

## ВЛИЯНИЕ ИНТЕРВАЛА ПЛАСТИЧНОСТИ БИТУМА НА ТЕРМОСТАБИЛЬНОСТЬ АСФАЛЬТОБЕТОНОВ

Канд. техн. наук **В.Е. Копылов**,  
канд. техн. наук **О.Н. Буренина**  
(Институт проблем нефти и газа СО РАН)  
Конт. информация: kopvic@gmail.com;  
bon.ipng@mail.ru

*В статье представлены результаты исследований рабочего температурного интервала битума в смеси с различными минеральными порошками и его влияние на термостабильность асфальтобетонов. Установлено, что применение минеральных порошков из природного цеолита позволяет расширить рабочий температурный интервал вяжущего, и, как следствие, повысить термостабильность асфальтобетонов.*

**Ключевые слова:** температура размягчения, температура хрупкости, рабочий температурный интервал, асфальтобетон, термостабильность.

Резко континентальный климат регионов России, находящихся в первой дорожно-климатической зоне, отличается экстремумами температур окружающего воздуха: в летний период – высокие положительные температуры, в зимний период – низкие отрицательные температуры. Материалы, применяемые при строительстве различных сооружений, должны обладать комплексом характеристик, позволяющих обеспечивать работоспособность сооружения на весь период эксплуатации.

Дорожные покрытия на основе асфальтовых бетонов обладают рядом положительных характеристик [1]:

- способностью хорошо воспринимать усилия, возникающие от движения автотранспортных средств, благодаря механической прочности материала;
- способностью воспринимать упругие и пластические деформации;
- способностью обеспечивать хорошее сцепление автомобильных шин с поверхностью проезжей части;
- ровностью, позволяющей обеспечить комфортность и удобство передвижения;

- гигиеничностью, позволяющей без особых трудозатрат их очищать;
- способностью поглощать колебания, благодаря чему они меньше разрушаются под воздействием вибрационных нагрузок;
- сравнительной простотой ремонта, а также возможностью повторного использования (ресайклинг);
- возможностью полной механизации работ при их строительстве и ремонте.

В качестве вяжущего вещества в асфальтобетонах применяется дорожный битум, от свойств которого зависит реологическое состояние покрытий. Одной из особенностей битумов является их способность сохранять свои свойства не только при повышенных положительных температурах, но и при отрицательной температуре окружающего воздуха.

В период с 01.02.2005 г. по 30.01.2019 г. на территории г. Якутска зарегистрированы следующие экстремумы температуры окружающего воздуха:  $-51,6^{\circ}\text{C}$  (19.01.2006 г.) и  $+38,0^{\circ}\text{C}$  (17.07.2011 г.) [2]. Таким образом, согласно формулам [3], минимально возможная температура дорожного покрытия составляет  $-42,6^{\circ}\text{C}$ , а максимально возможная температура –  $+61,5^{\circ}\text{C}$  ( $\Delta = 104,1^{\circ}\text{C}$ ). Подобная разница температур требует от вяжущего соответствующего рабочего температурного интервала.

Рабочим температурным интервалом (интервалом пластичности) принято называть такой температурный интервал, в пределах которого вяжущее остается в вязко-пластичном состоянии. Рабочий температурный интервал определяется как сумма температуры размягчения битума по кольцу и шару (КиШ) и температуры хрупкости по Фраасу, взятой по модулю [4].

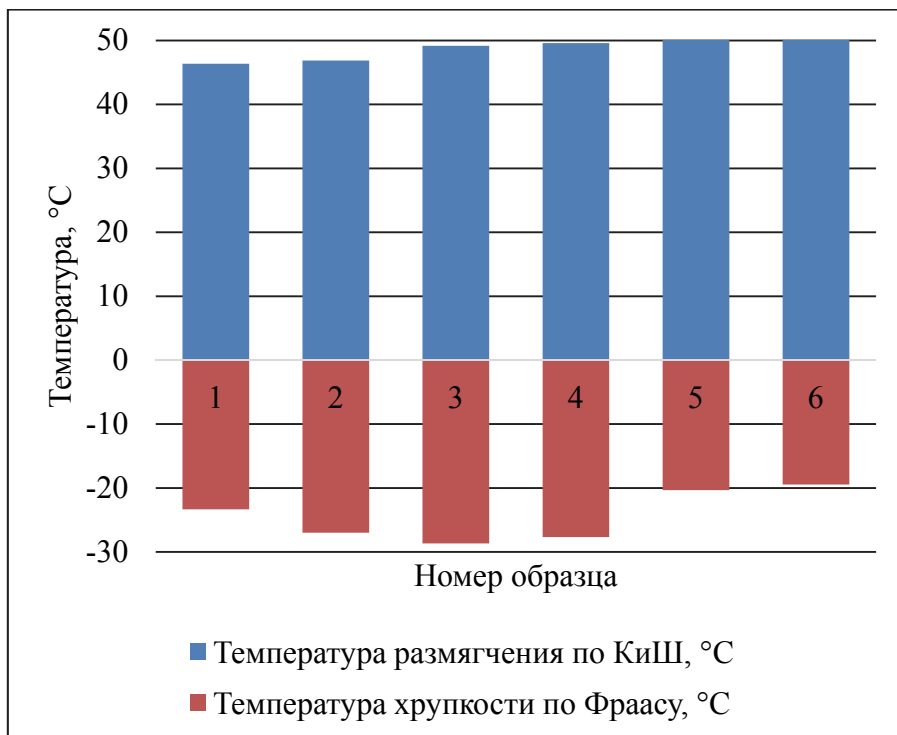
При смешении битума с минеральным порошком образуется асфальтовяжущее вещество (АВВ). При этом битум переходит из объемного состояния в состояние «тонких пленок», в котором он характеризуется повышенной вязкостью и прочностью. Кроме этого, происходит расширение рабочего температурного интервала [5, 6].

В ранее проведенных исследованиях была доказана перспективность применения минеральных порошков из местного минерального сырья Республики Саха (Якутия) – природных цеолитов и отходов бурого угольной промышленности [7].

Для установления зависимости изменения свойств асфальтобетонных от изменения свойств асфальтового вяжущего вещества было составлено 5 рецептур асфальтовяжущих веществ с применением различных минеральных порошков:

- известнякового минерального порошка;
- минерального порошка (МП) из природного цеолита (в активированном и диспергированном состояниях);
- минерального порошка из бурого угля (в активированном и диспергированном состояниях).

Рабочий температурный интервал исходного битума составил 69,71 °С, АВВ с известняковым минеральным порошком – 73,88 °С, с минеральным порошком из природного цеолита в диспергированном состоянии – 77,83 °С и 77,27 °С – в активированном, с минеральным порошком из бурого угля диспергированном состоянии – 72,80 °С и 71,02 °С – в активированном (**рис. 1**).



**Рис. 1. Рабочий температурный интервал смеси минерального порошка с битумом**

*1 – исходный битум БНД 90/130; 2 – смесь с известняковым МП; 3 – смесь с МП из цеолита; 4 – смесь с МП из цеолита (механоактивированного); 5 – смесь с МП из бурого угля; 6 – смесь с МП из бурого (механоактивированного) угля*

Из **рис. 1** видно, что минеральные порошки из местного минерального сырья оказывают лучшее структурирующее воздействие на битум по сравнению с традиционным известняковым минеральным по-

рошком. Так, температура размягчения по КиШ при использовании цеолита увеличивается на 2,79 °С и 3,22 °С для порошков в диспергированном и механоактивированном состояниях соответственно, по сравнению с исходным битумом. Природный цеолит в диспергированном состоянии позволяет расширить рабочий температурный интервал вяжущего на 11,65 %, в активированном состоянии – на 10,84 %.

Использование бурого угля позволяет увеличить температуру размягчения по КиШ на 6,09 °С и 5,19 °С для порошков в диспергированном и механоактивированном состояниях соответственно. Однако температура хрупкости при этом повышается. Установлено, что применение бурого угля в диспергированном состоянии способствует увеличению рабочего температурного интервала на 4 %, в активированном состоянии – на 1,82 %.

В ходе исследования были изготовлены образцы асфальтобетонов типа Б марки II в соответствии с ГОСТ 9128-2013. Определение физико-механических характеристик образцов асфальтобетонов проводилось в соответствии с ГОСТ 12801-98. Основное внимание было уделено определению прочности при сжатии образцов при температурах 0 °С и 50 °С, т.е. при граничных условиях с минимальной и максимальной температурой, регламентируемой нормативным документом (табл. 1).

**Таблица 1**

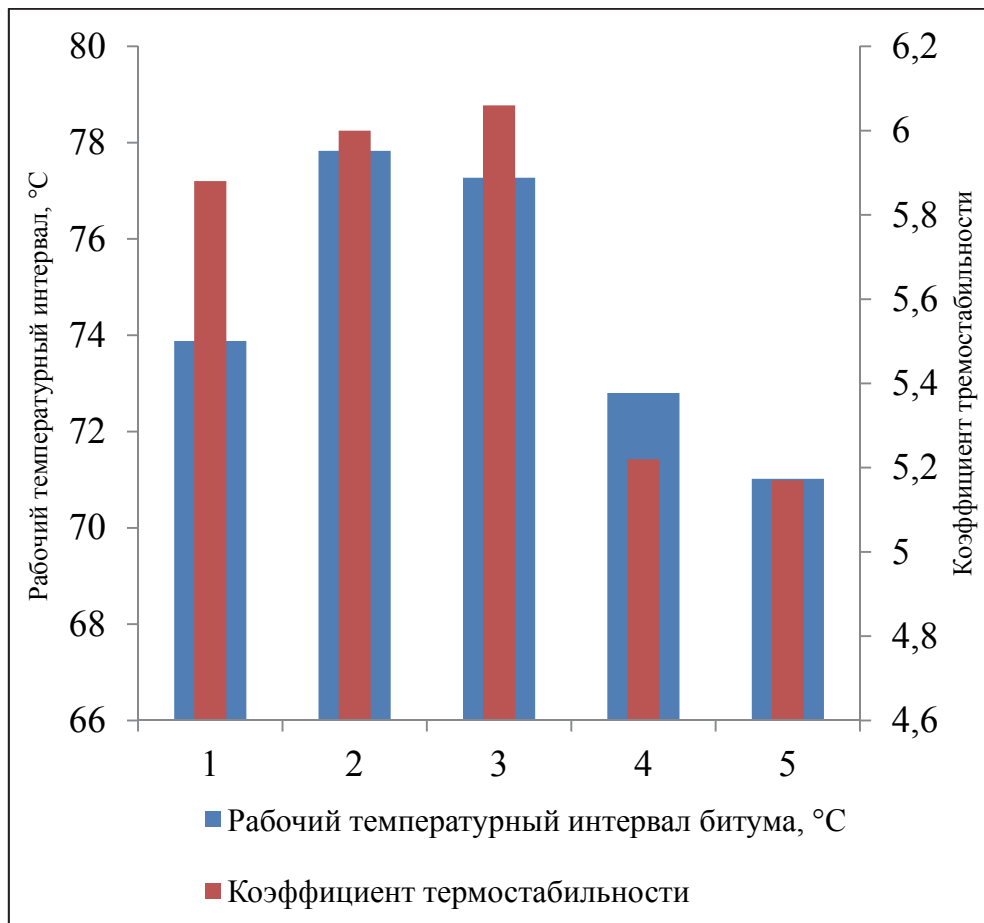
*Предел прочности при сжатии асфальтобетонных образцов при 0 °С и 50 °С*

<i>Наименование</i>	<i>Минеральный порошок</i>				
	<i>известняковый</i>	<i>из природного цеолита</i>	<i>из природного цеолита (МА)</i>	<i>из бурого угля</i>	<i>из бурого угля (МА)</i>
<i>Предел прочности при сжатии, МПа, при температуре:</i>					
<i>50 °С</i>	1,01	1,19	1,2	0,91	0,93
<i>0 °С</i>	5,94	7,14	7,27	4,75	4,81
<i>Коэффициент термостабильности, R<sub>0</sub>/R<sub>50</sub></i>	5,88	6,00	6,06	5,22	5,17

*Примечание: МА – механоактивированный*

Установлено, что асфальтобетоны с применением минерального порошка из природного цеолита обладают повышенным коэффициентом

том термостабильности  $R_0/R_{50}$  по сравнению с асфальтобетоном на известняковом минеральном порошке. Что касается составов образцов с бурым углем, наблюдается обратная картина – коэффициент термостабильности снижен по сравнению с контрольной группой образцов.



**Рис. 2. Зависимость коэффициента термостабильности асфальтобетона от рабочего температурного интервала вяжущего:**

1 – образцы с известняковым МП; 2 – образцы с МП из цеолита;

3 – образцы с МП из цеолита (механоактивированного);

4 – образцы с МП из бурого угля;

5 – образцы с МП из бурого угля (механоактивированного)

Сопоставляя данные, представленные на **рис. 2**, можно сделать вывод, что термостабильность асфальтобетона зависит от рабочего температурного интервала. Установлено, что применение минеральных по-

рошков из природного цеолита позволяет расширить рабочий температурный интервал вяжущего. Асфальтобетоны с цеолитом в своем составе отличаются улучшенной термостабильностью, что, несомненно, важно для их эксплуатации в экстремальных условиях Якутии.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Гезенцевей Л.Б. Дорожный асфальтобетон / Л.Б. Гезенцевей, Н.В. Горельшев, А.М. Богуславский, И.В. Королев; под. ред. Л.Б. Гезенцевей. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Транспорт, 1985. – 350 с.
2. Архив погоды в г. Якутске (с 01.02.2005 по 06.02.2019) – Электрон. текстовые данные. – Режим доступа: [https://rp5.ru/Архив\\_погоды\\_в\\_Якутске](https://rp5.ru/Архив_погоды_в_Якутске) (дата обращения: 22.01.2019).
3. Кирюхин Г.Н. Температурные режимы работы асфальтобетонных покрытий автомобильных дорог / Г.Н. Кирюхин // Дороги и мосты. – 2013. – № 30/2. – С. 309-328.
4. Гун Р.Б. Нефтяные битумы / Р.Б. Гун. – М.: Химия, 1973. – 432 с.
5. Сахаров П.В. Способы проектирования асфальтобетонных смесей / П.В. Сахаров // Транспорт и дороги города. – 1935. – №12. – С. 22-26.
6. Горельшев Н.В. Асфальтобетон и другие битумоминеральные материалы / Н.В. Горельшев. – М.: Можайск – Терра, 1995. – 176 с.
7. Копылов В.Е. Минеральное сырье Республики Саха (Якутия) для производства асфальтобетонов / В.Е. Копылов, О.Н. Буренина // Интернет-журнал «Науковедение». – 2016. – Т 8. – № 1. – Режим доступа: <http://naukovedenie.ru/PDF/47TVN116.pdf>. (дата обращения: 22.01.2019).

## LITERATURA

1. Gezencvej L.B. Dorozhnyj asfal'tobeton / L.B. Gezencvej, N.V. Gorelyshev, A.M. Boguslavskij, I.V. Korolev; pod. red. L.B. Gezencveya. – 2-e izd., pererab. i dop. – M.: Transport, 1985. – 350 s.
2. Arhiv pogody v g. Yakutske (s 01.02.2005 po 06.02.2019) – Elektron. tekstovye dannye. – Rezhim dostupa: [https://rp5.ru/Arhiv\\_pogody\\_v\\_Yakutske](https://rp5.ru/Arhiv_pogody_v_Yakutske) (data obrashcheniya: 22.01.2019).
3. Kiryuhin G.N. Temperaturnye rezhimy raboty asfal'tobetonnyh pokrytij avtomobil'nyh dorog / G.N. Kiryuhin // Dorogi i mosty. – 2013. – № 30/2. – S. 309-328.
4. Gun R.B. Neftyanye bitumy / R.B. Gun. – M.: Himiya, 1973. – 432 s.
5. Saharov P.V. Sposoby proektirovaniya asfal'tobetonnyh smesey / P.V. Saharov // Transport i dorogi goroda. – 1935. – №12. – S. 22-26.

6. Gorelyshev N.V. *Asfal'tobeton i drugie bitumomineral'nye materialy* / N.V. Gorelyshev. – M.: Mozhajsk – Terra, 1995. – 176 s.
7. Kopylov V.E. *Mineral'noe syr'e Respubliki Saha (Yakutiya) dlya proizvodstva asfal'tobetonov* / V.E. Kopylov, O.N. Burenina // *Internet-zhurnal «Naukovedenie»*. – 2016. – T 8. – № 1. – Rezhim dostupa: <http://naukovedenie.ru/PDF/47TVN116.pdf>. (data obrashcheniya: 22.01.2019).

---

**INFLUENCE OF BITUMEN PLASTICITY INTERVAL  
ON ASPHALT CONCRETE THERMAL STABILITY**

*Ph. D. (Tech) V.E. Kopylov,  
Ph. D. (Tech) O.N. Burenina  
(Institute of oil and gas problems of Siberian branch  
Russian Academy of Sciences)  
Contact information: kopvic@gmail.com;  
bon.ipng@mail.ru*

*The article presents the research results concerning the operating temperature interval of the bitumen in a mixture with various mineral powders and its effect on the thermal stability of asphalt concrete. It is revealed that the use of natural zeolite mineral powders allows to extend operating temperature range of binder, and, as a result, to increase thermal stability of asphalt concrete.*

**Key words:** *softening temperature, fragility temperature, operating temperature range, asphalt concrete, thermal stability.*

---

Рецензент: заведующий центральной испытательной лабораторией  
С.Н. Стук (ФАО «РОСДОРНИИ»).

Статья поступила в редакцию: 07.02.2019 г.