

УДК [691.31:666.964.3]:661.2

## ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ РЕЦЕПТУРНЫХ ФАКТОРОВ НА ПРОЦЕСС СТРУКТУРООБРАЗОВАНИЯ И СВОЙСТВА СЕРОАСФАЛЬТОВОГО ВЯЖУЩЕГО

Рябов М.А., Кислицына С.Н., Шитова И.Ю.

*ФГБОУ ВПО «Пензенский государственный университет архитектуры и строительства», 440028, г. Пенза, ул. Г. Титова, 28, e-mail: [Innalife1@rambler.ru](mailto:Innalife1@rambler.ru)*

Наиболее эффективным решением проблемы повышения качества дорожного строительства признано модифицирование битумов различными полимерными добавками. В работе представлены результаты исследования рецептурных факторов на процесс структурообразования и свойства сероасфальтового вяжущего. Разработан состав наноразмерной модифицирующей добавки и установлено оптимальное содержание каучука в модифицирующей добавке, которое составляет 0,08 объемных частей. Установлены закономерности влияния рецептурных факторов (количества модифицирующей добавки) на свойства асфальтового вяжущего – температуру размягчения, растяжимость и показатель пенетрации. Определена оптимальная концентрация модифицирующей добавки в сероасфальтовом вяжущем, составляющая 5% от массы минерального наполнителя, при этом растяжимость при 25 °С увеличивается на 36%, снижение температуры размягчения составляет 6,6%, а у показателя пенетрации при 25 °С наблюдается максимум.

Ключевые слова: сероасфальтобетоны, органоминеральная добавка, структурообразование и свойства.

## STUDY OF THE INFLUENCE FACTORS ON PRESCRIPTION PROCESSES OF STRUCTURE AND PROPERTIES OF BINDER SEROASFALTOVOGO

Ryabov M.A., Kislitsyna S.N., Shitova I.Y.

*Penza State University of the Architecture and Construction, 440025, Penza, G. Titova, 28, e-mail: [Innalife1@rambler.ru](mailto:Innalife1@rambler.ru)*

The most effective solution to improve the quality of road construction bitumen modification recognized by various polymer additives. The paper presents the results of a study of prescription factors on the process of structure formation and properties seroasfaltovogo binder. Nanoscale designed structure modifying agent and the rubber content is set in the optimal modifying additive is 0.08 parts by volume. The regularities of the influence of prescription factors (the number of builder) on the properties of the asphalt binder – softening temperature, elongation and penetration index. The optimum concentration of the builder in seroasfaltovom binder is 5% by weight of the mineral filler, and the elongation at 25 °C increased by 36%, reducing the temperature rязmyagcheniya is 6.6%, while the index of penetration is observed at 25 °C maximum.

Keywords: seroasfaltobetony, by organic additive additive, structure and properties.

Одним из эффективных направлений, позволяющих снизить стоимость, повысить качество асфальтобетона и дорожных покрытий, а также решить некоторые экологические проблемы ряда регионов России, является модифицирование битумных вяжущих различными добавками.

Перспективным модификатором битумов является сера и серосодержащие отходы [1; 5]. Однако, как известно, при температуре выше 140 °С происходит энергичное взаимодействие серы с компонентами битума, ведущее к процессам полимеризации, в результате чего серобитумное вяжущее становится хрупким. Долговечные серобитумные вяжущие, в которых сера находится как в свободном, так и в связанном состоянии, можно получить введением в их состав модифицирующих добавок.

Имеется значительное количество работ, посвященных улучшению свойств битумов добавками каучука [1; 3; 4]. Синтетические каучуки увеличивают растяжимость битумов, их ударную прочность, снижают температуру хрупкости, повышают теплостойкость. Одним из основных направлений исследований в настоящее время является разработка способов введения каучука в битум, которые должны уменьшить деструкцию при нагреве и повысить эффективность введения добавки.

Перспективным направлением модификации серобитумных вяжущих является введение каучуков в виде наноразмерных органоминеральных добавок со слоистыми силикатами.

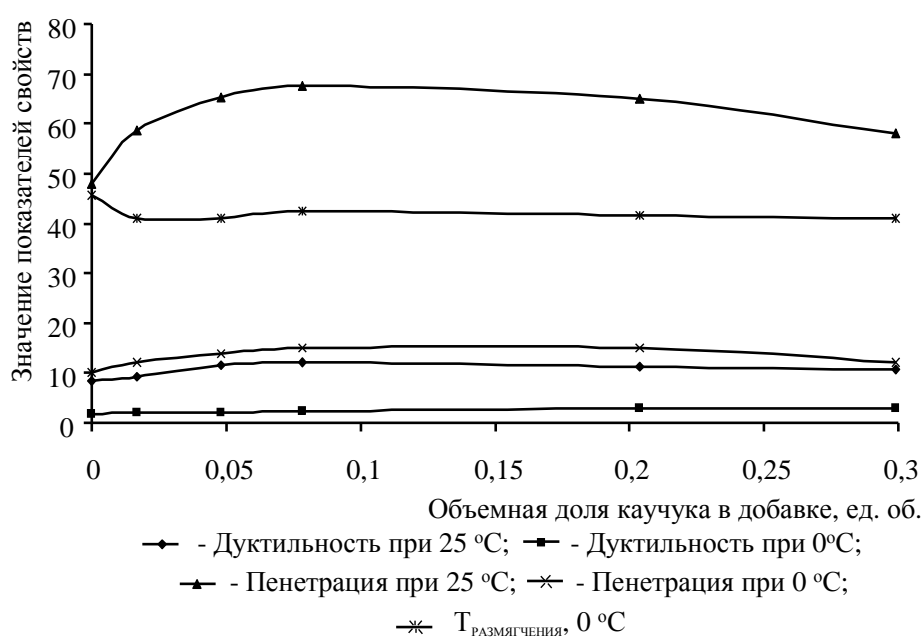
Предлагаемая авторами органоминеральная добавка представляет собой порошок обожженной при определенной температуре глины, обработанный раствором каучука СКДН-Н.

Минеральный компонент добавки обрабатывали 30%-ным раствором каучука в керосине в количестве 5; 10; 20; 30; 40 и 50% от его массы.

Определение свойств сероасфальтовых вяжущих проводили по стандартным методикам. Были исследованы: температура размягчения, растяжимость при 25 и 0 °С и пенетрация при 25 и 0 °С.

Полученную органоминеральную добавку вводили в сероасфальтовое вяжущее, заменяя часть минерального порошка добавкой. Содержание серы в сероасфальтовом вяжущем составляло 5% от массы битума.

Зависимость свойств сероасфальтового вяжущего от объемной доли каучука в модифицирующей добавке приведена на рисунке 1.



*Рис. 1. Зависимость свойств сероасфальтового вяжущего от объемной доли каучука в модифицирующей добавке*

Анализ рисунка 1 показывает, что введение каучука в виде органоминеральной добавки приводит к существенному изменению свойств сероасфальтового вяжущего.

Изменение температуры размягчения обнаруживает четкую зависимость от содержания каучука в смеси. При содержании каучука в количестве 0,017 единицы объема наблюдается снижение температуры размягчения с 43 до 41°C, что, вероятно, связано с уменьшением вязкости системы. В дальнейшем температура размягчения повышается и достигает максимума при содержании каучука 0,08 ед. об., затем наблюдается стабилизация температуры размягчения.

Изменение растяжимости носит экстремальный характер. С увеличением количества доли каучука в органоминеральной добавке растяжимость увеличивается на 43,5% при содержании каучука в количестве 0,08 ед. об., затем значение показателя растяжимости стабилизируется, а при больших концентрациях каучука (0,3 ед. об.) наблюдается незначительное снижение растяжимости (8%). Аналогично изменяется растяжимость и при 0°C.

Наиболее значительно изменяется показатель пенетрации с максимумом при количестве каучука 0,08 ед. об.

Наибольшие отклонения от достоверности вносит эластичность каучуков в определение показателя пенетрации. Это связано, по-видимому, с высокой проницаемостью для иглы самих каучуков: даже в твердом виде (блоках) она составляет в условиях определения пенетрации при 25 °С – 32...40, при 0 °С – 55...100, а в набухшем и растворенном состоянии каучуки практически полностью проницаемы. По мере того как объемная доля каучука растет, проницаемость системы будет повышаться. Начальное увеличение показателя пенетрации, вероятно, связано с формированием в структуре материала упруго-эластичной сетки.

Для определения оптимального количества каучука в модифицирующей добавке используем критериальный подход.

**Таблица 1**

Влияние объемной концентрации каучука в модифицирующей добавке на свойства сероасфальтового вяжущего

Содержание каучука в добавке, ед. объема	Свойства сероасфальтового вяжущего				Температура размягчения, °С	Обобщенный критерий качества, F <sub>к</sub>
	Растяжимость, см		Глубина проникания иглы, 0,1 мм			
	при 25 °С	при 0 °С	при 25 °С	при 0 °С		
–	8,5	1,6	48	10	45,5	-

0,017	9,2	2,0	58,5	12	41	0,979
0,05	11,6	2,0	65,3	14	41	0,979
0,08	12,2	2,2	67,6	15	42,5	0,986
0,20	11,2	3,0	65	15	41,5	0,982
0,30	10,6	3,0	58	12	41	0,979

Сопоставление значений  $F_k$  показывает, что оптимальной концентраций каучука в органоминеральной добавке является его содержание в количестве 0,08 ед. об.

Анализ полученных экспериментальных данных позволяет сделать вывод, что при содержании каучука в добавке в количестве 0,08 ед. об. происходят качественные изменения в структуре сероасфальтового вяжущего. Очевидно, синтез сероорганических соединений, в присутствии наноразмерной гибридной добавки, приводит к формированию в структуре материала упруго-эластичной сетки. Такая структура обеспечивает высокую деформативность и восстанавливаемость системы.

Для оптимизации количества модифицирующей добавки в сероасфальтовом вяжущем были проведены экспериментальные исследования, результаты которых представлены на рисунке 2.

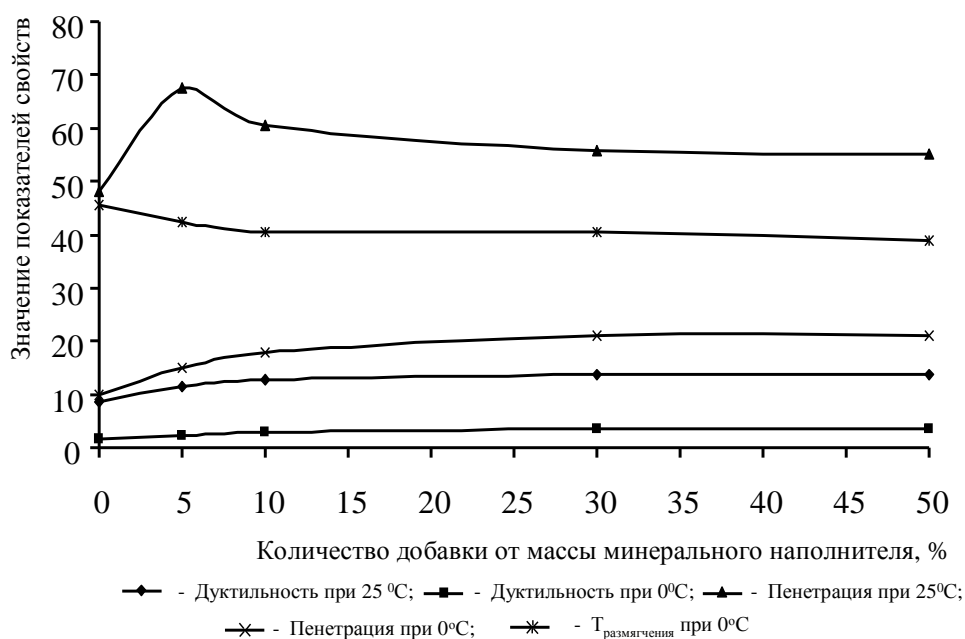


Рис. 2. Зависимость свойств сероасфальтового вяжущего от количества модифицирующей добавки

Анализ данных рисунка 2 показывает, что введение модифицирующей добавки приводит к существенному изменению свойств сероасфальтового вяжущего. Введение модифицирующей добавки приводит к снижению температуры размягчения. Снижение температуры размягчения при содержании добавки в количестве 5% составило – 6,6%; 10% – 11%; 30% – 12% и 50% – 14,3%.

С увеличением количества добавки растяжимость при 25°С увеличивается при содержании добавки в количестве 5% – на 36%; 10% – на 48,2%; 30% – на 60% и 50% – на 62%. Увеличение растяжимости при 0 °С более существенно: при содержании добавки в количестве 5% – 37,5%; 10% – 87,5%; 30% – 112% и 50% – 125%.

Наиболее значительно изменяется показатель пенетрации при 25°С, наблюдается увеличение его значений с максимумом при количестве модифицирующей добавки 5%. Дальнейшее увеличение модифицирующей добавки приводит к снижению показателя пенетрации. Показатель пенетрации при 0 °С также повышается, но с меньшей скоростью.

Для определения оптимального количества модифицирующей добавки используем критериальный подход, позволяющий учитывать полный перечень выделенных свойств.

Результаты расчетов приведены в таблице 2.

**Таблица 2**

Влияние количества модифицирующей добавки на свойства сероасфальтового вяжущего

Содержание модифицирующей добавки, %	Свойства сероасфальтового вяжущего				Температура размягчения, °С	Обобщенный критерий качества, $F_k$
	Растяжимость, см		Глубина проникания иглы, 0,1 мм			
	при 25 °С	при 0 °С	при 25 °С	при 0 °С		
–	8,5	1,6	48	10	45,5	-
5	11,6	2,2	67,6	15	42,5	0,986
10	12,6	3	60,7	18	40,5	0,977
30	13,6	3,4	55,7	21	40,5	0,977
50	13,8	3,6	55	21	39	0,970

Сопоставление значений  $F_k$  показывает, что оптимальной концентрацией модифицирующей добавки в сероасфальтовом вяжущем является ее содержание в количестве 5% от массы минерального наполнителя.

Для оценки хрупкости сероасфальтового вяжущего использовали низкотемпературный индекс пенетрации  $I_{п.н.}$ , рассчитываемый по формуле:

$$I_{п.н.} = 0,1 + 0,59 P_0 / P_{25} . \quad (1)$$

Результаты расчета представлены в таблице 3.

**Таблица 3**

Влияние содержания добавки на хрупкость серобитумного вяжущего

Содержание добавки, %	$I_{п.н.}$
0	0,22
5	0,23
10	0,27
30	0,32
50	0,33

Как видно из представленных в таблице 3 расчетных данных, показатель хрупкости с увеличением количества модифицирующей добавки возрастает, что свидетельствует об увеличении температуры хрупкости, т.е. увеличивается температурный интервал пластичности, поэтому можно прогнозировать более высокую морозостойкость сероасфальтобетона, модифицированного разработанной органоминеральной добавкой.

В результате проведенных исследований установлено оптимальное содержание каучука в модифицирующей добавке, которое составляет 0,08 объемных частей. Установлены закономерности влияния рецептурных факторов (количества модифицирующей добавки) на свойства асфальтового вяжущего: температуру размягчения, растяжимость и показатель пенетрации.

### Список литературы

1. Способ получения активной добавки к битуму / О.Г. Попов, И.А. Посадов, Д.А. Розенталь, М.Я., Литманович М.Р. : А.с. № 94029817 С 07 С 23/18. заявл. 01.08.1994. Оpubл. 20.06.1996.
2. Иллиополов С.К. Исследование структуры и свойств битума, модифицированного комплексным каучуко-полиолефиновым модификатором / С.К. Иллиополов, Р.М. Черсков, И.В. Мардиросова, К.А. Дьяков // Известия вузов. Строительство. – 2009. – № 5.– С. 62-66.
3. Калгин Ю.И. Научные основы получения и применения дорожных материалов с использованием модифицированных битумов : дис. ... док. техн. наук. – Саранск : МГУ, 2007.
4. Сидоренко Н.Н. Асфальтобетон на серобитумном вяжущем / Н.Н. Сидоренко, А.Б. Лолаев, Ю.А. Иванов // Автомобильные дороги. – 1983. – № 1.
5. Урьев Н.Б. Применение серы при производстве асфальтобетонных смесей в Польше / Н.Б. Урьев, М.И. Иваньски // Автомобильные дороги. – 1989. – № 7. - С. 26-27.

### Рецензенты:

Логанина В. И., д.т.н., профессор, заведующая кафедрой «Управление качеством и технологии строительного производства» Пензенского государственного университета архитектуры и строительства, г. Пенза;

Калашников В.И., д.т.н., профессор, заведующий кафедрой «Технология строительных материалов и деревообработки» Пензенского государственного университета архитектуры и строительства, г. Пенза.