

Оценка влияния резиновой крошки на физические и реологические свойства битума

Пахолак Р.
Белостокский Технический Университет
Белосток, Польша

Цель данного исследования – изучение влияния резиновой крошки на физические и реологические свойства дорожного битума 50/70. Количество резиновой крошки составило 10% и 20% от массы базового вяжущего. Реологические свойства в широком интервале положительных температур описаны при помощи сдвигового динамического реометра DSR (Dynamic Shear Rheometer). Представленные экспериментальные результаты показали, что используемый модификатор значительно улучшает высокотемпературные характеристики битума 50/70, расширяет его вязкоупругий диапазон, увеличивает жесткость, позволяет избежать колеобразованья в летний период.

Введение

В настоящее время, в связи с быстрым ростом транспортной отрасли, процесс утилизации использованных автомобильных шин является одной из основных проблем [1]. Каждый год во всем мире выбрасываются миллионы тонн такого рода отходов [2]. Сжигание благодаря низкой стоимости и простоте, является одним из основных видов их ликвидации, что приводит к неконтролируемым выбросам вредных веществ в атмосферу, причиняя ущерб людям, животным и растениям. Именно поэтому в настоящее время внимание ученых с различных научных институтов приковано к этой проблеме [3]. Использование резиновой крошки в асфальтобетонных смесях позволяет в значительной степени решить эту проблему.

Битум, модифицированный резиновой крошкой благодаря своей экологичности и способности улучшать технические характеристики асфальтобетонной смеси успешно применяется в строительстве автомобильных дорог [4]. При добавлении резиновой крошки в вя-

жущее, она не только химически взаимодействует с матрицей битума, но и выступает в качестве заполнителя, который играет значительную роль в общем улучшении эксплуатационных характеристик. Химическое взаимодействие включает набухание частиц резиновой крошки вследствие поглощения более легких по молекулярному весу компонентов вяжущего с последующим процессом деполимеризации и девулканизации [5].

Использованные материалы и программа исследования

В исследовании использовано следующие вяжущие вещества:

- битум 50/70;
- битум 50/70 модифицированный 10% резиновой крошки (обозначение РК-10);
- битум 50/70 модифицированный 20% резиновой крошки (обозначение РК-20).

Образцы вяжущего были подготовлены в соответствии с требованиями EN 58 и EN 12594. Процесс модификации состоял из трех этапов:

1. Нагрев битума 50/70 до температуры 160°C.
2. Добавление резиновой крошки размером 0-0.8 мм в количестве 10% и 20% от массы вяжущего мокрым способом "wet process".
3. Доведение температуры полученного вяжущего до 180°C при постоянном перемешивании лабораторным миксером до получения однородного состояния.

Время перемешивания составило 1 ч при использовании 10% резиновой крошки и 2ч при 20%.

Для оценки основных технических параметров модифицированных вяжущих были проведены следующие испытания: пенетрация, температура размягчения, температура хрупкости по Фраасу, динамическая вязкость.

Реологические свойства модифицированных битумов (фазовый угол δ и комплексный модуль сдвига G^*) описаны при помощи сдвигового реометра DSR.

Результаты испытаний

Подробные результаты испытаний битумных вяжущих используемых в исследовании описаны в публикациях [6,7], а отдельные

технические свойства модифицированных вяжущих представлены в таблице 1.

Таблица 1. Основные технические свойства модифицированного битума

Исследуемые параметры	Ед. изм.	Вид битума		
		50/70	РК-10	РК-20
Пенетрация	0.1 мм	58.3	40.0	30.5
Температура размягчения	°С	50.8	60.6	74.8
Температура хрупкости	°С	-14.7	-16.1	-26.7
Динамическая вязкость 90°С 110°С 135°С	Па·с			
		11.3	83.6	980.3
		2.2	13.4	119.4
		0.5	2.1	14.0

На основании результатов, приведенных в таблице 1, установлено, что добавление резиновой крошки в значительной мере увеличивает пенетрацию, температуру размягчения и динамическую вязкость базового битума, снижает температуру хрупкости. Данные характеристики указывают на увеличение жесткости базового битума 50/70. Используемый модификатор позволил расширить вязкоупругий диапазон битума на 11,2°С для РК-10 и на 36.0°С для РК-20.

На рисунке 1 и 2 представлены результаты изменения фазового угла δ и комплексного модуля сдвига G^* при использовании РК-10 и РК-20, полученные с помощью прибора DSR.

Проанализировав графики, представленные на рис. 1 и рис. 2, можно заключить, что модифицированный битум имеет более высокий комплексный модуль сдвига G^* и более низкий фазовый угол по сравнению с базовым вяжущим во всем интервале температур. Чем фазовый угол δ будет ближе к нулю, тем в материале будут больше преобладать упругие свойства, чем δ ближе к 90 градусам - тем больше вязкие.

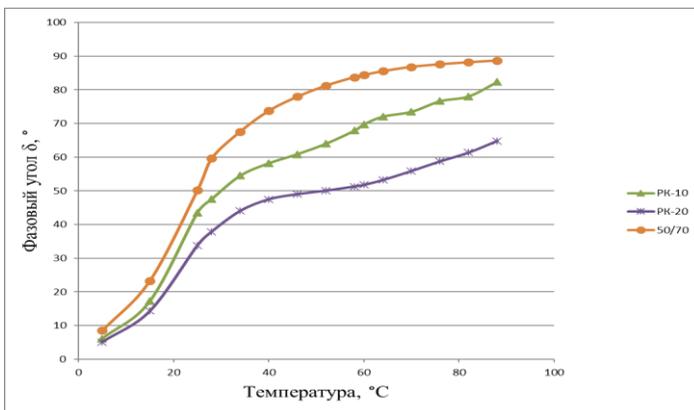


Рис. 1. Фазовый угол сдвига δ

Полученные результаты свидетельствуют о улучшении высокотемпературных характеристик битума, позволяя покрытию переносить большие нагрузки в период высоких летних температур без образования колеи (одного из наиболее распространенных дефектов на дорожном покрытии).

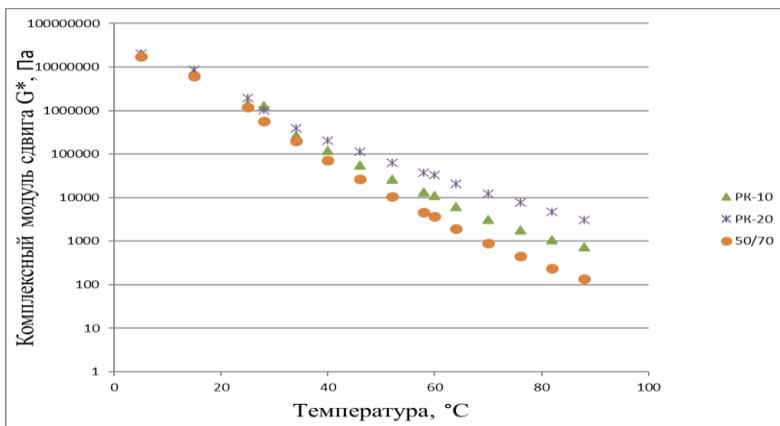


Рис. 2. Комплексный модуль сдвига G^*

Добавление резиновой крошки позволило снизить при температуре 60°C фазовый угол δ на 16% при использовании РК-10 и на 39% при использовании РК-20. Комплексный модуль сдвига G^* при 60°C возрос на 300% и 900% соответственно.

Вывод

На основании проведенных исследований физических и реологических свойств дорожного битума 50/70 модифицированного резиновой крошкой в количестве 10% и 20% от массы вяжущего можно сделать следующие выводы:

1. Модифицированный резиновой крошкой битум обладает более высокой жесткостью по сравнению с чистым битумом 50/70, что позволило расширить его вязкоупругий диапазон на 11.2°C при добавлении 10% резиновой крошки и на 36°C при добавлении 20% резиновой крошки.

2. Модифицированный битум имеет меньший фазовый угол во всем интервале температур по сравнению с 50/70 (на 16% для РК-10, на 39% для РК-20), что свидетельствует о преобладании в нем упругой фазы.

3. Высший комплексный модуль сдвига G^* модифицированного вяжущего свидетельствует о его более низкой температурной чувствительности по сравнению с чистым битумом, что позволит избежать чрезмерного колееобразования в летний период.

Литература

1. Jie, X. U., Yao, Z., Yang, G., & Han, Q. (2020). Research on crumb rubber concrete: From a multi-scale review. *Construction and Building Materials*, 232, 117282..

2. Eisa, A. S., Elshazli, M. T., & Nawar, M. T. (2020). Experimental investigation on the effect of using crumb rubber and steel fibers on the structural behavior of reinforced concrete beams. *Construction and Building Materials*, 252, 119078..

3. Picado-Santos, L. G., Capitão, S. D., & Neves, J. M. (2020). Crumb rubber asphalt mixtures: A literature review. *Construction and Building Materials*, 247, 118577.

4. Willis, J. R., Plemons, C., Turner, P., Rodezno, C., & Mitchell, T. (2012). Effect of ground tire rubber particle size and grinding method on asphalt binder properties. *National Center for Asphalt Technology at Auburn University. Auburn, Alabama*, 47.

5. Huang, J., & Wang, Q. A. (2021). Influence of crumb rubber particle sizes on rutting, low temperature cracking, fracture, and bond

strength properties of asphalt binder. *Materials and Structures*, 54(2), 1-15.

6. Gardziejczyk, W., Plewa, A., & Pakholak, R. (2020). Effect of addition of rubber granulate and type of modified binder on the viscoelastic properties of stone mastic asphalt reducing tire/road noise (SMA LA). *Materials*, 13(16), 3446.

7. Pakholak, R., Plewa, A., & Hatalski, R. (2020). Evaluation of selected technical properties of bitumen binders modified with SBS copolymer and crumb rubber. *Structure and Environment*, 12(1).