

## УСТОЙЧИВОСТЬ МОДИФИЦИРОВАННЫХ ВЯЖУЩИХ НА ОСНОВЕ ОКИСЛЕННЫХ И ОСТАТОЧНЫХ БИТУМОВ К ТЕРМОДЕСТРУКЦИИ

<sup>1</sup>М.А. Высоцкая, <sup>2</sup>С.Ю. Шеховцова, <sup>1</sup>А.Г. Обухов, <sup>1</sup>Ю.Ю. Есипова  
<sup>1</sup>БГТУ им. В.Г. Шухова, г. Белгород, Россия;  
<sup>2</sup>НИУ МГСУ, г. Москва, Россия

### АННОТАЦИЯ

В работе произведен сравнительный анализ влияния способа получения нефтяных дорожных битумов на стабильность их структуры. Оценка стабильности производилась посредством изучения сопротивления структуры деструктивным процессам. Рассмотрены основные особенности термоокислительных процессов старения, происходящие в окисленных и остаточных компаундированных дорожных битумах. Моделирование термоокислительного процесса старения осуществляли по методу TFOT. Изучение деградации вяжущих производили в течение длительного промежутка времени, оценку деструктивных процессов в битумах, полученных различным путем, проводили посредством дифференциального метода. Установлены характеры изменения свойств битумов после старения. Изучен вклад исходного сырья (окисленный и остаточный битумы) полимерно-битумного вяжущего на его устойчивость к термоокислительному старению. Комплексное влияние исходного сырья на свойства, характеризующие качество модифицированного вяжущего и на его сопротивляемость к деструкции, производили с применением метода многокритериальной оптимизации. Разработаны частные критерии качества, учитывающие структурную чувствительность к деструкции и направленность изменений свойств, модифицированного полимером после термоокислительного старения. Оптимизация проводилась по обобщенному критерию стабильности структуры, вид которого учитывает особенности оптимизируемого объекта и направленность изменения свойств.

**КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:** остаточные и окисленные битумы, термоокислительное старение, термодеструкция, полимерно-битумное вяжущее, критерий стабильности структуры, оптимизация.

### ВВЕДЕНИЕ

Эксплуатационные показатели покрытий автомобильных дорог напрямую зависят от свойств органических вяжущих, подверженных неизбежным структурным изменениям: переходу из жидкообразных дисперсных смол в коагуляционную структуру асфальтенов с последующим развитием их жесткой пространственной структуры. Следует отметить, что процесс развития коагуляционной структуры происходит медленно, не требует большой энергии активации и протекает при небольших температурах. Тогда как для процессов формирования и развития жесткой пространственной структуры асфальтенов требуются высокие температуры, в связи с большой энергией активации, и развиваются они интенсивно [1]. Стоит отметить, что температуры, используемые в технологических операциях подогрева и перемешивания органического вяжущего с минеральным материалом, являются достаточными для интенсификации этого процесса.

Старение битума является одной из главных причин появления на дорожном покрытии трещин при пониженных температурах, усталостного трещинообразования, шелушений и выбоин, приводящих к преждевременному разрушению покрытия автомобильной дороги и перерасходу инвестиций, необходимых для ремонта. Таким образом, надежность и долговечность автомобильных дорог с длительным сроком службы и возможностью сокращения стоимости технического обслуживания напрямую связаны с качеством используемого органического вяжущего.

Основополагающее значение для качества дорожных покрытий из асфальтобетонов имеет процесс получения дорожного битума. В европейских странах основным сырьем для изготовления дорожных битумов служит остаток перегонки нефти, полученный при достаточно высоком давлении, в результате чего получают неокисленные вяжущие. Также для их получения используют прием компаундирования нефтяных остатков [2, 3, 4]. В Российской Фе-

дерации повсеместно реализуется процесс глубокого окисления гудронов, причем ему подвергаются нефти различных месторождений и составов. Это ведет к нестабильности перерабатываемого сырья, является негативным фактором на пути получения качественного продукта для дорожной отрасли и дополнительно усложняет контроль выпускаемого окисленного битума. Получение такого битума с химической позиции является процессом окислительного дегидрирования радикального типа, неминуемо ведущим в большей или меньшей степени к образованию пачечных структур асфальтенов (графитоподобных кристаллических структур). Увеличение содержания данных структур приводит к формированию грубодисперсных асфальтенов, что является негативным фактором, приводящим к старению битума, и, как следствие, ухудшению его свойств, таких как пластичность, эластичность, адгезия к минеральному наполнителю любого типа, что неминуемо приводит к преждевременному разрушению покрытий автомобильных дорог [5,6].

Как известно, процессы старения протекают на всех стадиях использования битума: хранение, транспортировка, приготовление асфальтобетонной смеси и ее укладка, а также весь жизненный цикл работы в составе дорожного композита. Важно отметить, что процессы старения битума начинаются уже на стадии получения самого продукта. Поэтому актуальным направлением в улучшении качества битума является ингибирование деструктивных процессов на стадии его производства. Добиться этого можно за счет использования «щадящих» условий приготовления, к числу которых относится компаундирование остаточных продуктов переработки нефтей: гудронов, крекинг-остатков, асфальтов деасфальтаци, экстрактов очистки масел и т.д. [7,8].

#### **МЕТОДЫ И МАТЕРИАЛЫ**

В работе произведен сравнительный анализ влияния способа получения битумов на стабильность их структуры. Рассматривались битум компаундированный неокисленный БКН 130/200, полученный в результате компаундирования остаточных продуктов переработки нефти и битум БНД 90/130 производства ОАО «Славнефть-Янос» (Нижний Новгород), полученный глубоким окислением гудрона. Ввиду того что битум неокисленный, в соответствии с «классическими» представлениями [8, 9, 10, 11], характеризуется высокой стойкостью к деструктивным процессам, для ужесточения условий эксперимента было выбрано вяжущее, содержащее в своем составе преобладающую

мальтеновую часть, которая более подвержена негативному воздействию термической обработки.

Стабильность структуры битума наиболее полно характеризуется ее сопротивлением деструктивным процессам – старению, которое сопровождается разрывом слабоустойчивых структурных связей, и, как следствие, ухудшением всего комплекса свойств.

Известно два основных механизма, инициирующих процессы старения органического вяжущего: термоокислительный и фотоокислительный. Наиболее агрессивным фактором, способствующим интенсивному старению вяжущего, принято считать термоокисление [9]. Смоделировать его можно посредством метода TFOT, который позволяет оценивать степень старения битума во время приготовления асфальтобетонной смеси.

В работе оценку деструктивных процессов в вяжущих, полученных различным путем, производили методом сравнения их характеристик до и после термоокислительного старения.

Моделирование процессов старения производили в печи, внутри которой находится пластина с вращающейся осью. Вяжущее нагревалось до текучего состояния, после этого навеска ( $50 \pm 0,5$  г) выливалась в чаши из нержавеющей стали с внутренним диаметром 140 мм, толщина битумной пленки при этом составляла около 3,2 мм. Затем производился нагрев битума в течение 5 ч при температуре  $163 \pm 0,1$  °С. После чего определялись показатели: температура размягчения, пенетрация при 0 и 25 °С.

#### **РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ**

Учитывая, что согласно современным представлениям [8, 9, 10, 11], неокисленные битумы характеризуются повышенной сопротивляемостью деструктивным процессам при повышенных температурах, представляло интерес изучение деградации вяжущих в течение длительного промежутка времени. Динамику изменения свойств вяжущих оценивали в течение 40 ч прогрева, с шагом эксперимента 5 ч, результаты представлены на рисунках 1,2.

В результате аппроксимации полученных результатов (рис. 1, 2) было установлено, что динамика изменения свойств у БКН 130/200 имеет линейный характер, что характеризует его как более стабильный продукт, в отличие от БНД 90/130, где изменения свойств носят логарифмический и полиномиальный характер и сопровождаются локальными скачками свойств в определенные промежутки термостатирования, что говорит о нестабильно-

### РАЗДЕЛ III. СТРОИТЕЛЬСТВО И АРХИТЕКТУРА

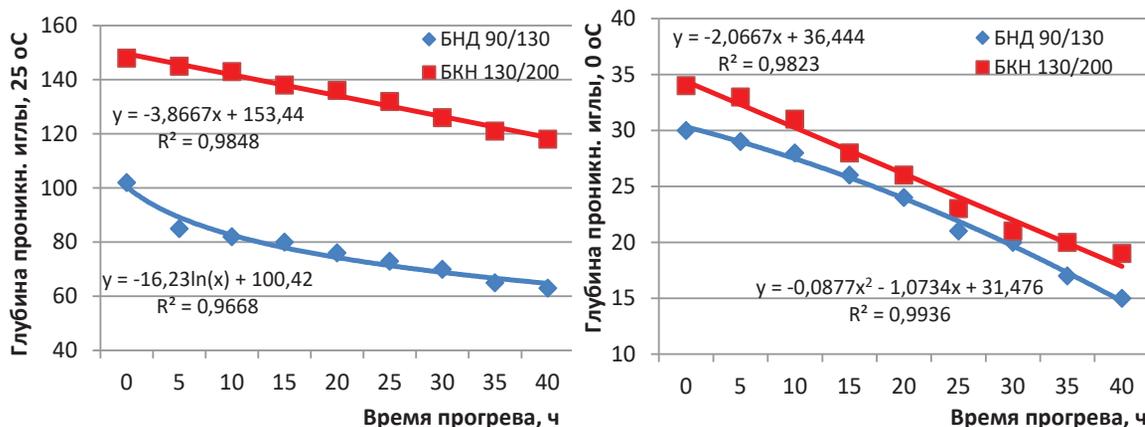


Рисунок 1 – Динамика изменения пенетрации вяжущих от времени термостатирования, определенная при температурах: а) 25 оС; б) 0 оС  
Illustration 1 – Dynamics of the astringents penetration from the thermostating time, determined at temperatures: а) 25 C; б) 0 C

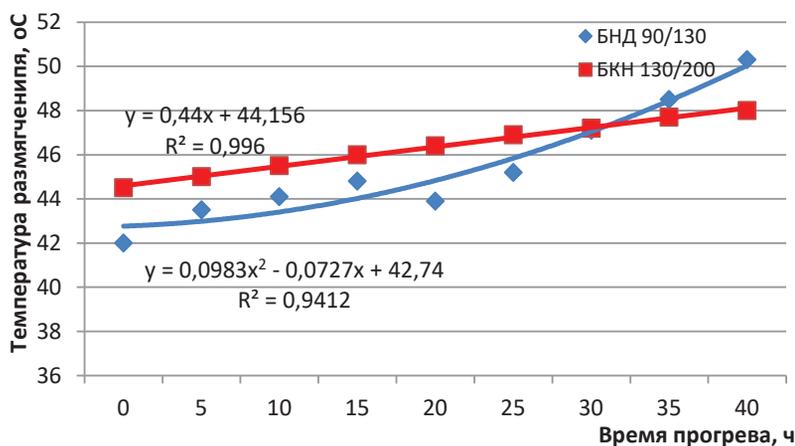


Рисунок 2 – Динамика изменения температуры размягчения вяжущих от времени термостатирования  
Illustration 2 – Dynamics of the softening temperature of astringents from the time of thermostating

сти структуры и слабом ее сопротивлении деструктивным процессам. Кроме того, БКН 130/200 характеризуется замедленным темпом прироста показателей свойств в результате 40-часового прогрева. Так, пенетрация при 25 °С изменилась на 20%, тогда как в БНД 90/130 на 38%. При изучении пенетрации при 0 °С было установлено следующее незначительное изменение: для БКН 130/200 – 50%, для БНД 90/130 – 47%. При изучении температуры размягчения это изменение составило 7% для БКН 130/200, против 20 % для БНД 90/130, что позволяет говорить об ингибировании термического и окислительного процессов в тяжелых компонентах нефтяного сырья неокисленных битумов и, соответственно, замедлении фазового перехода мелкодисперсных частиц в грубодисперсные асфальтены,

накопление которых сопровождается старением вяжущего.

Однако стоит отметить, что в дорожном строительстве «чистый» битум уже практически не используют, ввиду его неспособности «противостоять» всевозрастающим нагрузкам на дорожное полотно, что приводит к преждевременному разрушению покрытия. В связи с чем существует острая необходимость улучшения качества вяжущего материала, для чего используется различное множество рецептурно-технологических приемов [12 – 24]. Проведенные исследования продемонстрировали, что использование полимерных материалов для улучшения качества битума [15 – 24], является наиболее рациональным решением при выборе из множества существующих модификаторов. Так, полимерно-модифици-

Таблица 1  
ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ ПБВ-60  
Table 1  
PHYSICAL AND MECHANICAL WSP STRUCTURE 60 INDEXES

Наименование показателя	ГОСТ 52056-2003 ПБВ-60	Исходные		Время термостатирования, ч			
				5		9	
		ПБВ №1	ПБВ №2	ПБВ №1	ПБВ №2	ПБВ №1	ПБВ №2
Глубина проникания иглы 0,1 мм, при 250С при 00С	60 32	75 23	81 33	70 22	74 29	68 18	63 20
Температура хрупкости, 0С	-20	-22	-22	-21	-19	-19	-16
Температура размягчения, 0С	54	79	68	82	74	84	77
Однородность	Одн.	Одн.	Одн.	Одн.	Одн.	Одн.	Одн.
Растяжимость, см $\Delta\Delta_L$ , при 250С при 00С	25 11	93 15	68 19	87 12	58 15	71 6	44 9
Эластичность, % $\Delta\Delta_L$ , при 250С при 00С	80 70	93 74	89 75	95 72	90 70	95 69	67 68

рованное вяжущее характеризуется: улучшением эластопластических характеристик, повышенным сопротивлением усталостным разрушениям материала и старению. И тут возникает закономерный вопрос, достаточно ли для улучшения сопротивления вяжущего процессам деструкции только полимерного модификатора или необходимы дополнительные факторы.

Для ответа на этот вопрос было рассмотрено два вида полимерно-модифицированных вяжущих, различие в которых составило исходное сырье. В первом случае полимерно-битумное вяжущее готовилось на битуме БКН 130/200 (ПБВ №1), во втором – на БНД 90/130 (ПБВ №2). В качестве полимерного модификатора использовался термоэластопласт бутадиен-стирольный марки СБС Л 30-01А, представляющий собой продукт блок сополимеризации стирола и бутадиена в растворе углеводородов в присутствии литийорганического катализатора с размером частиц менее 0,5 мм. Содержание полимера, согласно предварительному подбору в обоих случаях, для получения ПБВ 60, отвечающего тре-

бованиям ГОСТ 52056-2003 [25], составило 3,7%. Приготовление ПБВ осуществлялось по стандартной технологии. Требования к технологическим параметрам производства ПБВ изложены в [25,26], согласно которым, температура приготовления и хранения не должна превышать 160 °С, а продолжительность хранения – не более 8 ч. Поэтому представляло интерес изучить термоустойчивость образцов ПБВ 60 в течение 5 и 9 ч прогрева.

Физико-механические свойства исходного и состаренного ПБВ 60 представлены в таблице 1.

Оценку комплексного влияния исходного сырья на свойства, характеризующие качество конечного материала – ПБВ 60, и на его сопротивляемость к деструкции, производили с применением метода многокритериальной оптимизации [27]. Для установления вклада и влияния исходного сырья ПБВ 60 на его устойчивость к термоокислительным процессам, были разработаны, по изменению показателей свойств вяжущих после термостатирования, частные критерии качества, отражающие чувствительность структуры ПБВ 60 к деструкции.

### РАЗДЕЛ III. СТРОИТЕЛЬСТВО И АРХИТЕКТУРА

Критерий текучести, характеризующий изменение глубины проникания иглы (пенетрации) при температурах 25 и 0 °С после старения ПБВ 60, а также учитывающий изменение интервала текучести (разница значений пенетрации при температуре 25 °С и 0 °С) после старения, рассчитывали по формуле:

$$k_T = 1 - \frac{\Delta P'}{\Delta P} \cdot \frac{P_{25} - P'_{25}}{P_{25}} \cdot \frac{P_0 - P'_0}{P_0}, \quad (1)$$

где  $\Delta P' = \frac{P'_{25} - P'_0}{P'_{25}}$  и  $\Delta P = \frac{P_{25} - P_0}{P_{25}}$ ;

$P'_{25}$  и  $P'_0$  – глубина проникания иглы состаренного ПБВ при температурах 25 и 0 °С соответственно, 0,1 см;

$P_{25}$  и  $P_0$  – глубина проникания иглы исходного ПБВ при температурах 25 и 0 °С соответственно.

Критерий пластичности, учитывающий изменение температуры хрупкости и размягчения после старения, рассчитывали по формуле

$$k_{\Pi} = \frac{T'_p + |T'_{xp}|}{T_p + |T_{xp}|}, \quad (2)$$

где  $T'_p$  и  $T'_{xp}$  – температуры размягчения и хрупкости состаренного ПБВ, соответственно °С;  $T_p$  и  $T_{xp}$  – температуры размягчения и хрупкости исходного ПБВ, соответственно °С.

Критерий дуктильности, учитывающий изменение растяжимости ПБВ после старения, рассчитывали по формуле

$$k_D = 1 - \left( \frac{P_{25} - P'_{25}}{P_{25}} \right) \cdot \left( \frac{P_0 - P'_0}{P_0} \right), \quad (3)$$

где  $P'_i$  – растяжимость состаренного ПБВ при температурах 25 °С ( $P'_{25}$ ) и 0 °С ( $P'_0$ ), мм;  $P_i$  – растяжимость исходного ПБВ при температуре 25 °С ( $P_{25}$ ) и 0 °С ( $P_0$ ), мм.

Критерий обратимых деформаций, учитывающий изменение эластичности ПБВ после старения, рассчитывали по формуле

$$k_{OД_i} = 1 - \left( \frac{\mathcal{E}'_{25} - \mathcal{E}'_0}{\mathcal{E}'_{25}} \right) \cdot \left( \frac{\mathcal{E}_0 - \mathcal{E}'_0}{\mathcal{E}_0} \right), \quad (4)$$

где  $\mathcal{E}'_i$  – эластичность состаренного ПБВ, при температурах 25 °С ( $\mathcal{E}'_{25}$ ) и 0 °С ( $\mathcal{E}'_0$ ) %;  $\mathcal{E}_i$  – эластичность исходного ПБВ при температурах 25 °С ( $\mathcal{E}_{25}$ ) и 0 °С ( $\mathcal{E}_0$ ), %.

Результаты расчета частных критериев качества представлены в табл. 2.

Таблица 2  
Частные критерии качества ПБВ-60

Table 2  
PRIVATE QUALITY WSP STRUCTURE 60 CRITERIA

Наименование частного критерия качества	Время термостатирования, ч			
	5		9	
	ПБВ №1	ПБВ №2	ПБВ №1	ПБВ №2
$k_{\dot{O}}$	0,99	0,98	0,99	0,95
$k_{\dot{I}}$	1,01	1,03	1,01	1,03
$k_{\dot{A}}$	0,98	0,96	0,60	0,32
$k_{\dot{I}\dot{A}}$	1,00	1,00	1,00	0,97

Оптимизация проводилась по обобщенному критерию стабильности структуры, вид которого учитывает особенности оптимизируемого объекта и направленность изменения свойств после старения образцов ПБВ 60. В данной работе была использована аддитивная функция

$$F = \sqrt[n]{\prod_{i=1}^n k_i} \rightarrow \max, \quad (5)$$

В соответствии с разработанными частными критериями обобщенный критерий стабильности структур ПБВ 60, приготовленных с применением исследуемых органических вяжущих (неокисленного битума БКН 130/200 и окисленного битума БНД 90/130), будут иметь вид

$$F = \sqrt[4]{k_T \cdot k_{\Pi} \cdot k_D \cdot k_{OД}}. \quad (6)$$

Результаты расчета обобщенного критерия стабильности структуры, характеризующего устойчивость ПБВ 60 на основе БКН 130/200 и

БНД 90/130 к термодеструктивным процессам, представлены на рис. 3.

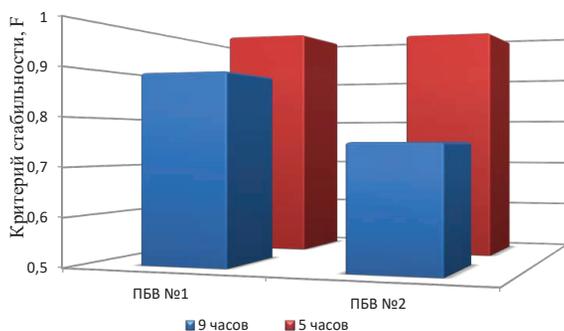


Рисунок 3 – Обобщенный критерий устойчивости структуры ПБВ 60 к термодеструктивным процессам  
Illustration 3 – Generalized criterion for the stability of the WSP structure 60to thermdestructive processes

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Анализ полученных результатов (см. рис. 3) показывает, что после 5 ч прогрева структура образцов модифицированных вяжущих: ПБВ № 1 (на основе БКН 130/200) и ПБВ № 2 (на основе БНД 90/130) осталась стабильной, изменения свойств до/после прогрева находятся в пределах 5%, о чем свидетельствует значение обобщенного критерия стабильности структуры. При более длительном термоокислительном воздействии (9 ч) видно, что в образце ПБВ на основе окисленного битума БНД 90/130 наблюдается интенсификация деструктивных процессов, сопровождающаяся ухудшением стабильности структуры на 25 %. В образце ПБВ на основе БКН 130/200 наблюдаются менее выраженные деструктивные процессы, в этом случае ухудшение устойчивости структуры составило 10 %, что свидетельствует о большей совместимости остаточного компаундированного битума с полимером и, как следствие, о формировании более устойчивой к разрушающим факторам, и стабильной структуры модифицированного вяжущего. Таким образом, установлено, что основной вклад в обеспечение устойчивости структуры полимерно-битумного вяжущего к термодеструктивным процессам вносит его основа – битум. Поэтому использование неокисленных (остаточных) битумов является перспективным направлением в улучшении качества дорожных композитов.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Поконова Ю.В. Химия высокомолекулярных соединений нефти. Л. : Изд-во Ленинградского университета, 1980. 172 с.
2. Хуснутдинов И.Ш., Копылов А.Ю., Лутфуллин М.Ф.,

Гончарова И.Н., Гаврилов В.И., Петрова Л.М., Ханова А.Г. Сопоставительный анализ неокисленных битумов, полученных различными методами // Известия высших учебных заведений. Серия: Химия и химическая технология. 2009. Т. 52. № 12. С. 80 – 84.

3. Андреев А.Ф., Марков С.В. Современное состояние и перспективы развития битумного производства в России // Проблемы экономики и управления нефтегазовым комплексом. 2009. № 7. С. 31 – 34.

4. Высоцкая М.А., Киндеев О.Н., Обухов А.Г. Неокисленные вяжущие для дорожных композитов // Мир нефтепродуктов. Вестник нефтяных компаний. 2016. № 12. С. 4 – 10.

5. Ганиева Т.Ф., Кемалов А.Ф., Фахрутдинов Р.З., Дияров И.Н. Пути повышения качества окисленных битумов // Известия высших учебных заведений. Нефть и газ. 1997. № 6. 202 с.

6. Гилязова А.А., Дезорцов С.В., Кутын Ю.А., Теляшев Э.Г., Ризванов Т.М. О некоторых особенностях реологических характеристик нефтяных окисленных битумов // В сборнике: Нефтегазопереработка-2009 Материалы Международной научно-практической конференции. Ассоциация нефтепереработчиков и нефтехимиков, ГУП «Институт нефтехимпереработки РБ». Уфа : 2009. С. 178 – 182.

7. Пустынников А.Ю., Рябов В.Г., Калимуллин Д.Т., Нечаев А.Н., Тресков Я.А. Получение компаундированных битумов улучшенного качества / Химия и технология топлив и масел. 2006. № 3. С. 26 – 28.

8. Domínguez F.J.N., García-Morales M The use of waste polymers to modify bitumen // Polymer Modified Bitumen 2011. Pp. 98–135.

9. Исраилова З.С. Влияние технологии битумов на устойчивость к старению: дис. ... канд. техн. наук: Астрахань. 2012. 187с.

10. Юрген Х., Томас В. Асфальт в дорожном строительстве. 2013. 450 с.

11. Золотарев В.А. Сравнительные исследования окисленных и остаточных битумов и ПБВ // Наука и техника в дорожной отрасли. 2011. №3. С. 24 – 28.

12. Plewa A., Belyaev P.S., Andrianov K.A., Zubkov A.F., Frolov V.A The effect of modifying additives on the consistency and properties of bitumen binders. Advanced Materials and Technologies. 2016. Vol 4. pp. 35 – 40.

13. Васильев Ю.Э., Юмашев В.М., Субботин И.В. Механохимическая активация битума // Промышленное и гражданское строительство. 2010. № 2. С. 38 – 39.

14. Евдокимова Н.Г., Лунева Н.Н. О направлениях использования добавок различной природы для модифицирования свойств битумов // Башкирский химический журнал. 2016. Т. 23. № 4. С. 49 – 62.

15. Лихтерова Н.М., Мирошников Ю.П., Лобанкова Е.С., Торховский В.Н., Кириллова О.И. Особенности технологии получения полимербитумных вяжущих // Мир нефтепродуктов. Вестник нефтяных компаний. 2011. № 8. С. 24 – 28.

16. Люсова Л.Р., Евтушенко В.А., Дорохова Т.Н., Невратенко Д.Ю. Модификация битума бутадиен-стирольными ТЭП и их смесями // Мир нефтепродуктов. Вестник нефтяных компаний. 2012. № 1. С. 11 – 14.

17. R. Micaelo, A. Santos, C. Duarte. Mixing and compaction temperatures of asphalt mixtures with modified bitumen // Proceedings of 5 th Eurasphalt & Eurobitume Congress. Istanbul. 2012, June. 7 p.

18. McNally T. Polymer Modified Bitumen: Properties and Characterization. U.K.: Woodhead Publishing Limited, 2011. 424 p.

19. Глозырин А.Б., Абдуллин, Н.А. Кочков, Р.В. Карманов, С.Т. Буртан Полимерно-битумные композиции на основе 1,2 – полибутадиена // Журнал прикладной химии. 2008. Т. 81. Вып. 9. С.1559 – 1562.

20. Xiao Y., Van De Ven M.F.C., Molenaar A.A.A., Su Z., Zandvoort F. Characteristics of two-component epoxy modified bitumen. Materials and Structures. 2011. Т. 44. Vol. 3. pp. 61 – 622.

21. Ширкунов А.С., Рябов В.Г., Нечаев А.Н., Дегтянников А.С. Анализ изменения характеристик окисленных и полимерно-модифицированных дорожных битумов в ходе старения вяжущего в тонкой пленке // Вестник Пермского национ. исслед. политехн. университета. Хим. технология и биотехнология. 2011. № 12. С. 80 – 85.

22. Полякова В.И., Полякова С.В. Особенности получения и применения полимерно-битумных вяжущих в дорожном строительстве // Дороги и мосты. 2013. № 29. С. 277 – 298.

23. Saglik A., Gungor A.G. Evolution of performance grades and polymer dispersion of polymer modified binders. / Turkish Highways Research and Development Department // Proceedings of 5 th Eurasphalt & Eurobitume Congress. Istanbul. 2012, June. 8 p.

24. Soenen H. The morphology of SBS modified bitumen

in binders and in asphalt mix // In: Advanced Testing and Characterization of Bituminous Materials. London: Taylor & Francis Group, 2009. pp. 151 – 160.

25. ГОСТ Р 52056-2003. Вяжущие полимерно-битумные дорожные на основе блоксополимеров типа стирол-бутадиен-стирол. Технические условия. М. : Изд-во стандартов, 2005. 5 с.

26. ОДМ 218.2.003-2007. Рекомендации по использованию полимерно-битумных вяжущих материалов на основе блоксополимера типа СБС при строительстве и реконструкции автомобильных дорог // Росавтодор. Введ. 01.02.2007.

27. Бормотов А.Н., Прошин И.А., Королев Е.В. Математическое моделирование и многокритериальный синтез композиционных материалов // Научное издание. Пенза : ПГТА, 2011. 432с.

## **STABILITY OF MODIFIED BINDERS ON BASIS OF OXIDIZED AND RESIDUAL BITUMENS TO THERMODESTRUCTIONS**

*A. Chhom, A.M. Kurobanov, F.K. Sametov*

### **ANNOTATION**

*The paper analyses the influence of the method for obtaining petroleum road bitumen on the stability of their structure. Stability evaluation is carried out by studying the resistance of the structure to destructive processes. The main features of the thermo-oxidative aging processes occurring in oxidized and residual compounded road bitumen are considered. The modeling of the thermo-oxidative aging process is carried out by the TFOT method. Studies of the degradation of binders are carried out over a long period of time, the evaluation of destructive processes in bitumen is obtained by different methods was carried out by means of a differential method. The characters of the change in the properties of bitumen after aging are established. The contribution of the raw material (oxidized and residual bitumen) of the polymer-bitumen binder to its resistance to thermal and oxidative aging is studied. The complex effect of the raw material on the properties characterizing the quality of the modified binder and its resistance to degradation is made using the multicriteria optimization method. Specific quality criteria has been developed that take into account the structural sensitivity to destruction and the direction of changes in properties modified by the polymer, which binds after thermal oxidative aging. Optimization is carried out according to the generalized criterion of structural stability, the form of which takes into account the features of the optimized object and the direction of the change in properties.*

**KEYWORDS:** *residual and oxidized bitumens, thermal-oxidative aging, thermal degradation, polymer-modified binder, criterion of structural stability, optimization.*

### **REDERENCES**

1. Pokonova Yu.V. Khimiya vysokomolekulyarnykh soyedineniy nefi [Chemistry of high-molecular oil compounds]. Leningrad, Leningrad University Publishing House, 1980. 172 p.

2. Khusnutdinov I.Sh., Kopylov A.Yu., Lutfullin M.F., Goncharova I.N., Gavrilov V.I., Petrova L.M., Khanova A.G. Sopostavitel'nyy analiz neokislennykh bitumov, poluchennykh razlichnymi metodami [Comparative analysis of unoxidized bitumens obtained by various methods]. Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii. Series: Chemistry and Chemical Technology. 2009. P. 52. Vol.12. pp. 80 – 84.

3. Andreev A.F., Markov S.V. Sovremennoye sostoyaniye i perspektivy razvitiya bitumnogo proizvodstva v Rossii [The current state and prospects for the development of bitumen production in Russia]. Problems of Economics and Management of the Oil and Gas Complex. 2009. Vol.7. pp. 31 – 34.

4. Vysotskaya M.A., Kindev O.N., Obukhov A.G. Neokislennyye vyazhushchiye dlya dorozhnykh

kompozitov [Unoxidized astringents for road composites]. World of petroleum products. Bulletin of oil companies, 2016. Vol. 12, pp. 4 – 10.

5. Ganieva T.F, Kemalov A.F. Puti povysheniya kachestva oksislennykh bitumov [Fakhrutdinov RZ, Diyarov I.N. Ways to improve the quality of oxidized bitumens]. Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Oil and gas, 1997, vol. 6, 202 p.

6. Gilyazova A.A., Dezortsev S.V., Kutyn Yu.A., Telyashev E.G., Rizvanov T.M. O nekotorykh osobennostyakh reologicheskikh kharakteristik neftyanykh oksislennykh bitumov [On some features of the rheological characteristics of petroleum oxidized bitumens]. Institute of Oil Refining of the Republic of Bashkortostan. Ufa, 2009. pp. 178 – 182.

7. Pustynnikov A.Yu., Ryabov V.G., Kalimullin D.T., Nechaev A.N., Treskov Ya.A. Polucheniye kompaundirovannykh bitumov uluchshennogo kachestva [Obtaining compounded bitumen of improved quality]. Himiya i tehnologiya topliv i masel, 2006, vol. 3, pp. 26 – 28.

8. Domínguez F.J.N., García-Morales M. The use of waste polymers to modify bitumen // Polymer Modified Bitumen 2011. pp. 98 – 135.

9. Israilova Z.S. Vliyanieyeh tekhnologii bitumov na ustoychivost' k stareniyu [Effect of Bitumen Technology on Resistance to Aging], dis. ... kand. tehn. nauk. Astrakhan. 2012. 187 p.

10. Jurgen H., Thomas V. Asfal't v dorozhnom stroitel'stve [Asphalt in road construction]. 2013. 450 p.

11. Zolotarev V.A. Sravnitel'nyye issledovaniya okislennykh i ostatochnykh bitumov i PBV [Comparative studies of oxidized and residual bitumens and PMB]. Science and technology in the road industry, 2011, vol. 3, pp. 24 – 28.

12. Plewa A., Belyaev P.S., Andrianov K.A., Zubkov A.F., Frolov V.A. The effect of modifying additives on the consistency and properties of bitumen binders. Advanced Materials and Technologies. 2016. Vol 4. pp. 35 – 40.

13. Vasiliev Yu.E., Yumashev V.M., Subbotin I.V. Mekhanokhimicheskaya aktivatsiya bituma [Mechanochemical activation of bitumen]. Promyshlennoe i grazhdanskoe stroitel'stvo. 2010, no 2, pp. 38 – 39.

14. Evdokimova N.G., Luneva N.N. O napravleniyakh ispol'zovaniya dobavok razlichnoy prirody dlya modifitsirovaniya svoystv bitumov [On the directions of the use of additives of various nature for modifying the properties of bitumens]. Bashkirskiy himicheskij zhurnal. 2016, T. 23, vol. 4, pp. 49 – 62.

15. Likhterova N.M., Miroshnikov Yu.P., Lobankova E.S., Torkhovskiy V.N., Kirillova O.I. Osobennosti tekhnologii polucheniya polimerbitumnykh vyazhushchikh [Features of the technology of obtaining polymer bituminous binders]. Mir nefteproduktov. Vestnik neftyanykh kompanij. 2011, vol. 8, pp. 24 – 28.

16. Lyusova L.R., Evtushenko V.A., Dorokhova T.N., Nebratenko D.Yu. Modifikatsiya bituma butadiyen-stirol'nyimi TER i ikh smesyami [Modification of bitumen by butadiene-styrene TICs and their mixtures]. Mir nefteproduktov. Vestnik neftyanykh kompanij. 2012, vol. 1, pp. 11 – 14.

17. Micaelo R., Santos A., Duarte C. Mixing and compaction temperatures of asphalt mixtures with modified bitumen. Proceedings of 5 th Eurasphalt & Eurobitume Congress. Istanbul. 2012, June. 7 p.

18. McNally T. Polymer Modified Bitumen: Properties and Characterization. U.K.: Woodhead Publishing Limited, 2011. 424 p.

19. Glozyrin A.B. Abdullin, N.A. Kochkov, R.V. Karmanov, S.T. Polimerno-bitumnyye kompozitsii na osnove 1,2-polibutadiyena [Polymer-bitumen compositions based on 1,2-polybutadiene]. Zhurnal prikladnoy himii. 2008, vol. 81, pp. 1559 – 1562.

20. Xiao Y., Van De Ven M.F.C., Molenaar A.A.A., Su Z., Zandvoort F. Characteristics of two-component epoxy modified bitumen. Materials and Structures. 2011. T. 44. Vol. 3. Pp. 611–622.

21. Shirkunov A.S., Ryabov V.G., Nechaev A.N., Degtyannikov A.S. Analiz izmeneniya kharakteristik okislennykh i polimerno-modifitsirovannykh dorozhnykh bitumov v khode stareniya vyazhushchego v tonkoy plenke [Analysis of changes in the characteristics of oxidized and polymer-modified road bitumen during the aging of a binder in a thin film]. Vestnik Permskogo nacion. issled. politehn. universiteta. Him. tekhnologiya i biotekhnologiya. 2011, vol. 12, pp. 80 – 85.

22. Polyakova V.I., Polyakova S.V. Osobennosti polucheniya i primeneniya polimerno-bitumnykh vyazhushchikh v dorozhnom stroitel'stve [Features of obtaining and application of polymer-bitumen binders in road construction]. Dorogi i mosty. 2013, Vol. 29, pp. 277 – 298.

23. Saglik A., Gungor A.G. Evolution of performance

grades and polymer dispersion of polymer modified binders. Turkish Highways Research and Development Department. Proceedings of 5 th Eurasphalt & Eurobitume Congress. Istanbul. 2012, June. 8 p.

24. Soenen H. The morphology of SBS modified bitumen in binders and in asphalt mix. In: Advanced Testing and Characterization of Bituminous Materials. London: Taylor & Francis Group, 2009. pp. 151 – 160.

25. GOST R 52056-2003. Vyazhushchiye polimerno-bitumnyye dorozhnyye na osnove blokopolimerov tipa stirol-butadiyen-stirol. Tekhnicheskiye usloviya. [Knitting polymer-bitumen road based on block copolymers such as styrene-butadiene-styrene Technical conditions]. M.: Publishing house of standards, 2005. 5 p.

26. ODM 218.2.003-2007. Rekomendatsii po ispol'zovaniyu polimerno-bitumnykh vyazhushchikh materialov na osnove blokopolimera tipa SBS pri stroitel'stve i rekonstruktsii avtomobil'nykh dorog [Recommendations on the use of polymer-bitumen binders based on block copolymer type SBS in the construction and reconstruction of highways]. Rosavtodor. Enter. 01.02.2007. 63 p.

27. Bormotov A.N. Proshin I.A., Korolev E.V. Matematicheskoye modelirovaniye i mnogokriterial'nyy sintez kompozitsionnykh materialov [Mathematical modeling and multicriteria synthesis of composite materials]. Scientific publication. Penza: PGTA. 2011. 432 p.

### **ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ**

*Высоцкая Марина Алексеевна (г. Белгород, Россия) – кандидат технических наук, доцент, кафедры «Автомобильные и железные дороги» ФГБОУ ВПО «Белгородский государственный технологический университет им В.Г. Шухова» (308012, г. Белгород, ул. Костюкова, д. 46)*

*Vysotskaya Marina Alekseevna – Ph.D. in Technical Sciences, Associate Professor of the Department «Roads and railways», Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhov (308012, Belgorod, Kostyukova st.46).*

*Шеховцова Светлана Юрьевна (г. Белгород, Россия) – кандидат технических наук, ассистент кафедры «Строительные материалы и материаловедение», ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет» (129337, Москва, Ярославское шоссе, д. 26).*

*Shekhovtsova Svetlana Yur'yevna (Belgorod, Russia) – Ph.D. in Technical Science Assistant of the Department Building Materials and Materials Science, National Research Moscow State University of Civil Engineering» (129337, Moscow, Yaroslavskoe hw, 26).*

*Обухов Александр Геннадьевич (г. Белгород, Россия) – аспирант кафедры «Автомобильные и железные дороги» ФГБОУ ВПО «Белгородский государственный технологический университет им В.Г. Шухова» (308012, г. Белгород, ул. Костюкова, д. 46)*

*Obukhov Alexander Gennad'yevich (Belgorod, Russia) – postgraduate of the Department «Roads and railways», Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhov (308012, Belgorod, Kostyukova st.46).*

*Есипова Юлия Юрьевна (г. Москва, Россия) – магистрант кафедры «Автомобильные и железные дороги» ФГБОУ ВПО «Белгородский государственный технологический университет им В.Г. Шухова» (308012, г. Белгород, ул. Костюкова, д. 46)*

*Esipova Julia Yur'yevna (Moscow, Russia) – graduate student of the Department «Roads and railways», Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhov (308012, Belgorod, Kostyukova st.46).*

