О пластической колее

Традиционно считается, что от образования пластической колеи надо защищать, в первую очередь, верхний слой а/б покрытия. Он наиболее сильно нагревается летом и непосредственно контактирует с колесами грузовых автомобилей. Именно это обстоятельство, обычно, служит основным убедительным аргументом для проектировщиков и экспертизы при использовании модифицированных органических вяжущих в верхнем слое покрытия.

Это справедливое мнение. Но процессы накопления пластических деформаций затрагивают и нижележащие слои. С 2002 года в РФ действует ОДМ «Рекомендации по выявлению и устранению колеи на нежестких дорожных одеждах». В этом нормативном документе четко указано (см. Таблицу 5.2), то если общая толщина битумосодержащих слоев дорожной одежды превышает, например, 15 см, то толщина сдвигоопасной зоны (*опасной с точки зрения интенсивного накопления пластических деформаций*) превышает 7 см и может достигать 9 см. При обычной толщине верхнего слоя асфальтобетонного покрытия 4 – 6 см эта зона неизбежно захватывает нижележащий слой. Поэтому в нижнем слое покрытия так же целесообразно применять МВ. В ряде случаев такая аргументация убеждала экспертизу.

## О колее износа



Колея износа на асфальтобетонных покрытиях – одна из актуальных современных проблем дорожного хозяйства РФ. Зимнему износу шипованными шинами подвергается 85% дорожной сети страны. Сегодня на автомагистралях износ шипами – основная причина образования колеи (кроме южных регионов, где шипы не применяются). Фактический срок службы дорожных покрытий из-за износа шипами сокращается до 2 раз и может составлять всего 2 года. Ежегодно на ремонт колеи износа только на федеральных автомобильных дорогах расходуется до 53 млрд. рублей.

## Повышение устойчивости асфальтобетонов к износу шипованными шинами

1. Увеличение содержания щебня в составе асфальтобетона, увеличение наибольшей крупности щебня, повышение твердости щебня в сумме повышают износостойкость а/б на 60 - 80%.
2. **Переход с БНД 60/90 на ПБВ 60 (по ГОСТ Р 52056-2003) повышает износостойкость а/б на 25 – 45%.**

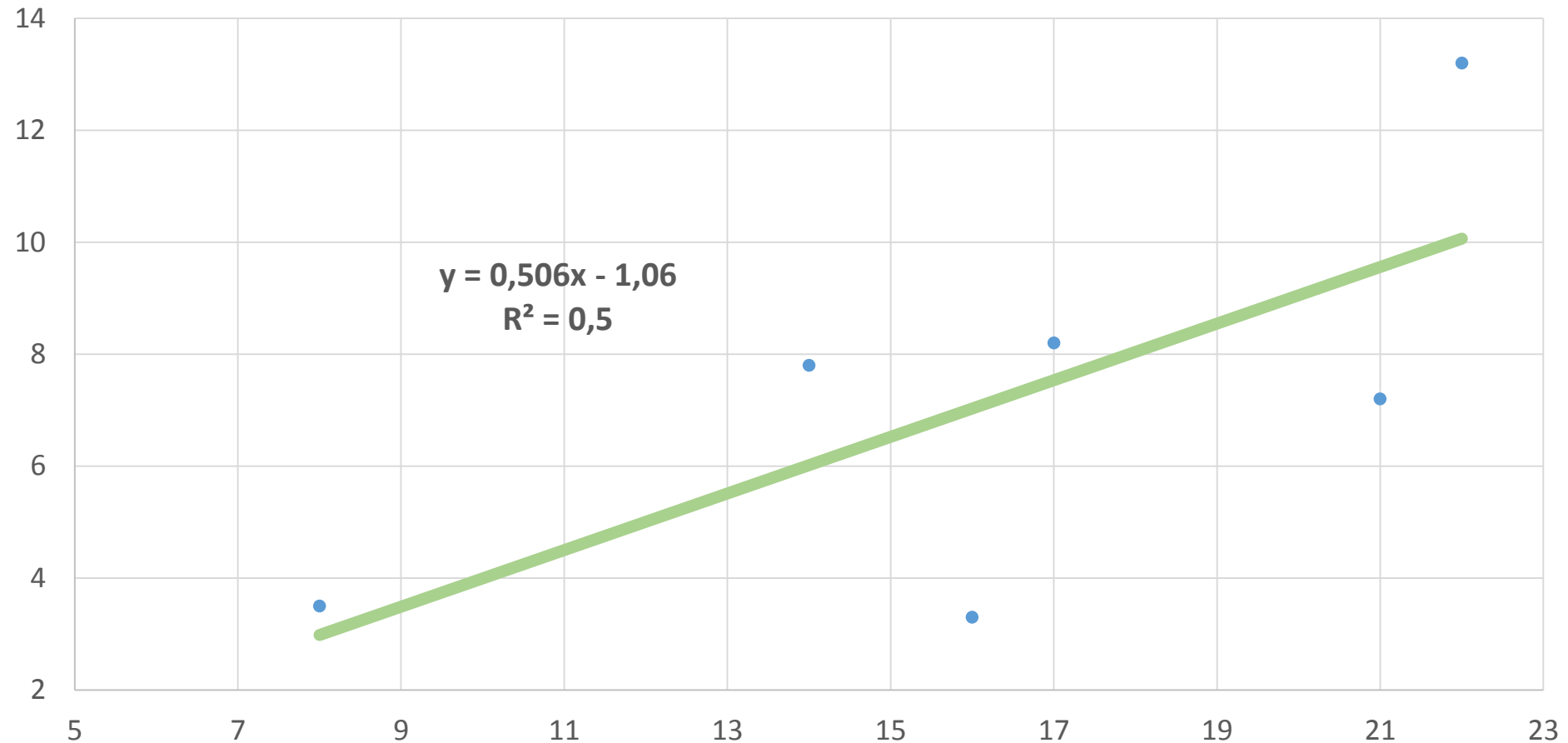
Применение более износостойких асфальтобетонов за счет использования износостойкого щебня, **использования модифицированных вяжущих** и специального подбора составов асфальтобетона по критерию износостойкости позволяет снизить интенсивность износа дорожного покрытия до 2 раз. Но для этого необходима обязательная лабораторная проверка асфальтобетонов на износостойкость.

С этой целью в РФ введен в действие ОДМ 218.2.019-2011 «Методические рекомендации по определению сопротивляемости истиранию асфальтобетонных покрытий под действием шипованных шин». Это, практически, перевод европейского стандарта EN 12697-16, включающий методы А и Б. Однако, технические требования к асфальтобетонам по критерию устойчивости к износу шипованными шинами в РФ до сих пор отсутствуют.

Европейский стандарт EN 12697-16, действующий в странах северной Европы (метод А - шведский метод PRALL и метод В – финский метод SRK).



Связь между показателем PRALL и износом асфальтобетона на ПБВ в дорожном покрытии. По оси X – показатель износа (%), по оси Y – единичный износ от проезда одного автомобиля, умноженный на  $10^6$  (мм/авт)





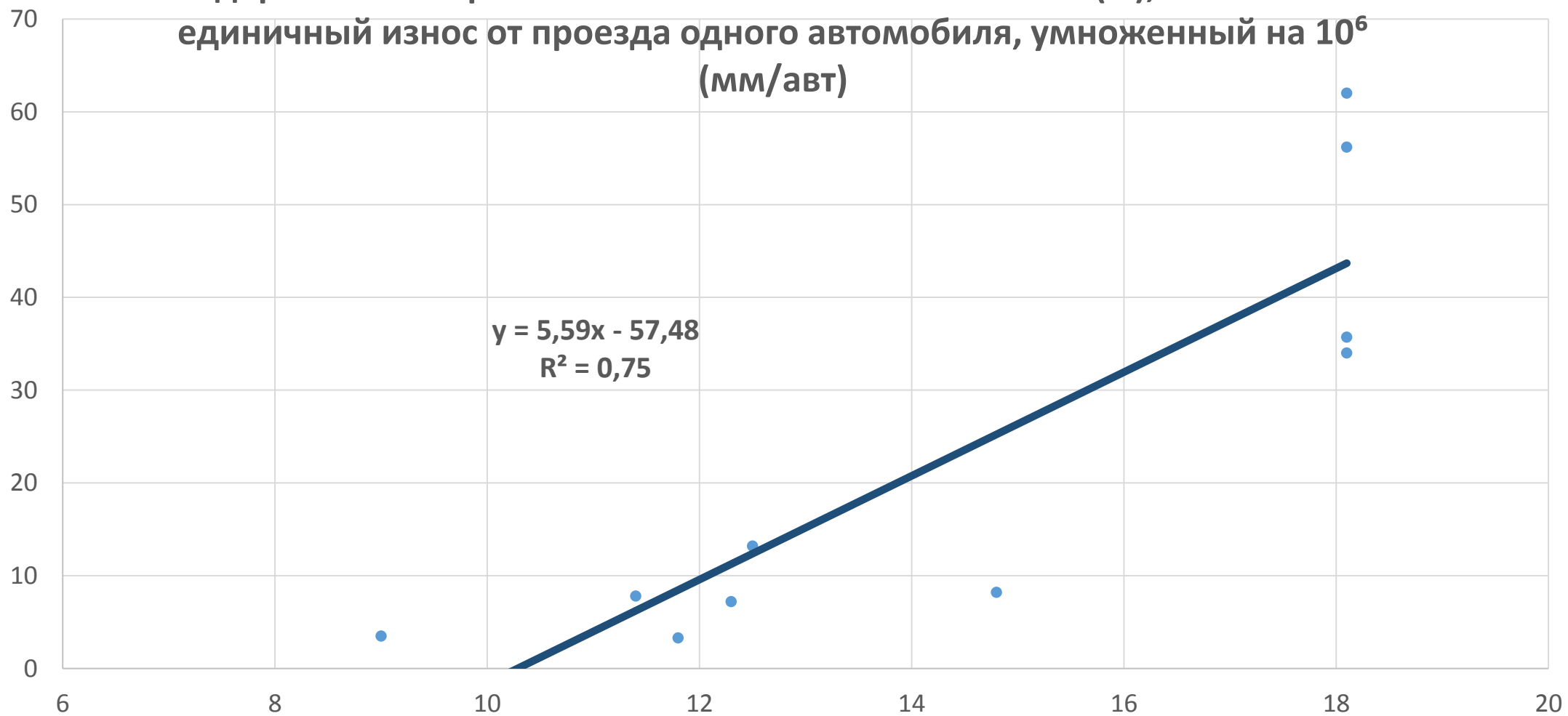
Элементы установки АШМ. Испытания образцов а/б проводятся в растворе противогололедных материалов, которые будут использоваться при эксплуатации дороги



Испытания по методу АШМ проводятся при отрицательной температуре, характерной для климатических условий района эксплуатации дороги



Связь между показателем АШМ и износом асфальтобетона на ПБВ в дорожном покрытии. По оси X – показатель износа (%), по оси Y – единичный износ от проезда одного автомобиля, умноженный на  $10^6$  (мм/авт)



Применение метода АШМ открывает возможности для более широкого использования ПБВ в дорожном хозяйстве не только по критериям трещиностойкости и устойчивости асфальтобетонов к образованию пластической колеи, но и по критерию их устойчивости к образованию колеи износа.

Для обеспечения практического применения метода АШМ:

- Разработана и метрологически аттестована методика лабораторных испытаний на его основе.
- Разработан комплект лабораторного оборудования для реализации этого метода.
- Разработана методика проектирования асфальтобетонных дорожных покрытий с учетом их износа шипованными шинами (в том числе с возможностью нормирования требований к износостойкости асфальтобетонов).

Все эти вопросы нашли отражение в разработанном еще в конце 2011 года проекте **ОДМ 218.021-2012 "Методические рекомендации по дополнительным мерам по предотвращению колееобразования на стадии проектирования дорожных одежд"**. В случае введения в действие этого ОДМ может быть существенно увеличен срок службы асфальтобетонных дорожных покрытий. При этом только на сети федеральных автомобильных дорог РФ экономический эффект может составить до 8 млрд. рублей в год.

## Дополнительные растягивающие напряжения от температурных деформаций асфальтобетона:

Напряжения в верхнем слое а/б: 
$$\sigma_h = 0,5 * \alpha_{a/b} * E_{a/b} * \Delta T_h \quad (1)$$

Где  $E_{a/b}$  – модуль деформации асфальтобетона;  $\alpha_{a/b}$  - коэффициент линейной температурной деформации асфальтобетона;  $\Delta T_h$  - перепад температур на поверхности и в толще асфальтобетонного покрытия на глубине  $h$ .

Напряжения в нижнем слое а/б: 
$$\sigma_T = E_{a/b} * (\alpha_{a/b} - \alpha_{осн}) * \Delta T / (1 - C_x * \nu) \quad (2)$$

Где  $\alpha_{осн}$  - коэффициент линейной температурной деформации материала основания;  $\Delta T$  - температурный интервал охлаждения;  $C_x$  - коэффициент, учитывающий ограничение для асфальтобетона в свободном поперечном температурном деформировании;  $\nu$  - коэффициент Пуассона асфальтобетона.

Температурные напряжения зависят от величины  $\alpha_{a/b}$ . Которая, в свою очередь, зависит от коэффициента линейной температурной деформации органического вяжущего и содержания этого вяжущего в а/б. Многие полимеры имеют коэффициент линейной температурной деформации существенно выше, чем у битума. Поэтому их введение в состав модифицированного органического вяжущего может не только увеличивать прочность а/б на растяжение, но и увеличивать температурные напряжения в асфальтобетоне.

В настоящее время в РФ отсутствует стандартная методика проверочного расчета а/б покрытий на температурную трещиностойкость и отсутствует стандартная лабораторная методика оценки коэффициента линейной температурной деформации асфальтобетонов.

## Усталостное трещинообразование

№ слоя	Тип а/б	Стандартный расчет		Расчет с учетом: пластики а/б, колебаний дорожной одежды, температурных деформаций	
		Расчетная прочность а/б при изгибе $R_n$ , МПа	Растягивающее напряжение $\sigma_r$ , МПа	Расчетная прочность а/б при изгибе $R_n$ , МПа	Растягивающее напряжение $\sigma_r$ , МПа
1	Плотный	2,7	1,0	1,8	3,7
2	Пористый	2,2	0,9	1,4	3,2
3	Высокопористый	0,7	0,4	0,4	1,8

Изложенные в докладе предложения по более точному учету факторов трещинообразования в асфальтобетонных покрытиях и возможному положительному влиянию модифицированных вяжущих на трещиностойкость а/б в различных слоях дорожной конструкции являются хотя и обоснованными, но тем не менее все же гипотезами. Они требуют дальнейшей научной проработки и, самое главное, опытной проверки путем тщательного научного мониторинга реальных инновационных дорожных конструкций в натуральных условиях. К сожалению, методика такого научно обоснованного и комплексного мониторинга в нашей стране пока отсутствует. Разработка этой методики, по сути, является так же предметом специального исследования, в том числе и с целью продвижения МВ.

## Конструкция ДО на объекте: Западный скоростной диаметр (С-Петербург)

Конструкция ДО		Комментарий: проблемы, которые могут быть решены за счет применения модифицированного вяжущего	Наличие НТД
Проектная	После экспертизы		
1.ЩМА-15 на ПБВ, 5 см	1.ЩМА-15 на ПБВ, 5 см	<p>1.1 Уменьшение пластической колеи (целесообразно уменьшение расхода вяжущего с контролем сдвигоустойчивости).</p> <p>1.2 Уменьшение колеи износа (целесообразно увеличение расхода вяжущего с контролем износостойкости а/б).</p> <p>1.3 Повышение температурной трещиностойкости (целесообразно уменьшение расхода вяжущего с контролем <math>\alpha_{а/б}</math>).</p>	<p>ГОСТ, Рекомендации ...</p> <p>Нет</p> <p>Нет</p>
2.Тип А на ПБВ, 8 см	2.Тип А на БНД, 8 см	<p>2.1 Уменьшение пластической колеи (целесообразно уменьшение расхода вяжущего с контролем сдвигоустойчивости).</p> <p>2.2 Повышение усталостной трещиностойкости (целесообразно увеличение расхода вяжущего с контролем усталостной долговечности).</p>	<p>Рекомендации ...</p> <p>Нет</p>
3.К/з, пористый а/б на БНД, 10 см	3.К/з, пористый а/б на БНД, 10 см	<p>3.1 Повышение усталостной трещиностойкости (целесообразно применение плотного а/б и увеличение расхода вяжущего с контролем усталостной долговечности).</p>	<p>Нет</p>
4. Щебень М 1200, 40 см	4. Щебень М 1200, 40 см		
...	...	...	...

## Конструкция ДО на объекте: СПАД, км 334 - км 543

Конструкция ДО		Комментарий: проблемы, которые могут быть решены за счет применения модифицированного вяжущего	Наличие НТД
Проектная	После экспертизы		
1.ЩМА-20 на БНД, модифицированном РТЭП, 6 см	1.ЩМА-20 на БНД, модифицированном РТЭП, 6 см	<p>1.1 Уменьшение пластической колееи (целесообразно уменьшение расхода вяжущего с контролем сдвигоустойчивости).</p> <p>1.2 Уменьшение колееи износа (целесообразно увеличение расхода вяжущего с контролем износостойкости а/б).</p> <p>1.3 Повышение температурной трещиностойкости (целесообразно уменьшение расхода вяжущего с контролем <math>\alpha_{а/б}</math>).</p>	<p>ОДМ, СТО ГК «Автодор» Нет</p> <p>Нет</p>
2.Тип Б на БНД, модифицированном РТЭП, 8 см	2.Тип Б на БНД, модифицированном РТЭП, 8 см	<p>2.1 Уменьшение пластической колееи (целесообразно уменьшение расхода вяжущего с контролем сдвигоустойчивости).</p> <p>2.2 Повышение усталостной трещиностойкости (целесообразно увеличение расхода вяжущего с контролем усталостной долговечности).</p>	<p>СТО ГК «Автодор» Нет</p>
3.К/з, пористый а/б на БНД, 12 см	3.К/з, пористый а/б на БНД, 12 см	3.1 Повышение усталостной трещиностойкости (целесообразно применение плотного а/б и увеличение расхода вяжущего с контролем усталостной долговечности).	Нет
4. ЩПС С-4, 40 см	4. ЩПС С-4, 40 см		
...	...	...	...



## Конструкция ДО на объекте: М-8 «Холмогоры», км 16 - км 20

Конструкция ДО		Комментарий: проблемы, которые могут быть решены за счет применения модифицированного вяжущего и некоторые рекомендации	Ссылка на НТД
Проектная	После экспертизы		
1.ЩМА-15 на ПБВ, 5 см	1.ЩМА-15 на ПБВ, 5 см	<p>1.1 Уменьшение пластической колеи (целесообразно уменьшение расхода вяжущего с контролем сдвигоустойчивости).</p> <p>1.2 Уменьшение колеи износа (целесообразно увеличение расхода вяжущего с контролем износостойкости а/б).</p> <p>1.3 Повышение температурной трещиностойкости (целесообразно уменьшение расхода вяжущего с контролем <math>\alpha_{а/б}</math>).</p>	<p>ГОСТ, Рекомендации ...</p> <p>Нет</p> <p>Нет</p>
2.Тип Б на БНД, 8 см	2.Тип Б на БНД, 8 см	<p>2.1 Уменьшение пластической колеи (целесообразно уменьшение расхода вяжущего с контролем сдвигоустойчивости).</p> <p>2.2 Повышение усталостной трещиностойкости (целесообразно увеличение расхода вяжущего с контролем усталостной долговечности).</p>	<p>Рекомендации ...</p> <p>Нет</p>
3.К/з, пористый а/б на БНД, 15 см	3.К/з, пористый а/б на БНД, 15 см	<p>3.1 Повышение усталостной трещиностойкости (целесообразно применение плотного а/б и увеличение расхода вяжущего с контролем усталостной долговечности).</p> <p>3.2 Повышение температурной трещиностойкости (целесообразно уменьшение расхода вяжущего с контролем <math>\alpha_{а/б}</math>).</p>	<p>Нет</p> <p>Нет</p>
4. ЦЩПС М-60, 20 см	4. ЦЩПС М-60, 20 см		
...	...	...	...

# Конструкция ДО на объекте: М-4 «Дон», км 933 - км 1024

Конструкция ДО		Комментарий: проблемы, которые могут быть решены за счет применения модифицированного вяжущего и некоторые рекомендации	Ссылка на НТД
Проектная	После экспертизы		
1.ЩМА-15 на БНДУ 60, модифицированном РТЭП, 4 см	1.ЩМА-15 на БНДУ 60, модифицированном РТЭП, 4 см	<p>1.1 Уменьшение пластической колеи (целесообразно уменьшение расхода вяжущего с контролем сдвигоустойчивости).</p> <p>1.2 Уменьшение колеи износа (целесообразно увеличение расхода вяжущего с контролем износостойкости а/б).</p> <p>1.3 Повышение температурной трещиностойкости (целесообразно уменьшение расхода вяжущего с контролем <math>\alpha_{а/б}</math>).</p>	<p>ОДМ, СТО ГК «Автодор»</p> <p>Нет</p> <p>Нет</p>
2.Высокоплотный к/з а/б на БНД, модифицированном РТЭП, 8 см	2.Высокоплотный к/з а/б на БНД, модифицированном РТЭП, 8 см	<p>2.1 Уменьшение пластической колеи (целесообразно уменьшение расхода вяжущего с контролем сдвигоустойчивости).</p> <p>2.2 Повышение усталостной трещиностойкости (целесообразно увеличение расхода вяжущего с контролем усталостной долговечности).</p>	<p>ОДМ, СТО ГК «Автодор»</p> <p>Нет</p>
3.К/з, плотный а/б на БНД, модифицированном РТЭП, 22 см	3.К/з, плотный а/б на БНД, модифицированном РТЭП, 22 см	3.1 Повышение усталостной трещиностойкости (целесообразно применение плотного а/б и увеличение расхода вяжущего с контролем усталостной долговечности).	Нет
4. ЩПС С-5, 36 см	4. ЩПС С-5, 36 см		
...	...	...	...

## Общие выводы и рекомендации

Выполненный анализ показывает, что реальная потребность дорожного хозяйства РФ в модифицированных органических вяжущих, по крайней мере, в 5 раз выше, чем это обусловлено действующей нормативной базой. Более широкое применение МВ, конечно, приведет к некоторому удорожанию строительных и ремонтных работ. Но такое удорожание будет безусловно оправдано увеличением срока службы дорожных покрытий.

Из сложившейся практики применения модифицированных вяжущих в проектах можно сделать следующие выводы:

1. Целесообразность применения МВ в верхнем слое покрытия (по крайней мере на федеральных дорогах) уже не вызывает сомнений ни у проектировщиков, ни у заказчиков, ни у экспертизы. Хотя многие детали положительного влияния МВ в этом слое покрытия еще до конца не вполне понятны специалистам и требуют дополнительного исследования и, самое главное, отражения в НТД.
2. Целесообразность применения МВ в нижних слоях а/б начинает понимать уже часть проектировщиков и заказчиков (хотя здесь тоже много вопросов, не исследованных до степени пригодности их для включения в НТД). Но экспертиза, в основном, пока не готова согласовывать такие проектные решения. Требуется, чтобы объем научных исследований по этому направлению достиг «критической массы» и были разработаны и приняты соответствующие НТД.

## Целесообразные направления дальнейших исследований и разработки НТД

1. Обратиться к Росавтодору с предложением ускорить рассмотрение проекта ОДМ 218.02.021-2012.
2. Разработать методику и нормативный документ по проведению проверочного расчета асфальтобетонных покрытий на температурную трещиностойкость с учетом коэффициента температурных деформаций асфальтобетона.
3. Разработать методику, приборное обеспечение и нормативный документ по определению при подборе состава асфальтобетона коэффициента его температурной деформации.
4. Модернизировать методику и внести дополнения в НТД по проведению проверочного расчета асфальтобетонных покрытий на усталостную долговечность.
5. Разработать методику, приборное обеспечение и нормативный документ по определению усталостной долговечности образцов асфальтобетона при подборе его состава (методика испытаний должна быть гармонизирована с методикой расчета).
6. Разработать комплексную, научно обоснованную методику и соответствующий нормативный документ по проведению в натуральных условиях мониторинга дорожных конструкций с целью достоверной оценки эффективности применения модифицированных вяжущих (и других инноваций).