

УДК 691.162

С. Н. ШАБАЕВ

Кузбасский государственный технический университет имени Т. Ф. Горбачева

**РАЦИОНАЛИЗАЦИЯ ПРОЦЕССА СОЕДИНЕНИЯ РЕЗИНОВОЙ КРОШКИ
С БИТУМОМ НЕФТЯНЫМ ДОРОЖНЫМ ВЯЗКИМ**

Аннотация. Во множественной литературе, посвященной вопросу изучения процессов модификации нефтяных битумов резиновой крошкой, даются конкретные практические рекомендации по технологическим режимам и составу, однако практически всегда отсутствует информация о том, что выступало в качестве параметра оптимизации и какие значения факторов были приняты. Объясняется это отсутствием теоретической модели, позволяющей прогнозировать эффективность того или иного принятого технологического процесса.

Ключевые слова: резинобитумное вяжущее, модификация, совмещение, резиновая крошка.

Основной задачей модификации битумов резиновой крошкой является улучшение их физико-химических свойств. При этом особое внимание уделяется расширению интервала пластичности, адгезионных и когезионных характеристик резинобитумных вяжущих [1–10]. В то же время, несмотря на то, что все авторы утверждают о наличии эффекта модификации, величина этого эффекта различная. Это, вполне вероятно, обуславливается влиянием различных факторов в каждом конкретном случае. В качестве факторов выступают состав дисперсионной среды, температура термомеханического процесса совмещения, размер, удельная поверхность частиц и химический состав резиновой крошки, конструкция и скорость вращения смесителя, время термомеханического процесса, рецептура и другие. Таким образом, наличие большого количества разнообразных факторов и предопределяет неоднозначность результатов. Чтобы можно было дать объяснение всем этим различиям, необходимо разработать теоретическую модель процесса совмещения резиновой крошки с нефтяным битумом. Одной из важнейших характеристик этой модели выступает параметр оптимизации.

В работе [11] выстроено предположение о том, что модифицирующий эффект достигается за счет высвобождаемого из резиновой крошки каучука. При этом существует оптимальное время процесса совмещения резиновой крошки с нефтяным битумом, при котором количество высвободившегося каучука, с учетом параллельно протекающего процесса его деструкции, имеет экстремум. В этом случае резинобитумные вяжущие должны обладать наилучшими физико-химическими характеристиками.

Однако остаются нерешенными несколько вопросов: все ли характеристики резинобитумных вяжущих имеют наилучшие значения, а если не все имеют экстремум, то какие характеристики необходимо рассматривать.

В статье [12] приведены результаты определения физико-химических свойств резинобитумных вяжущих при заданных факторах в зависимости от длительности термомеханического процесса совмещения резиновой крошки с пластифицированным нефтяным битумом. Произведя анализ представленных зависимостей, можно утверждать, что экстремум имеют (в случае экстраполяции должны иметь) только три зависимости: температуры размягчения по кольцу и шару, температуры размягчения по кольцу и шару после прогрева и температуры хрупкости по Фраасу от времени совмещения резиновой крошки с нефтяным битумом. Две из них, а именно зависимости температуры размягчения по кольцу и шару и температуры хрупкости по Фраасу от времени совмещения резиновой крошки с нефтяным битумом, определяют интервал пластичности резинобитумного вяжущего, а значит, по ним можно определить оптимальное время термомеханического процесса совмещения резиновой крошки с нефтяным битумом. Данная зависимость представлена на рисунке 1.

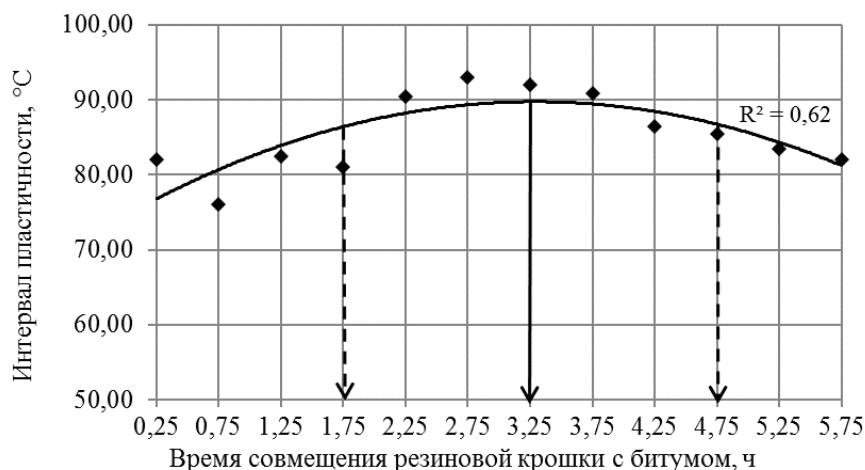


Рисунок 1 – Зависимость интервала пластичности резинобитумного вяжущего от времени совмещения резиновой крошки с нефтяным битумом.

Анализ зависимости показывает, что при заданных факторах эксперимента оптимальное время совмещения резиновой крошки с нефтяным битумом составляет 3,25 часа. Изменение времени в большую или меньшую стороны ведет к снижению интервала пластичности резинобитумного вяжущего, однако это изменение незначительно. Если принять, что допустимое снижение интервала пластичности резинобитумного вяжущего по сравнению с экстремумом может составлять 5 %, то можно получить допустимый интервал времени совмещения резиновой крошки с нефтяным битумом, составляющий $3,25 \pm 1,50$ часа.

Из теоретических исследований [11] известна зависимость общего объема образованного каучука от продолжительности процесса совмещения резиновой крошки с нефтяным битумом при различном обобщенном показателе $\sigma_{\text{раств}}$, зависящем от факторов. Если в этой зависимости объем образованного каучука заменить интервалом пластичности резинобитумного вяжущего, то общий ее вид не изменится (рисунок 2, линиями со стрелками показано оптимальное время, а засечками – нижние и верхние границы допустимого времени совмещения резиновой крошки с нефтяным битумом). Возможность замены объема образованного каучука интервалом пластичности резинобитумного вяжущего при сохранении общего вида зависимости обусловлено тем, что каучук имеет более высокую температуру размягчения и низкую температуру хрупкости по сравнению с нефтяными битумами, в связи с чем увеличение содержания каучука в составе резинобитумных вяжущих ведет к увеличению интервала пластичности композита.

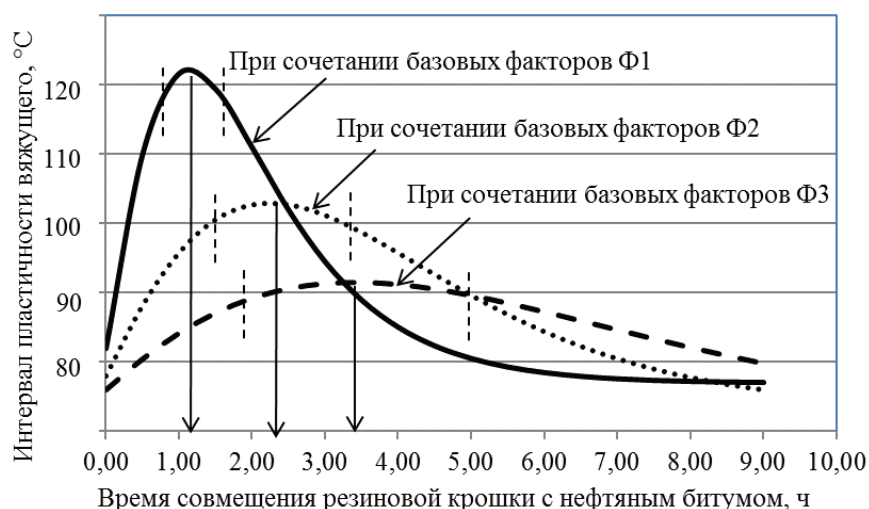


Рисунок 2 – Зависимость интервала пластичности резинобитумного вяжущего от времени совмещения резиновой крошки с нефтяным битумом при различном сочетании базовых факторов.

Если на рисунке 2 соединить точки экстремумов, а также точки, располагающиеся на пересечении линий зависимостей с засечками, то можно получить зависимости интервала пластичности резинобитумного вяжущего и допустимого отклонения времени от оптимального времени совмещения резиновой крошки с нефтяным битумом (рисунок 3).

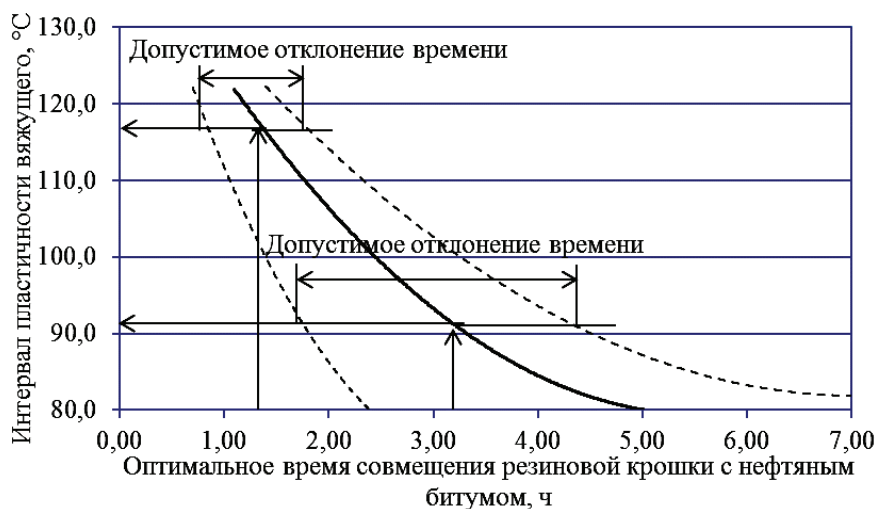


Рисунок 3 – Общий вид зависимости интервала пластичности резинобитумного вяжущего и допустимого отклонения времени от оптимального времени совмещения резиновой крошки с нефтяным битумом.

Анализ представленных зависимостей позволяет сделать несколько выводов:

1. В качестве параметра оптимизации термомеханического процесса совмещения резиновой крошки с нефтяным битумом целесообразно назначить интервал пластичности резинобитумного вяжущего, при этом в качестве интегрального фактора выступает оптимальное время процесса совмещения резиновой крошки с нефтяным битумом.

2. При каждом сочетании базовых факторов (состав дисперсионной среды, температура термомеханического процесса совмещения, размер, удельная поверхность частиц и химический состав резиновой крошки, конструкция и скорость вращения смесителя, рецептура) существует оптимальное значение зависящего от них интегрального фактора.

3. Чем меньше оптимальное время совмещения резиновой крошки с нефтяным битумом, тем меньше допустимые отклонения от него и больший интервал пластичности резинобитумного вяжущего можно достигнуть.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Effects of mixture design variables on rubber-bitumen interaction: properties of dry mixed rubberized asphalt mixture [Текст] / A. I. B. Farouk, N. A. Hassan, M. Z. H. Mahmud [et al] // Materials and Structures. – 2017. – Volume 50, Issue 1. – P. 97–103.
2. Mull, M. A. Fracture resistance characterization of chemically modified crumb rubber asphalt pavement [Текст] / M. A. Mull, K. Stuart, A. Yehia // Journal of Materials Science. – 2002. – Vol. 37. – P. 557–566.
3. Kim, H. Rheology investigation of crumb rubber modified asphalt binders [Текст] / H. Kim, S. Lee, S. Amirkhani // KSCE Journal of Civil Engineering. – 2010. – Vol. 14. – P. 839–843.
4. Morrison, G. R. A new look at rubber-modified asphalt binders [Текст] / G. R. Morrison, S. A. M. Hesp // Journal of Materials Science. – 1995. – Vol. 30. – P. 2584–2590.
5. Chuan, X. Optimization of technical measures for improving high-temperature performance of asphalt-rubber mixture [Текст] / X. Chuan, L. Tianqing, Q. Yanjun // Journal of Modern Transportation. – 2013. – Vol. 21. – P. 273–280.
6. Shakir, S. Asphalt Rubber Interlayer Benefits in Minimizing Reflective Cracking of Overlays over Rigid Pavements [Текст] / S. Shakir, P. Jorge, M. Manuel // 7th RILEM International Conference on Cracking in Pavements : Mechanisms, Modeling, Testing, Detection and Prevention Case Histories / A. Scarpas, N. Kringos, I. Al-Qadi, A. Loizos (Eds.). – 2012. – Vol. 4. – P. 1157–1167.
7. Characteristics of desulfurized rubber asphalt and mixture [Текст] / M. Tao, Z. Yongli, H. Xiaoming, Z. Yao // KSCE Journal of Civil Engineering. – 2016. – Vol. 20. – P. 1347–1355.

8. Hicks, R. G. Evaluation of Terminal Blend Rubberized Asphalt in Paving Applications [Текст] : Report Number: CP2C-2010 – 102TM Technical Memo / R. G. Hicks, D. Cheng, T. Duffy. – Chico, California : California Pavement Preservation Center, 2010. – 76 p.
9. Crumb rubber blends in noise absorption study [Текст] / H. Zhu, C. Liu, K. Tom, T. Norasit // Materials and Structures. – 2008. – Vol. 41. – P. 383–390.
10. Juan, G. Black curves and creep behavior of crumb rubber modified binders containing warm mix asphalt additives [Текст] / G. Juan, A. Ana, G. Felice // Mechanics of Time-Dependent Materials. – 2016. – Vol. 20. – P. 389–403.
11. Шабаев, С. Н. Исследование влияния технологического режима получения композиционных резинобитумных вяжущих на их свойства [Текст] / С. Н. Шабаев, С. А. Иванов // Приволжский научный журнал. – 2016. – № 3. – С. 53–62.
12. Шабаев, С. Н. Теоретические основы моделирования процесса модификации битумов резиновой крошкой [Текст] / С. Н. Шабаев // Приволжский научный журнал. – 2016. – № 4. – С. 66–75.

Получено 06.04.2017

С. М. ШАБАЄВ

РАЦІОНАЛІЗАЦІЯ ПРОЦЕСУ З'ЄДНАННЯ ГУМОВОЇ КРИХТИ З БІТУМОМ
НАФТОВИМ ДОРОЖНІМ В'ЯЗКИМ

Кузбаський державний технічний університет імені Т. Ф. Горбачова

Анотація. У множинній літературі, присвяченій питанню вивчення процесів модифікації нафтових бітумів гумовою крихтою, даються конкретні практичні рекомендації щодо технологічних режимів і складу, проте практично завжди відсутня інформація про те, що виступало як параметр оптимізації і які значення факторів були прийняті. Пояснюється це відсутністю теоретичної моделі, що дозволяє прогнозувати ефективність того чи іншого прийнятого технологічного процесу.

Ключові слова: гумобітумне в'язуче, модифікація, суміщення, гумова крихта.

SERGEY SHABAEV

IMPROVED PRODUCTION METHOD OF THE PROCESS OF CONNECTION OF
RUBBER CRUMB WITH CONSTRUCTION BITUMEN VISCOSITY

T. F. Gorbachev Kuzbas State Technical University

Abstract. In the numerous references devoted to the study of the processes of modification of petroleum bitumen with crumb rubber, it has been given specific practical recommendations on technological regimes and composition, but there is almost always no information on what acted as an optimization parameter and what values of factors have been taken. It is explained by the absence of a theoretical model that allows one to predict the effectiveness of one or another accepted technological process.

Key words: rubber-bituminous binder, modification, combination, rubber crumb.

Шабаев Сергей Николаевич – кандидат технических наук, доцент, заведующий кафедрой автомобильных дорог и городского кадастра Кузбасского государственного технического университета имени Т. Ф. Горбачева. Научные интересы: рациональное применение гранулометрического состава вскрышных пород на технологических дорогах угольных разрезов. Модифицирование битума резиновой крошкой.

Шабаев Сергій Миколайович – кандидат технічних наук, доцент, завідувач кафедри автомобільних доріг і міського кадастру Кузбаського державного технічного університету імені Т. Ф. Горбачова. Наукові інтереси: раціональне застосування гранулометричного складу розкривних порід на технологічних дорогах вугільних розрізів. Модифікування бітумугумовою крихтою.

Shabaev Sergey – Ph. D. (Eng.), Associate Professor, Head of Roads and Urban Cadastre Department, T. F. Gorbachev Kuzbas State Technical University. Scientific interests: rational application of the granulometric composition of overburden on technological roads of coal mines. Modification of bitumen with rubber crumb.