

**Опыт и перспективы применения асфальтобетонов,
изготовленных с использованием модификатора РБВ-Г**

Бусел А.В., Смыковский А.И.

Государственное предприятие «БелдорНИИ»

г. Минск, Беларусь

В статье рассматриваются актуальные вопросы применения асфальтобетонов с модификатором РБВ-Г для повышения долговечности асфальтобетонных дорожных покрытий. На основании опыта использования обосновывается расширение номенклатуры выпускаемых асфальтобетонных смесей, при изготовлении которых допускается использование модификатора. Приведены ссылки на нормативные документы, обосновывающие использование РБВ-Г при изготовлении асфальтобетонных смесей.

Введение

Известно, что изготовление асфальтобетонных смесей для покрытий дорог с тяжелым и интенсивным движением не может обходиться без использования модификаторов. При этом мировая практика показывает, что наряду с применением «первичных» модификаторов (типа СБС) широко применяются и эффективные «вторичные» модификаторы, в частности, полученные переработкой автомобильных шин. Однако применение полимербитума ограничивается технологическими факторами работы с этим материалом: невозможностью его длительного хранения; специальными требованиями к битумохранилищам; транспортно-логистическими сложностями и другими проблемами. Эти недостатки устраняет инновационная модифицирующая добавка – гранулированное резинобитумное вяжущее (РБВ-Г), представляющая собой комплексный модификатор, предназначенный для улучшения асфальтобетонной смеси в процессе ее приготовления.

Известен «мокрый» способ применения концентрированного резинобитумного вяжущего, когда вяжущее готовится по специальной технологии из резиновой крошки и битума и в жидком виде применяется при изготовлении асфальтобетонных смесей. Этот способ имеет все недостатки, присущие применению любого полимербитума. С учетом этого прерогативой является «сухой» способ применения гранулированных добавок.

РБВ-Г представляет собой гранулированный готовый концентрат резинобитумного вяжущего, приготовленного по инновационной технологии горячим способом в специальной установке и применяемый по «сухому» способу, т.е. в виде гранул аналогично использованию гранул целлюлозы. В качестве модификатора используются полимеры в составе мелкодисперсной резиновой крошки, полученной истиранием с образованием развитой удельной поверхности частиц. Термомеханическое объединение битума и резины при приготовлении концентрата позволяет впоследствии при выпуске асфальтобетонной смеси быстро встраиваться в структуру асфальтобетона, модифицируя его и изменяя его свойства в нужном нас направлении.

Эффективность применения РБВ-Г

Выпуск РБВ-Г освоен на опытно-экспериментальном предприятии «Мадикор» в 2012 г. (см. рисунок 1).



Рис. 1 – Производство по выпуску РБВ-Г

С этого момента и до сего дня в Беларуси ежегодно применяется до 1500 тонн РБВ-Г для приготовления модифицированных асфальтобе-

тонных смесей. Общий объем выпущенных модифицированных асфальтобетонных смесей на РБВ-Г за 2012–2018 гг. составил до 2,0 млн т.

Лабораторные и натурные испытания показывают, что асфальтобетонные смеси, модифицированные РБВ-Г, по своим физико-механическим и реологическим характеристикам не уступают смесям, приготовленным на полимербитуме с СБС.

Были проведены испытания следующих составов щебеночно-мастичных асфальтобетонных смесей крупностью 10 мм (таблица 1).

В качестве вяжущего (состав №2) применялся полимербитум БМА 70/100 по СТБ 1220 [1] (с температурой размягчения по КиШ 81 °С), модифицированный СБС и дорожный битум марки БД 70/100 по [2] (состав №1) и битум марки БД 70/100 совместно с РБВ-Г (состав №3).

Во всех составах использовалась присадка поверхностно-активных веществ для улучшения адгезионных свойств материалов.

Таблица 1

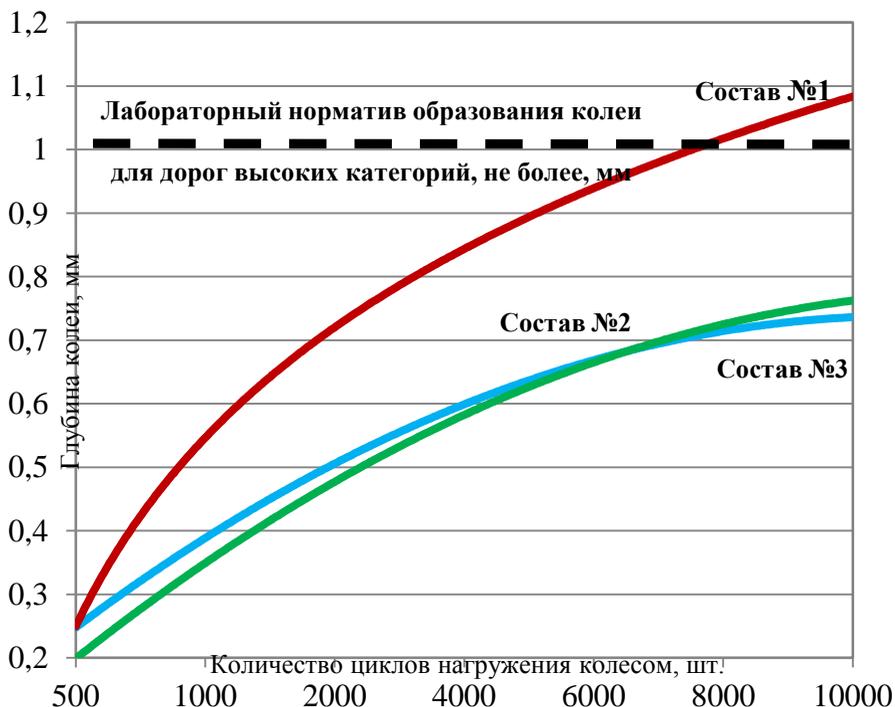
Составы асфальтобетонных смесей

Состав №	Щебень фр. 5-10 мм, %	РБВ-Г, % сверх минеральной части	Битум, % сверх минеральной части	Целлюлоза, % сверх минеральной части
1	71	0,0	6,1	0,2
2		0,0	6,1 (ПБВ)	0,2
3		1,4	5,9	0,0

Поскольку применение подобного вида материалов оправдано в условиях тяжелого и интенсивного движения, было проведено определение устойчивости асфальтобетона к колееобразованию согласно методике, изложенной в [3]. Испытания проводились на лабораторной установке, моделирующей колесную нагрузку на асфальтобетонное покрытие при температуре воздуха (50 ± 2) °С [4].

Результаты испытаний асфальтобетона представлены на рисунке 2, где приведена динамика накопления пластических деформаций в асфальтобетоне, определенная методом циклического воздействия колесом при температуре 50 °С при 10000 проходов колеса. Нормативами установлено, что при заданном количестве нагружений в образцах не должно возникнуть пластических деформаций в виде колеи глубиной более 1 мм.

Анализ результатов испытаний показывает, что стандартный асфальтобетон не выдерживает условий испытаний, пластическая деформация превышает установленный требованиями норматив.



Состав №1 – стандартный состав ЩМС-10 с добавлением целлюлозы

Состав №2 – состав ЩМС-10 на ПБВ с СБС и целлюлозой

Состав №3 – состав ЩМС-10 на РБВ-Г

Рис. 2 – Динамика накопления пластических деформаций

В тоже время асфальтобетон на полимербитуме с СБС, а также и асфальтобетон с РБВ-Г выдержали испытание с запасом, что характеризует их существенно более высокую долговечность по сравнению с обычными материалами. Установлено, что в начальный период нагружения активнее накапливаются деформации в асфальтобетоне с РБВ-Г, что может быть объяснимо большей эластичностью материала за счет наличия изопренового каучука в резиновой крошке, который прошел частичную деструкцию при приготовлении РБВ-Г. В дальнейшем динамика накопления деформаций снижается и становится меньше, чем у асфальтобетона на ПБВ. Это объясняется тем, что изначально более жесткий асфальтобетон с ПБВ (по некоторым свойствам приближающийся к пластмассам) при многократных циклических нагружениях начинает накапливать в том числе и хрупкие

деформации, что в целом и приводит к большей, чем у РБВ-Г, фактической глубине колеи. Наличие каучука в составе модификатора, приводящее на начальном этапе к большей глубине колеи, по итогу позволяет сохранить эластичные свойства асфальтобетону в течение всего периода испытаний и не дает накопить недопустимые деформации. На основании полученных данных был выполнен расчет прогнозного срока службы асфальтобетона по критерию устойчивости к пластическим деформациям согласно методике, изложенной в [3]. Расчетный срок службы из условия проявления критических пластических деформаций $T_{\text{пласт}}$ определяют по формуле

$$T_{\text{пласт}} = (K_{\text{усл}} \cdot H_{\text{кр}}) / (H_1 \cdot I_{\text{расч}} \cdot T_{50}) \quad (1)$$

где $K_{\text{усл}}$ – коэффициент условий движения ($K_{\text{усл}}=1,3$);

$H_{\text{кр}}$ – критическая глубина колеи ($H_{\text{кр}}=0,01$ м);

H_1 – глубина колеи по результатам испытаний, м;

$I_{\text{расч}}$ – интенсивность расчетной нагрузки ($I_{\text{расч}} = 250$ авт./ч);

T_{50} – сумма времени в году с температурой покрытия 50°C и выше

($T_{50}=190$ ч/год).

Результаты расчета представлены в таблице 2.

Таблица 2

Расчетный срок службы покрытия из условия появления критических пластических деформаций

Состав асфальтобетонной смеси	Расчетный срок службы покрытия из условия появления критических пластических деформаций $T_{\text{пласт}}$, лет, для I категории дороги
1	6,61
2	8,16
3	8,35

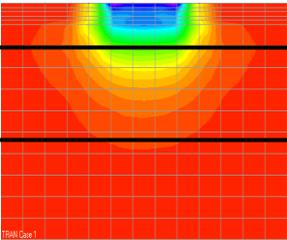
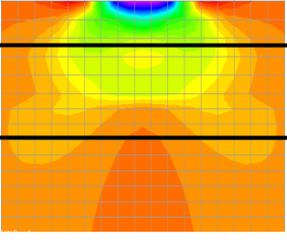
На основании полученных лабораторных данных и результатов расчета был выполнен расчет типового асфальтобетонного покрытия по методу конечных элементов (МКИ) для асфальтобетона на ПБВ и на РБВ-Г. Результаты расчета приведены в таблице 3.

Анализ расчета по МКИ показывает, что за счет применения РБВ-Г в целом улучшается работа конструкции, напряжения локализуются в верхних слоях, не распространяются вглубь, что способствует повышению общей долговечности дорожной одежды.

В связи с вышесказанным открывается перспектива применения РБВ-Г в нижних слоях покрытия дорожной одежды. Для дорог с тяжелым и интенсивным движением типовой является конструкция, когда в нижнем слое покрытия применяется асфальтобетон типа «А».

Таблица 3

Результаты расчета асфальтобетонных покрытий по МКИ

Тип конструкции (толщина, см)	Напряжения (норм.) по МКИ	Прогноз долговечности (см. таблицу 2)								
<table border="1"> <tr> <td style="background-color: #add8e6;">5</td> <td>а/б ЩМС на ПБВ</td> </tr> <tr> <td style="background-color: #00bfff;">7</td> <td>а/б «А»</td> </tr> <tr> <td style="background-color: #4169e1;">7</td> <td>пор м/з 2 марки</td> </tr> <tr> <td style="background-color: #00ff00;">Основание</td> <td></td> </tr> </table>	5	а/б ЩМС на ПБВ	7	а/б «А»	7	пор м/з 2 марки	Основание			Т = 8,16 лет
5	а/б ЩМС на ПБВ									
7	а/б «А»									
7	пор м/з 2 марки									
Основание										
<table border="1"> <tr> <td style="background-color: #add8e6;">5</td> <td>а/б ЩМС на РБВ-Г</td> </tr> <tr> <td style="background-color: #00bfff;">7</td> <td>а/б «А»</td> </tr> <tr> <td style="background-color: #4169e1;">7</td> <td>пор м/з 2 марки</td> </tr> <tr> <td style="background-color: #00ff00;">Основание</td> <td></td> </tr> </table>	5	а/б ЩМС на РБВ-Г	7	а/б «А»	7	пор м/з 2 марки	Основание			Т = 8,35 лет
5	а/б ЩМС на РБВ-Г									
7	а/б «А»									
7	пор м/з 2 марки									
Основание										

В этом случае верхний слой покрытия непосредственно воспринимает воздействие колесной нагрузки и природно-климатических факторов, являясь, собственно, слоем износа, в то время как надежность дорожной одежды обеспечивает нижний слой покрытия. Замена плотного асфальтобетона типа «А» на пористый асфальтобетон, модифицированный добавкой РБВ-Г, является экономически оправданной альтернативой и может способствовать большему росту долговечности дорожной одежды.

Для подтверждения такой возможности были проведены испытания деформационной устойчивости составных двухслойных образцов асфальтобетона в виде балочек на циклическое нагружение по трехточечной схеме [4]. Для сравнения были испытаны балочки 4x4x16 см из:

- асфальтобетона плотного типа «А»;
- асфальтобетона плотного типа ЩМС;
- составные образцы из асфальтобетона типа «А» (сверху) и ЩМС (снизу);
- составные образцы из асфальтобетона ЩМС (сверху) и типа «А» (снизу);
- составные образцы из асфальтобетона типа «А» (сверху) и ЩМП-1 с модификатором РБВ-Г (снизу);
- составные образцы из асфальтобетона ЩМС (сверху) и ЩМП-1 с модификатором РБВ-Г (снизу).

Ход эксперимента показан на рисунке 3.

Результаты испытаний представлены в таблице 4.

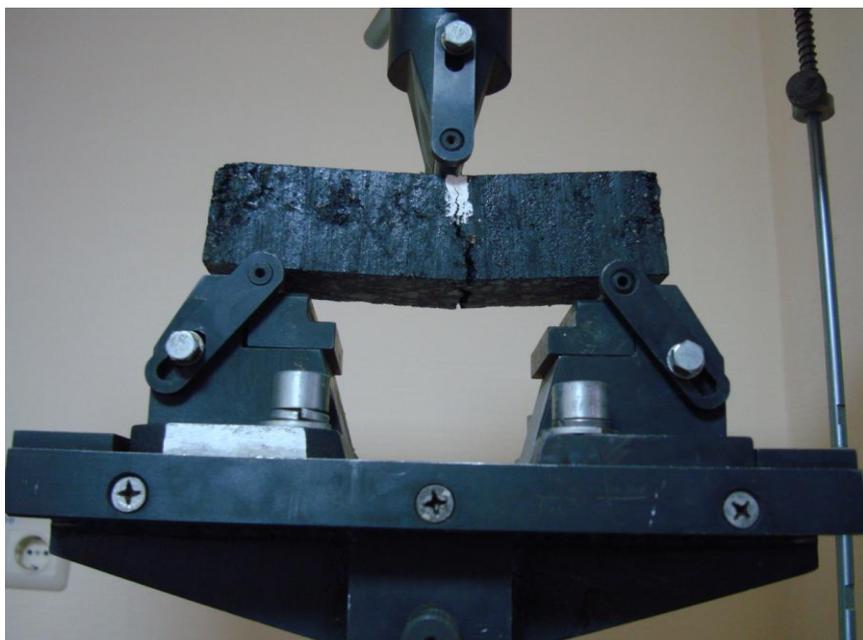


Рис. 3 – Вид разрушения составного образца

Результаты исследований показывают, что вполне рационально выполнить замену асфальтобетона плотного типа «А» на пористый асфальтобетон, модифицированный РБВ-Г без фактической потери прочностных характеристик дорожной одежды. При этом достигается экономический эффект от применения модификатора РБВ-Г.

Таблица 4

Результаты испытаний составных балочек

Тип образца	Усредненная разрушающая нагрузка при изгибе, Н	50% от разрушающей нагрузки при изгибе, Н	Количество циклов до разрушения при 50%-й нагрузке
Тип «А»	606	303	24
Тип «ЩМС»	1129	565	39
Верх «А» низ «ЩМС»	943	472	26
Верх «ЩМС» низ «А»	967	484	32
Верх «А» низ ЩМПг-1 с РБВ-Г	764	382	22
Верх «ЩМС» низ ЩМПг-1 с РБВ-Г	921	461	30

Представленные предложения были применены при разработке Дорожного методического документа ДМД 33200.2.076-2015 «Рекомендации по применению конструкций нежестких дорожных одежд повышенной долговечности в условиях воздействия группы расчетных нагрузок А3 при строительстве, реконструкции и капитальном ремонте автомобильных дорог». Документ распространяется на нежесткие дорожные одежды капитального типа, проектируемые с коэффициентом надежности 0,98 (повышенной надежности), на участках республиканских дорог, включенных в сеть международных автомобильных дорог, перед пунктами весогабаритного контроля, на стоянках грузового автотранспорта, а также в случаях, когда суммарная суточная интенсивность автомобилей группы нагрузки А3 составляет более 10 % интенсивности движения в начале срока службы автомобильной дороги.

В ДМД указано, в частности, что если число накопленных осей группы нагрузок А3 превышает 1 500 000, то нижний слой покрытия на дорогах I–II категорий рекомендуется проектировать из плотных крупнозернистых асфальтобетонных смесей на модифицированном битуме либо из крупнозернистой пористой смеси первой марки, изготовленной с модификатором РБВ-Г.

В последнее время более насущным стало устройство жестких дорожных одежд с покрытием из монолитного цементобетона. Использование в основании таких дорожных одежд пористых асфальтобетонных смесей, модифицированных РБВ-Г, взамен практикуемого ныне плотного асфальтобетона, также может найти свое место.

Заключение

Применение асфальтобетонов, изготовленных с модификатором РБВ-Г, позволит:

- повысить потребительские качества дорог (сцепление колеса с покрытием, ровность, сплошность, акустические характеристики покрытия и др.);
- увеличить срок службы дорожных покрытий в 1,5 – 2 раза по сравнению с традиционными асфальтобетонами без добавок;
- снизить себестоимость асфальтобетонных смесей на основе РБВ-Г по сравнению со смесями на полимербитуме и стабилизирующих добавках.
- использовать вторичное сырье (автомобильные покрышки) с получением экономии дорогостоящих компонентов в асфальтобетонных смесях.

Внедрение технологии не потребует существенной модернизации асфальтобетонных установок, оборудованных линией подачи целлюлозы (рисунок 4).

Список использованной литературы

- [1] Битумы модифицированные дорожные. Технические условия: СТБ 1220-2009. – Минск: БелГИСС, 2009. – 18 с.
- [2] Битумы дорожные. Технические требования и методы испытаний: СТБ EN 12591-2010. – Минск: Госстандарт, 2010. – 23 с.
- [3] Рекомендации по обеспечению структурной устойчивости асфальтобетона в условиях современных транспортных нагрузок: ДМД 02191.9.005-2008. – Мн.: Белавтодор, 2008. – 27 с.
- [4] Наумовец А.Н., Бусел, А.В., Смыковский, А.И. Мостовые щебеночно-мастичные деформационные швы из композитных материалов с макродисперсным армированием и усилением геосетками // «Автомобильные дороги и мосты». – Минск: БелдорНИИ, 2015. – № 1 (15). – С. 32–36.



Рис. 4 – Подача РБВ-Г по стандартной линии подачи целлюлозы