

УДК 625.768.6 : 624.144.5

ОЦЕНКА УДОБОУКЛАДЫВАЕМОСТИ АСФАЛЬТОБЕТОННОЙ СМЕСИ НА ОСНОВЕ МОДИФИЦИРОВАННОГО БИТУМА

Шабаев С.Н., к.т.н., доцент, заведующий кафедрой

Иванов С.А., к.т.н., доцент

Крупина Н.В., доцент

Прокопенко О.К., студентка гр. СДб-191, III курс

Кузбасский государственный технический университет

имени Т.Ф. Горбачева

г. Кемерово

Для удовлетворения растущих и очень требовательных потребностей, модификация битума путем добавления полимера и добавок часто проводится для улучшения его внутренних свойств и долговечности. Желаемые характеристики битума регулярно достигаются за счет механического смешивания или химической реакции выбранного полимера с чистым битумом. Включение полимера в битум привело к лучшей гидроизоляции и влагостойкости, более длительному усталостному сроку службы, более высокой температуре размягчения, более высокой вязкости, упругому восстановлению, когезионной прочности и пластичности, лучшей стабильности при хранении и большей экономичности.

В соответствии с развитием научно-технического потенциала в РФ, в ближайшие 10-15 лет приоритетами научно-технологического развития Российской Федерации следует считать те направления, которые позволят получить научные и научно-технические результаты и создать технологии, являющиеся основой инновационного развития внутреннего рынка продуктов и услуг, устойчивого положения России на внешнем рынке.

В мире существуют различные технологии модификации битумов резиновой крошкой, основными из которых, нашедшие практическое применение, являются [1-4]:

- технология мокрого процесса с высокой вязкостью (Asphalt Rubber (AR));
- технология мокрого процесса без перемешивания (Terminal Blend (TB)).

Несмотря на то, что ТВ-технология обуславливает получение вяжущего с относительно не высокой вязкостью и с длительным сроком хранения, что является его неоспоримым преимуществом, в мире все же в подавляющем большинстве случаев находит применение AR-технология. Обусловлено это тем, что в отличие от ТВ-вяжущих, AR-вяжущие обладают эластичностью, лучшей усталостной устойчивостью, большей стойкостью к колебаниям, старению и окислению, способны формировать более толстые пленки вяжущего, не стекающего с поверхности минеральных частиц [5-7], при этом асфальтобетонные покрытия на основе таких вяжущих создают меньше шума, шины имеют более высокий коэффициент сцепления, из-за более темного цвета

улучшается видимость разметки и, что не маловажно, в перспективе снижаются затраты на их техническое обслуживание. Тем не менее, низкотемпературные свойства AR-вяжущих сопоставимы со свойствами исходных битумных вяжущих, что, в отличие от большинства регионов России, не является критическим для США, Европейских и других стран с относительно теплым климатом, где температура воздуха крайне редко опускается ниже минус 20 °С. Кроме того, их нельзя хранить более 4-8 часов, при хранении необходимо обеспечивать постоянное перемешивание во избежание расслоения вяжущего и сливания резиновых частиц.

Материалы на полимерной основе трудно разрушить, что делает процесс сложной задачей. Следовательно, необходимо разработать технологию, которая решит эту проблему.

Битум представляет собой недорогой термопластичный материал, существующий в природных месторождениях или в виде тяжелых остатков фракционной перегонки сырой нефти [8]. Битум – один из старейших известных технических материалов, которые широко используются. Он преимущественно обладает превосходными связующими характеристиками, сохраняет клейкие и когезионные свойства, практически нелетучий, водостойкий, долговечный и простой в уходе. Битум также относительно дешев и используется в основном в конструкции дорог, кровельных мембранах и гидроизоляционных материалах. Слои из битума способствуют долгосрочной структурной целостности, эффективно выполняя гидроизоляционные и влагонепроницаемые функции. Это может предотвратить попадание влаги, которая может способствовать росту плесени и грибка в таких конструкциях, как корабли, здания и дома.

Однако, чтобы полимер был эффективным модификатором, он должен быть и работоспособным, и рентабельным. Отходы полимеров, такие как шинная крошка и моторное масло, могут быть включены в битум для улучшения свойств смеси, что может обеспечить дополнительные экономические и экологические преимущества. Помимо экономической выгоды и легкодоступности на свалке, выбор отходов обусловлен их свойствами сопротивляться разложению при температуре процесса и применения, а также совместимостью с битумом.

Модифицированный битум обладает способностью действовать как водный барьер и обеспечивает влагонепроницаемость бетонных стен. Тем не менее, высокая вязкость битума делает нанесение при температуре окружающей среды сложным процессом.

Для производства шин резина подвергается процессу вулканизации с использованием серы, пероксидов и других веществ, предназначенных для предотвращения растрескивания шин и улучшения их свойств. Таким образом, вулканизация представляет собой процесс, при котором создаются химические связи между серой и молекулами углерода каучука. Поскольку вулканизация является необратимым процессом при температуре окружающей среды и атмосферном давлении, промышленный процесс девулканизации не

обходим для восстановления свойств каучука, который будет использоваться в качестве исходного каучука. Девулканизация относится к процессу, при котором поперечные связи в вулканизированной резине выборочно разрушаются, разрывая связи сера-сера или углерод-сера и укорачивая молекулярные цепи. Поэтому утилизация утильных шин в основном связана с измельчением и девулканизацией резиновой крошки. Когда каучук предназначен для использования в качестве элемента во влажных или сухих процессах асфальто-бетонных смесей, регенерированный каучук (т. е. девулканизированный каучук в результате применения химикатов, механической и тепловой энергии), восстановивший свою вязкость, а также характеристики исходного соединения, предпочтительнее. В этом случае может быть получена более однородная смесь со связующим, поскольку каучук действует в основном как гибкий наполнитель, который можно хранить при высоких температурах в течение более длительного времени без проблем, связанных с его осаждением.

Как показали различные исследователи, RTR-MB, полученные мокрым способом, снижают усталостное и отражательное растрескивание, повышают устойчивость к колееобразованию, улучшают устойчивость к старению и окислению и лучше удерживают стружку благодаря более толстым пленкам связующего [9-12]. Также было продемонстрировано, что асфальтобетонные резиновые покрытия имеют более низкие затраты на техническое обслуживание, низкий уровень шума, повышенное сопротивление скольжению и лучшая видимость в ночное время за счет контраста дорожного покрытия и зачистки.

В Российской Федерации активно расширяется система объемно-функционального проектирования асфальтобетонных смесей Superpave (ГОСТ Р 58401.1-2019, ГОСТ Р 58401.2-2019), которая предусматривает использование в качестве связующих битумные вяжущие, отвечающие температурному диапазону эксплуатации и уровню эксплуатационных транспортных нагрузок.. Сначала в США, а затем и в других развитых странах уже достаточно длительное время для получения асфальтобетонных смесей используются битумные вяжущие PG, марки которых назначаются в зависимости от максимальной и минимальной температуры эксплуатации [13,14]. Положительный опыт применения данных материалов для приготовления асфальтобетонных смесей послужил основой для введения в действие в Российской Федерации сначала ПНСТ 82-2016 и ПНСТ 85-2016, а затем уже ГОСТ Р 58400.1-2019, ГОСТ Р 58400.2-2019. Важно при этом отметить, что в условиях резко континентального климата наиболее приемлемыми марками битумного вяжущего PG являются PG 52-46 и PG 70-40, то есть те, которые попадают под «ПРАВИЛО 92»: если сумма двух температур марки PG больше 92, то требуется битум модифицированный [15]. Следовательно, необходимо в битумы вводить полимерные добавки, которых с одной стороны, достаточно большое множество, а с другой – стоимость самих добавок, а, соответственно, и модифицированного битума достаточно велика.

В соответствии с ГОСТ Р 58400.1-2019 под битумным вяжущим подразумевается материал, который производится из продуктов переработки нефти с добавлением при необходимости органических модифицирующих добавок. В резинобитумном вяжущем в качестве органической модифицирующей добавки выступает резиновая крошка из изношенных автомобильных шин. Битумные вяжущие предназначены для получения на основе их асфальтобетонных смесей, отвечающих требованиям ГОСТ Р 58401.1-2019, ГОСТ Р 58401.2-2019, а также ГОСТ Р 58406.1-2020, ГОСТ Р 58406.2-2020, ГОСТ Р 54401-2020.

В планируемом эксперименте в первую очередь необходимо было оценить вязкость нефтяного битума, как следствие удобоукладываемость асфальтобетонной смеси. Использовался битум марки 70/100 и резинобитумное вяжущее полученное путем переработки изношенных автомобильных шин по двухстадийному технологическому процессу. Для получения битума, модифицированного резиновой крошкой использовался следующий технологический процесс:

- для начала брался битум в количестве 50 % и масло-пластификатор в количестве 12,5 %. Смесь нагревали до температуры $230 \pm 5^\circ\text{C}$, добавляли резиновую крошку 37,5 %;
- затем полученную смесь постоянно перемешивали на протяжении 2,5 часов с получением резиновой суспензии;
- далее в полученную суспензию резинобитумного композита 52,5 % добавляли битум в количестве имеющий температуру $105 \pm 5^\circ\text{C}$, в количестве 47,5 % и смесь выдерживали в течении 30 мин.

Для оценки рабочей температуры оценивалось время истечения 50 см³ вяжущего через отверстие диаметром 5 мм на приборе ВУБ-1 в соответствии с методикой испытания. Матрица планирования эксперимента представлена в табл 1.

Таблица 1

Матрица планирования эксперимента по определению рабочей температуры композиционного резинобитумного вяжущего

Наименование вяжущего	Время истечения 50 см ³ вяжущего, с, при температуре испытания, °C				
	100	120	140	160	180
Битум марки БНД 70/100	Opt ₁	Opt ₂	Opt ₃	Opt ₄	Opt ₅
Битум, модифицированный резиновой крошкой	Opt ₆	Opt ₇	Opt ₈	Opt ₉	Opt ₁₀

Примечание: Opt_i – параметр оптимизации.

Результаты эксперимента по определению рабочей температуры композиционного резинобитумного вяжущего, полученного при двухстадийной технологии, представлены в табл. 2. Графический вид полученных зависимостей представлен на рисунке.

Таблица 2

Результаты эксперимента по определению рабочей температуры
композиционного резинобитумного вяжущего

Наименование вяжущего	Время истечения 50 см ³ вяжущего, с, при температуре испытания, °С				
	100	120	140	160	180
Битум марки БНД 70/100	100	50	15	15	15
Битум, модифицированный резиновой крошкой	-	180	60	17	15

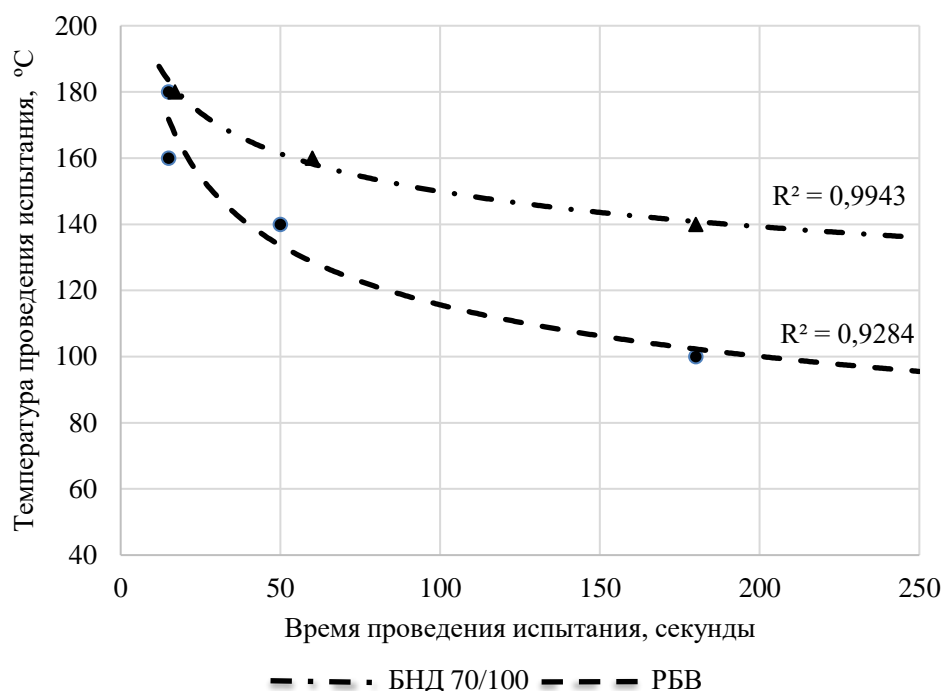


Рисунок – Зависимости вязкости исходного битума и битума, модифицированного резиновой крошкой

В результате полученных данных можно сделать вывод, что вязкость битума при температуре асфальтобетонной смеси 155-165°С на нем, составляет 15 с. Идентичную вязкость имеет резинобитумное вяжущее полученное при двухстадийном технологическом процессе при температуре на 15-20°С выше. Поэтому, можно сделать вывод, что для идентичной удобоукладываемости асфальтобетонной смеси необходимо повышать температуру на 15-20°С

Список литературы:

1. Abdulwarith B., Norhidayah H., Hanif M., Jahangir M. Effects of mixture design variables on rubber-bitumen interaction: properties of dry mixed rubberized asphalt mixture // *Materials and Structures*. – 2016.
2. Mull M. A., Stuart K., Yehia A. Fracture resistance characterization of chemically modified crumb rubber asphalt pavement // *Journal of Materials Science*. – 2002. – Vol. 37. – P. 557-566.
3. Kim H., Lee S., Amirkhanian S., Rheology investigation of crumb rubber modified asphalt binders // *KSCE Journal of Civil Engineering*. – 2010. – Vol. 14. – P. 839-843.
4. Morrison G. R., Hesp S. A. M. A new look at rubber-modified asphalt binders // *Journal of Materials Science*. – 1995. Vol. 30. – P. 2584-2590.
5. Juan G., Ana A., Felice G., Black curves and creep behaviour of crumb rubber modified binders containing warm mix asphalt additives // *Mechanics of Time-Dependent Materials*. – 2016. Vol. 20. – P. 389-403.
6. Khristoforova A.A., Sokolova M.D., Filippov S.E., Zarovnyaev B.N., Davydova M.L. Rubber-modified bitumen materials for open-pit enterprises // *International Polymer Science and Technology*, 2015, Vol. 42, Issue 9, pp. 27-29.
7. Khristoforova A.A., Sokolova M.D., Zarovnyaev B.N., Akishev A.N. Prospects for modified bitumen in construction of semi-steep pit roads // *Gornyi Zhurnal (Mining Journal)* – 2016. – Issue 3. – Pp. 47-49.
8. Caltrans. Asphalt Rubber Usage Guide. s.l.: State of California Department of Transportation, Materials Engineering and Testing Services; 2006.
9. OGFC Meets CRM. Where the Rubber meets the Rubber. 12 Years of Durable Success. Way, G.B. Vilamoura: s.n. In: *Asphalt Rubber 2000 Conference*; 2000.
10. Santagata FA, Antunes I, Canestrari F, Pasquini E. Asphalt Rubber: Primeiros Resultados em Itólia. Estoril: s.n. Estrada 2008, V Congresso Rodovirio Portugus; 2008.
11. Sousa JB, Experiences with use of reclaimed rubber in asphalt within Europe. Birmingham: s.n. Rubber in Roads; 2005.
12. Bertollo SM, Mechanical properties of asphalt mixtures using recycled tyre rubber produced in Brazil – a laboratory evaluation. Washington: s.n. In: 83rd TRB Annual Meeting; 2004.
13. Бегункова Н.И. Исследование применения отходов производства полимеров в качестве улучшающих добавок в асфальтобетоне // *Тр./Гос. всесоюз. дор. НИИ*. - 1977. – Вып. 99. – С.102-109.
14. fhwa.dot.gov [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://www.fhwa.dot.gov/pavement/materials/hmec/pubs/module_f/lab_manual_asphalt.pdf. – Дата доступа: 24.11.20121.

15. Страхова, Н. А., Исраилова З. С. Совершенствование нормативной базы в области дорожных битумов // Международный журнал гуманитарный и естественных наук. – 2015. - № 5-1. – С. 234-238.