

DOI: 10.34031/2071-7318-2021-6-11-32-40

**Обухов А.Г., \*Высоцкая М.А.**

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова

\*E-mail: roruri@rambler.ru

## ЭФФЕКТИВНЫЕ БИТУМНЫЕ ВЯЖУЩИЕ ДЛЯ АСФАЛЬТОБЕТОННЫХ ПОКРЫТИЙ

**Аннотация.** Обоснованный научно-технологический подход к проектированию составов битумных вяжущих посредством компаундирования неокисленного нефтяного сырья является одним из ключевых драйверов в разработке и производстве технологически и энергоэффективных битумных вяжущих и асфальтобетонов с улучшенными свойствами для надежного дорожного покрытия на их основе. Целенаправленный подход к групповому составу битумных дисперсий, поможет решить вопрос, касающийся разработки эффективных, стабильных во времени и воспроизводимых битумных композиций. Поэтом целью работы была разработка составов битума компаундированного неокисленного (БКн) марки 50/70 и оценка эффективности относительно товарной марки БНД 50/70. В работе в качестве компонентов нефтепереработки для последующего компаундирования в битум БКн 50/70 рассматривались следующие продукты: гудрон, мазут, асфальт деасфальтизации. Комплексный анализ полученных результатов демонстрирует возможность получения технического результата от использования приемов компаундирования неокисленного нефтяного сырья, заключающегося в формировании «золь-гелевой» дисперсной структуры вяжущего. Показано, что запроектированный состав битумного вяжущего характеризуется стабильной и устойчивой структурой к термической деформации. Оценка эффективности разработанных составов БКн выполнялась путем расчета обобщенных критериев эффективности для каждого состава.

**Ключевые слова:** компаундированные битумы, неокисленные компоненты нефтепереработки, остаточные вяжущие, получение неокисленных битумов, модифицированные вяжущие.

**Введение.** Повышение энергоэффективности производств, связанных с добычей и переработкой нефти на каждом из технологических этапов, а также разработка и реализация проектов по увеличению энергоэффективности производств, обусловлены не только внутренними задачами развития бизнеса, но и внешними факторами. И если задачи бизнеса заключаются в максимальной прибыли, что определяет технологические подходы для максимального извлечения светлых фракций из нефтепродуктов, то внешние факторы сопряжены с возможностью запрета или ограничением производства товаров с низкой энергоэффективностью.

Производство нефтяных битумов, основным потребителем которых является дорожная отрасль, это один из термических процессов нефтепереработки. В свою очередь, ключевыми факторами протекающих термических процессов и определяющими материальный баланс и качество получаемого битумного вяжущего являются: качество сырья, давление, температура и продолжительность термолиза. Необходимые для производства битума технологические параметры процесса определяют его как энергоемкое.

Путь повышения энергоэффективности битумного производства вариативен и может заключаться в реализации одного или совокупности приемов:

1-модернизации технологического оборудования;

2-оптимизации производственного процесса;

3-использовании возобновляемых источников энергии;

4-сокращении теплотерь;

5-внедрении энергоэффективных технологий.

Рассматривая наиболее приемлемый в каждом конкретном случае прием реализации энергоэффективности битумного производства, необходимо принимать во внимание системное углубление нефтепереработки, которой сопутствует изменение материального баланса и качества получаемых остатков – сырья для окисления в битум. Параллельно потребители пересматривают и ужесточают требования к качеству «товарных» битумных вяжущих. Все эти факторы инициируют необходимость пересмотра подходов к сырью и технологиям производства битумов.

Решение практически всех обозначенных проблем возможно за счет широкомасштабного внедрения в технологические процессы нефтепереработки и дорожно-строительную отрасль производство неокисленных битумов и модифицированных вяжущих на их основе [1–12]. Остаточные или неокисленные вяжущие, приготовленные по технологии компаундирования [13] – это мягкие легкоплавкие материалы, являющиеся мелкодисперсными коллоидными системами, относящимися к типу золь [14, 15], отличитель-

ными признаками которых являются [16]: относительно высокая плотность; высокая твердость и сопротивление к разрыву; чувствительность к изменению температуры; устойчивостью к термоокислительному старению [15].

Дополнительным преимуществом производства и использования неокисленных битумов является:

- возможность избежать термического и окислительного воздействий на тяжелые компоненты нефтяного сырья и соответственно уменьшить влияние полимеризации и агрегации асфальтенов, смол и гетероатомных компонентов тяжелых остатков при производстве битумов, а, следовательно, увеличить их стойкость к старению [17, 18];

- отсутствие окислительной полимеризации и деструкции компонентов сырья, приводящих к интенсивному образованию черного соляра и газов окисления, что уменьшает техногенный пресинг на окружающую среду и способствует снижению энергоемкости производства [19];

- отсутствие процесса окисления сырья при высокой температуре, за счет которого происходит снижение полярности битума, а, следовательно, адгезия к минеральным материалам сохраняется высокой [20];

- асфальтобетоны, приготовленные с использованием остаточных битумов, характеризуются более высокими показателями водостойкости, трещиностойкости, износоустойчивости и долговечности в целом.

Таким образом, обоснованный научно-технологический подход к проектированию составов битумных вяжущих посредством компаундирования неокисленного нефтяного сырья является одним из ключевых драйверов в разработке и производстве технологически и энергоэффективных битумных вяжущих и асфальтобетонов с улучшенными свойствами для надежного дорожного покрытия на их основе.

В соответствии с современными представлениями, битумы – коллоидные системы органического происхождения, для которых характерно наличие дисперсионной среды (мальтеновая часть) и дисперсной фазы (асфальтены) [21]. Следовательно, управляя формированием сольватных слоев на границе раздела «среда – фаза» можно перевести систему из неравновесного состояния в коллоидно устойчивое.

Однако, битумы – это сложные коллоидные системы, для которых характерен значительный разброс показателей свойств, обусловленный отличием группового состава нефти и технологическими факторами ее добычи и переработки. Та-

ким образом, нестабильные исходные характеристики битума, являющиеся проявлением изменчивого группового состава битумных дисперсий, не всегда дают возможность, используя окисление и различные приемы модифицирования, получить стабильные битумные вяжущие с набором требуемых уникальных реологических и технологических свойств.

Таким образом, положив в основу разработки целенаправленный подход к групповому составу битумных дисперсий, посредством компаундирования остаточного сырья нефтепереработки, можно решить вопрос по разработке эффективных, стабильных во времени и воспроизводимых битумных композиций для дорожно-строительной отрасли.

Целью работы была разработка составов битума, компаундированного неокисленного (БКн) марки 50/70 и оценка эффективности относительно товарной марки БНД 50/70.

**Материалы и методы.** В работе в качестве компонентов нефтепереработки для последующего компаундирования в битум БКн 50/70 рассматривались: гудрон, мазут, асфальт деасфальтизации.

Рассмотрим более детально используемые компоненты. Гудрон – черный остаток, образующийся в результате отгонки из нефти при атмосферном давлении и под вакуумом топливных и масляных фракций. Содержит парафины, нафтены и ароматические углеводороды, преимущественно с большим числом атомов углерода, а также асфальтены и нефтяные смолы. В гудроне концентрируется основное количество, содержащихся в нефти металлов.

Мазут – жидкий продукт темно-коричневого цвета, остаток после выделения из нефти или продуктов ее вторичной переработки бензиновых, керосиновых фракций.

Деасфальтизаты используются как промежуточный продукт в производстве остаточных масел или как сырье для установок каталитического крекинга и гидрокрекинга.

Показатели свойств сырья представлены в таблице 1.

Известно, что между групповым составом, структурой вяжущих и их характеристиками существует прямая зависимость. Так как главной задачей исследования была определена разработка эффективных сочетаний компонентов для получения БКн путем последовательного компаундирования, позволяющего минимизировать потребление энергии, необходимой для запуска химических процессов при окислении сырья, был определен групповой углеводородный состав (табл. 2).

Таблица 1

## Показатели свойств нефтяного сырья

Наименование показателей	Нефтяное сырье		
	гудрон	мазут	асфальт деасфальтизации
Вязкость условная при 80 °С, с	200	6,3	–
Температура размягчения, °С	34	–	42
Температура вспышки в открытом тигле, °С	290	251	–

Таблица 2

## Групповой углеводородный состав сырья

Группы углеводородов	Вид нефтяного сырья		
	гудрон	мазут	асфальт деасфальтизации
Предельные насыщенные углеводороды (ПНУ)	13,5	30,8	–
Ароматический углеводороды АУ-I	4,8	20,3	1,2
Ароматический углеводороды АУ-II	4,9	15,1	1,6
Ароматический углеводороды АУ-III	33,7	4,5	7,3
<b>Σ масел</b>	<b>56,9</b>	<b>70,7</b>	<b>10,1</b>
Смоли (С-I)	11,4	14,7	10,9
Смоли (С-II)	18,8	7,9	20,4
<b>Σ смол</b>	<b>30,2</b>	<b>22,6</b>	<b>31,3</b>
<b>Асфальтены (А)</b>	<b>12,9</b>	<b>6,7</b>	<b>58,6</b>

Исследование проводилось с применением жидкостно-адсорбционной хроматографии на приборе «Градиент-М». Суть метода заключается в разделении сложных смесей веществ на отдельные компоненты и проведении качественного и количественного анализа компонентов разделяемой смеси. Принцип действия жидкостного хроматографа заключается в следующем: раствор анализируемой смеси с помощью узла ввода пробы помещается в верхнюю часть хроматографической колонки. Анализируемая смесь прокачивается элюентом (подвижная фаза) через хроматографическую колонку, в которой происходит разделение анализируемой смеси на отдельные компоненты. Вытекающий из колонки элюат, содержащий отдельные компоненты анализируемой смеси, распознаются детектором и выполняется регистрация вещества.

Технология приготовления компаунда марки БКн включала в себя 2 этапа: нагрев компонентов и их последовательное смешение. Технологические параметры процесса: скорость 200–400 об/мин; температура 165–175 °С; время 30 минут.

Исследование свойств сырьевых нефтяных компонентов и битума выполнялись по стандартным методикам.

Полученные пластифицирующие смеси были проанализированы по выбранным показателям, с последующим расчётом частных критериев эффективности.

$$K_{эф}^i = \frac{Z_{пок}^i}{Z_{гост}^i}, \quad (1)$$

где  $K_{эф}^i$  – частный критерий эффективности  $i$ -го показателя;  $Z_{пок}^i$  – фактическое значение  $i$ -го показателя;  $Z_{гост}^i$  – требуемое значение  $i$ -го показателя.

На основании полученной базы частных критериев эффективности, оптимизация составов выполнялась по обобщенному критерию эффективности.

$$K_{эф}^{об.} = \sqrt[n]{N_{n=1}^i \cdot K_{эф}^i}, \quad (2)$$

Запроектированное битумное вяжущее БКн 50/70, а также битум марки БНД 50/70, были подвергнуты процессам старения по методике RTFOT в течение 40 ч. Тестированию подвергались образцы после каждых 5 ч прогрева для оценки динамики изменения температуры размягчения и пенетрации при 25 °С. Также, для оценки склонности битумов к старению был использован коэффициент возрастания динамической вязкости ( $K_{вдв}$ ).

$$K_{вдв} = \eta_{60стар} / \eta_{60}, \quad (3)$$

где  $\eta_{60стар}$  – динамическая вязкость при 60 °С после прогрева вяжущего в тонкой пленке в течение 5 ч, Па·с;  $\eta_{60}$  – динамическая вязкость вяжущего при 60 °С, Па·с.

**Основная часть.** В соответствии с полученными данными (табл. 2) рассматриваемый гудрон характеризуется соотношением группы масел к смолам и асфальтенам 60:40 и может являться эффективным компонентом для компаундирования составов БКн. Мазут характеризуется

значительным количеством лёгких углеводородов и малым смол и асфальтенов. Асфальт деасфальтизации представлен преобладающим количеством асфальтенов (А) при критически малом содержании мальтеновой части. Данный компонент целесообразен в проектируемых составах как основной источник тяжелых углеводородов.

В таблице 3 представлены рецептуры битума неокисленного битумного вяжущего, по свойствам максимально приближенные к контрольной марке БНД 50/70.

Выбор приготовленных составов, осуществлялся на основании показателей лабораторного контроля (табл. 4).

Таблица 3

## Рецептуры битумов компаундированных неокисленных

Наименование рецептуры	Соотношение компонентов в составе смеси, %		
	гудрон	мазут	асфальт деасфальтизации
№1	33	32	35
№2	33	27	40
№3	32	25	43
№4	35	20	45
№5	35	18	47
№6	35	15	50
№7	35	14	51
№8	37	10	53

Таблица 4

## Оценка соответствия образцов БКн марке БНД 50/70

Наименование показателей	БНД 50/70		№ составов вяжущих БКн							
	гост	факт	1	2	3	4	5	6	7	8
Глубина проникания иглы при 25 °С, мм <sup>-1</sup>	51-70	54	75	68	61	57	55	46	44	37
Температура размягчения по кольцу и шару, °С (КиШ)	51	53	45	48	51	54	55	56	57	60
Растяжимость при 0 °С, см	3,5	3,5	3,8	3,5	3,3	3,2	3,5	3	2,5	2,1
Растяжимость при 25 °С, см,	60	72	>100	>100	92,7	95,1	95,5	78,2	59,2	54,7
Температура хрупкости по Фраасу, °С	-16	-17	-18	-17	-16	-16	-16	-15	-15	-14
Температура вспышки, °С	230	242	274	276	280	284	284	288	290	294
Изменение массы после старения, %	0,6	0,6	0,5	0,5	0,5	0,4	0,3	0,4	0,3	0,3
Изменение температуры размягчения после старения, °С	7	6	6	5	5	5	3	5	4	4
Обобщенный критерий эффективности	–	1,07	1,18	1,18	1,15	1,19	1,2	1,13	1,19	1,12

Данные таблицы демонстрируют, что не все составы по формальным признакам (глубина проникания иглы при температуре 25 °С) отвечают марке 50/70. Очевидно, что введение в состав компаунда более 47 % асфальта деасфальтизации (составы № 6 – № 8 с процентом ввода компонента 50–53 % соответственно), обогащенного асфальтенами при критически малом содержании мальтеновой части формирует жесткую структуру вяжущего, что в последующем негативно отразится как на его модифицировании в случае необходимости, так и на свойствах асфальтобетона на его основе.

Повышенное содержание асфальтенов в битумных дисперсиях повысило температуру хрупкости с -18 °С для состава №1 до -14 °С для состава № 8. При этом динамика изменения темпе-

ратуры размягчения составов № 1-8 характеризуется обратной зависимостью. Максимальный показатель по КиШ характерен для серии образцов № 8 и составляет 60 °С и 45 °С для состава № 1.

Оценка эффективности разработанных составов БКн выполнялась не путем сравнительного анализа полученных данных с требованиями нормативных документов, а посредством использования математического аппарата (формулы 1 и 2). Результаты расчета обобщенных критериев эффективности для выбора оптимального состава битума БКн 50/70 представлены в таблице 4.

Определенный как наиболее эффективный, состав № 5 был проанализирован с точки зрения группового состава и на предмет типа запроецированной структуры, таблицы 5 и 6.

Таблица 5

## Групповой углеводородный состав битума марки 50/70

Наименование углеводородов	Вид вяжущего	
	БКн	БНД
Предельные насыщенные углеводороды (ПНУ)	11,30	6,30
Ароматический углеводороды АУ-I	5,40	5,40
Ароматический углеводороды АУ-II	2,90	2,10
Ароматический углеводороды АУ-III	11,00	14,00
<b>Σ масел</b>	<b>30,60</b>	<b>27,80</b>
Смолы (С-I)	15,90	16,90
Смолы (С-II)	20,60	25,60
<b>Σ смол</b>	<b>36,50</b>	<b>42,50</b>
<b>Асфальтены (А)</b>	<b>32,90</b>	<b>29,70</b>

Данные таблицы 5 демонстрируют, что битумные вяжущие БНД и БКн 50/70 по групповому составу близки. Однако в неокисленном

компаундированном образце содержится больше асфальтенов, что ожидаемо, ввиду особенностей группового состава сырьевых компонентов.

Таблица 6

## Структурный тип битума БКн 50/70 серия №5

Наименование показателя	III структурный тип по Грушко	Состав № 5 БКн 50/70
		III
Структурный тип битума		III
Индекс пенетрации	-1,0...+1,0	+0,21
Температура размягчения по кольцу и шару, °C	промежуточное значение	55
Температура хрупкости по Фраасу, °C	высокая	-16
Растяжимость, см, 25 °C 0°С	высокая	95,5
	низкая	3,5
Склонность к старению	малая	малая
Когезия	высокая	высокая
Коэффициент стандартных свойств $K_{стд} = (T_p - T_{xp})/D_{25}$	0,65...1,1	0,74
Интервал пластичности ИР = $T_p - T_{xp}$	промежуточный	71

К преимуществам неокисленных битумов относится устойчивость их структуры к старению. В связи с этим, представляло интерес изуче-

ние характера и кинетики изменения физико-механических свойств разработанного компаундированного БКн 50/70 и окисленного БНД 50/70 (рис. 1).

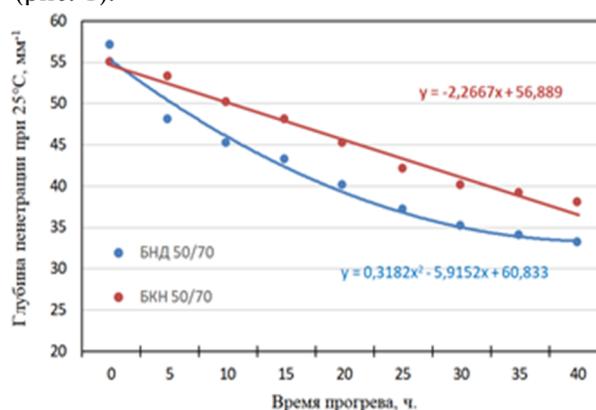
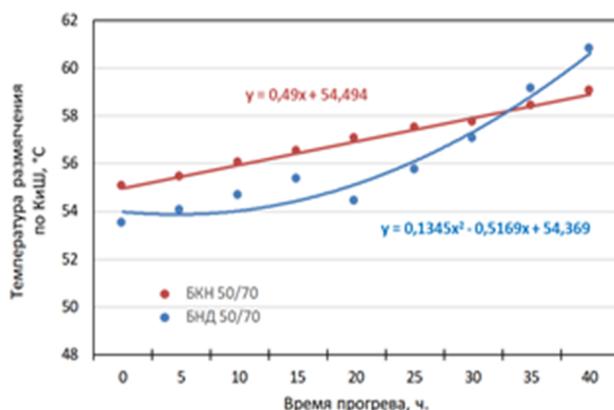


Рис. 1. Динамика изменения при длительном термостатировании: а) температуры размягчения; б) пенетрации при температуре 25°С

Для возможности оперативной оценки интенсивности протекания процессов старения было предложено использовать коэффициент возрастания динамической вязкости ( $K_{вдв}$ ) разработанного и контрольного составов 50/70 (табл. 7).

В соответствии с полученными данными,  $K_{вдв}$  неокисленного битума значительно меньше, чем у контрольной серии (окисленного битума), что характеризует запроектированную коллоидную систему с точки зрения реологии, как более

стабильную и устойчивую к термической деструкции.

Таблица 7

### Влияние вида вяжущего на изменение $K_{вдв}$

Вид вяжущего	Динамическая вязкость при 60°C, Па·с		$K_{вдв}$
	до	после	
	старения		
БНД 50/70	325	1040	3,2
БКн 50/70	279	530	1,9

**Выводы.** В процессе выполнения исследования установлено, что в процессе проектирования БКн была сформирована наиболее предпочтительная «золь-гелевая» дисперсная структура вяжущего с точки зрения работы вяжущего в составе асфальтобетона.

Как видно, изменения показателей компаундированного битума БКн в процессе длительного термостатирования характеризуются линейным трендом, что свидетельствует о стабильной коллоидной структуре полученного продукта. Изменения свойств окисленного битума БНД 50/70, носят полиномиальный характер, которому свойственны локальные скачки показателей в определенные промежутки термостатирования, и свидетельствуют о незначительном сопротивлении структуры окисленного битума деструктивным термоокислительным процессам.

Таким образом, полученные данные демонстрируют ингибирование термического и окислительного воздействий на компоненты компаундированного сырья и, соответственно, уменьшение влияния полимеризации и агрегации асфальтенов, смол и гетероатомных компонентов тяжелых остатков при производстве битумов, а, следовательно, увеличение стойкости такого вяжущего к старению.

Также необходимо отметить, что с точки зрения энергоэффективности производство компаундированных неокисленных вяжущих имеет значительные преимущества перед окисленными. Так продолжительность компаундирования неокисленных компонентов до однородного состояния составляет 30–40 мин, температура объединения компонентов 160–170 °С. Технология производства окисленных битумов включает в себя ряд технологических переделов: окисление происходит при 250–290 °С, чем выше температура, тем быстрее протекает процесс, однако она же ускоряет реакции образования карбенов и карбоидов; необходимо обеспечение производства сжатым воздухом и давлением не более 0,4 МПа.

Комплексный анализ полученных результатов демонстрирует возможность получения вы-

сокого технического результата от использования приемов компаундирования неокисленного нефтяного сырья.

*Примечание.* Часть результатов была представлена при защите НКР на тему «Эффективные битумные вяжущие для асфальтобетонных покрытий».

### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Высоцкая М.А., Кузнецов Д.А., Литовченко Д.П., Барковский Д.В., Ширяев А.О. Пластификатор при производстве полимерно-битумных вяжущих – как необходимость // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2019. № 5. С. 16–22.
2. Дошлов О.И., Спешилов Е.Г. Полимерно-битумное вяжущее – высокотехнологическая основа для асфальта нового поколения // Вестник Иркутского государственного технического университета. 2013. № 6. С. 140.
3. Литовченко Д.П., Ширяев А.О., Обухов А.Г., Высоцкая М.А. Проблемы качества битума. Необходимость производства неокисленного битума // Научные технологии и инновации: сборник докладов Международной научно-практической конференции. Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова. 2016. С. 114–116.
4. Usmani A. Asphalt Science and Technology (1st ed.). Boca Raton: CRC Press, 1997. 544 p.
5. Аминов Ш.Х., Струговец И.Б., Теляшев Э.Г., Кутын Ю.А. Неокисленные дорожные битумы и асфальтобетоны на их основе // Строительные материалы. 2003. № 10. С. 30–31.
6. Высоцкая М. А., Киндеев О. Н., Обухов А. Г. Неокисленные вяжущие для дорожных композитов // Мир нефтепродуктов. Вестник нефтяных компаний. 2016. № 12. С. 4–10.
7. Djimasbe R., Galiullin E.A., Varfolomeev M.A., Fakhrutdinov R.Z., Al-Muntaser A.A., Farhadian A. Experimental study of non-oxidized and oxidized bitumen obtained from heavy oil // Sci Rep. 2021. № 11(1). 8107 p.
8. Ширкунов А.С., Рябов В.Г., Парфенова Е.В. Получение дорожных полимерно-битумных вяжущих с улучшенной стойкостью против ста-

рения на базе компаундированной битумной основы и модификатора «Elvaloy 4170 RET» // Научно-технический вестник Поволжья. 2012. № 5. С. 378–383.

9. Imanbayev Y., Akkenzheyeva A., Bussurmanova A., Serikbayeva A., Boranbayeva A. Preparation of Polymer Bitumen Binder in the Presence of a Stabilizer // Processes. 2021. № 9(1). 182 p.

10. Evdokimova N.G., Luneva N.N., Egorova N.A., Makhmutova A.R., Bayguzina Yu.A., Bayguzina Yu.A., Imangulova E.A. The selection of production technology of polymer-bitumen binders as an innovative nanobinders used in asphaltic concrete pavement // Nanotekhnologii v Stroitel'stve. 2018. № 10(5). Pp. 20–37.

11. Fryder I., Grynysyn O., Khlibyshyn Y. Usage of pyrolysis heavy resin for the petroleum bitumen production // Proceedings of the National Aviation University. 2013. № 4. Pp. 135–138.

12. Fryder I., Pysh'yev S., Grynysyn O. Gas condensate residual usage for oxidated bitumen production // Chemistry & Chemical technology. 2013. № 7(1). Pp. 105–108.

13. 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 // Химия и химическая технология. 2009. Т. 52. Вып. 12. С. 80–84.

14. Кутьин Ю.А., Хайрудинов И.Р., Биктимирова Т.Г., Имашев У.Б. Рациональные направления производства дорожных битумов // Башкирский химический журнал. 1996. Т. 3. № 3. С. 27–32.

15. Суховило Н.П., Ткачев С.М., Ощепкова Н.В. Влияние способа получения на мезоструктуру нефтяных битумов // Вестник Полоцкого государственного университета. Серия С. 2006. № 10. С. 164–169.

16. Сибгатуллина Р.И., Емельянычева Е.А., Абдуллин А.И., Бикмухаметова Г.К. Влияние параметров окисления гудронов на свойства конечного битумного материала. Кинетические особенности окисления нефтяных остатков до битума // Вестник технологического университета. 2016. Т. 19. № 2. С. 41–47.

17. Исраилова З.С. Влияние технологии битумов на устойчивость к старению // Диссер. на соиск. степени канд. техн. наук. Астрахань. 2012.

18. Евдокимова Н.Г., Кортянович К.В., Жирнов Б.С., Ханнанов Н.Р. Получение дорожных битумов компаундированием переокисленных битумов с гудроном // Нефтегазовое дело. 2005. № 1. 12 с.

19. Хуснутдинов И.Ш., Копылов А.Ю., Гончарова И.Н., Гаврилов В.И., Петрова Л.М., Ханова А.Г. Влияние режима подготовки сырья на результаты процесса // Химия и химическая технология. 2009. Т. 52. Вып. 10. С. 96–99.

20. Хуснутдинов И.Ш., Копылов А.Ю., Гончарова И.Н., Гаврилов В.И., Ахметзянов А.М., Романов Г.В., Петрова Л.М., Грязнов П.И. Изучение свойств асфальтобетонов неокисленных остаточных битумов, полученных деасфальтизацией природного битума // Химия и химическая технология. 2009. Т. 52. Вып. 4. С. 88–91.

21. Злобин А.А. Изучение структурной организации нефтяных дисперсных систем // Вестник ПНИПУ. Геология. Нефтегазовое и горное дело. 2015. №17. С. 41–53.

#### Информация об авторах

**Обухов Александр Геннадьевич**, аспирант кафедры строительного материаловедения, изделий и конструкций. E-mail: Alexandr.Obukhov@lukoil.com. Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова. Россия, 308012, Белгород, ул. Костюкова, д. 46.

**Высоцкая Марина Алексеевна**, кандидат технических наук, доцент кафедры автомобильных и железных дорог. E-mail: roruri@rambler.ru. Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова. Россия, 308012, Белгород, ул. Костюкова, д. 46.

Поступила 10.07.2021

© Обухов А.Г., Высоцкая М.А., 2021

**Obukhov A.G., \*Vysotskaya M.A.**

*Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhov*

*\*E-mail: roruri@rambler.ru*

## EFFICIENCY OF REINFORCEMENT OF TECHNOLOGICAL SOIL BY MINERAL MODIFIERS

**Abstract.** A substantiated scientific and technological approach to the design of bituminous binders compositions by compounding unoxidized petroleum feedstocks is one of the key drivers in the development and production of technologically and energy-efficient bituminous binders and asphalt concrete with improved

properties for a reliable road surface based on them. A targeted approach to the group composition of bituminous dispersions will help to resolve the issue of developing effective, time-stable and reproducible bituminous compositions. Therefore, the purpose of study is to develop compositions of compounded unoxidized bitumen (BKn) grade 50/70 and to evaluate the effectiveness relative to the trademark BND 50/70. In the work, the following products are considered as components of oil refining for subsequent compounding into BKn 50/70 bitumen: tar, fuel oil, deasphalting asphalt. A comprehensive analysis of results demonstrates the possibility of obtaining a technical result from the use of compounding techniques for unoxidized petroleum feedstock, which consists in the formation of a "sol-gel" dispersed binder structure. It is shown that the designed composition of the bituminous binder is characterized by a stable and resistant structure to thermal destruction. Evaluation of the effectiveness of the developed compositions of BCN is carried out by calculating generalized performance criteria for each composition.

**Keywords:** compounded bitumen, non-oxidized components of oil refining, residual bitumens, obtaining unoxidized bitumen, modified binders.

## REFERENCES

1. Vysotskaya M.A., Kuznetsov D.A., Litovchenko D.P., Barkovsky D.V., Shiryaev A.O. Plasticizer in the production of polymer-bitumen binders - as a necessity [Plastifikator pri proizvodstve polimerno-bitumnykh vyazhushchikh - kak neobkhodimost]. Bulletin of BSTU named after V.G. Shukhov. 2019. No. 5. Pp. 16–22. (rus)
2. Doshlov O.I., Speshilov E.G. Polymer-bitumen binder – a high-tech basis for asphalt of a new generation [Polimerno-bitumnoe vyazhushchee – vysokotekhnologicheskaya osnova dlya asfal'ta novogo pokoleniya]. Bulletin of Irkutsk State Technical University. 2013. No. 6. Pp. 140. (rus)
3. Litovchenko D.P., Shiryaev A.O., Obukhov A.G., Vysotskaya M.A. Problems of bitumen quality. The need for the production of unoxidized bitumen [Problemy kachestva bituma. Neobkhodimost proizvodstva neokislennogo bituma]. Science-intensive technologies and innovations: collection of reports of the International Scientific and Practical Conference. Belgorod State Technological University named after V.I. V.G. Shukhova. 2016. Pp. 114–116. (rus)
4. Usmani A. Asphalt Science and Technology (1st ed.). Boca Raton: CRC Press, 1997. 544 p.
5. Aminov Sh.Kh., Strugovets I.B., Telyashev E.G., Kutin Yu.A. Unoxidized road bitumen and asphalt concrete based on them [Neokislennyye dorozhnyye bitумы i asfaltobetonу na ikh osnove]. Building materials. 2003. No. 10. Pp. 30–31. (rus)
6. Vysotskaya M.A., Kindeev O.N., Obukhov A.G. Unoxidized binders for road composites [Neokislennyye vyazhushchiye dlya dorozhnykh kompozitov]. World of oil products. Bulletin of oil companies. 2016. No. 12. Pp. 4–10. (rus)
7. Djimasbe R., Galiullin E.A., Varfolomeev M.A., Fakhrutdinov R.Z., Al-Muntaser A.A., Farhadian A. Experimental study of non-oxidized and oxidized bitumen obtained from heavy oil. Sci Rep. 2021. No. 11(1). 8107 p.
8. Shirkunov A.S., Ryabov V.G., Parfenova E.V. Getting road polymer-bitumen binders with improved resistance to aging on the basis of compounded bitumen base and modifier "Elvaloy 4170 RET" [Poluchenie dorozhnykh polimerno-bitumnykh vyazhushchih s uluchshennoy stojkost'yu protiv stareniya na baze kompaundirovannoy bitumnoj osnovy i modifikatora «Elvaloy 4170 RET»]. Scientific and Technical Bulletin of the Volga region. 2012. No. 5. Pp. 378–383. (rus)
9. Imanbayev Y., Akkenzheyeva A., Bussurmanova A., Serikbayeva A., Boranbayeva A. Preparation of Polymer Bitumen Binder in the Presence of a Stabilizer. Processes. 2021. No. 9(1). 182 p.
10. Evdokimova N.G., Luneva N.N., Egorova N.A., Makhmutova A.R., Bayguzina Yu.A., Bayguzina Yu.A., Imangulova E.A. The selection of production technology of polymer-bitumen binders as an innovative nanobinders used in asphaltic concrete pavement. Nanotekhnologii v Stroitel'stve. 2018. No. 10(5). Pp. 20–37.
11. Fryder I., Grynysyn O., Khlibysyn Y. Usage of pyrolysis heavy resin for the petroleum bitumen production. Proceedings of the National Aviation University. 2013. No. 4. Pp. 135–138.
12. Fryder I., Pysh'yev S., Grynysyn O. Gas condensate residual usage for oxidated bitumen production. Chemistry & Chemical technology. 2013. No. 7(1). Pp. 105–108.
13. Khusnutdinov I.Sh., Kopylov A.Yu., Lutfullin M.F., Goncharova I.N., Gavrillov V.I., Petrova L.M., Khanova A.G. Comparative analysis of non-oxidized bitumen obtained by various methods [Sopostavitelnyy analiz neokislennykh bitumov. poluchennykh razlichnymi metodami]. Chemistry and chemical technology. 2009. Vol. 52. Issue. 12. Pp. 80–84. (rus)
14. Kutin Yu.A., Khairudinov I.R., Biktimirova T.G., Imashev U.B. Rational directions of road bitumen production [Ratsionalnyye napravleniya proizvodstva dorozhnykh bitumov]. Bashkir Chemical Journal. 1996. Vol. 3. No. 3. Pp. 27–32. (rus)

15. Sukhovilo N.P., Tkachev S.M., Oshchepkova N.V. The influence of the method of obtaining on the mesostructure of petroleum bitumen [Vliyaniye sposoba polucheniya na mezostrukturu neftyanykh bitumov]. Bulletin of Polotsk State University. Series S. 2006. No. 10. Pp. 164–169. (rus)

16. Sibgatullina R.I., Emelyanycheva E.A., Abdullin A.I., Bikmukhametova G.K. Influence of tar oxidation parameters on the properties of the final bituminous material. Kinetic features of the oxidation of oil residues to bitumen [Vliyaniye parametrov okisleniya gudronov na svoystva konechnogo bitumnogo materiala. Kineticheskiye osobennosti okisleniya neftyanykh ostatkov do bituma]. Bulletin of the Technological University. 2016. Vol. 19. No. 2. Pp. 41–47. (rus)

17. Israilova Z.S. Influence of bitumen technology on aging resistance [Vliyaniye tekhnologii bitumov na ustoychivost k stareniyu]. Dissertation. for a job. degree of Cand. tech. sciences. Astrakhan. 2012. (rus)

18. Evdokimova N.G., Kortyanovich K.V., Zhirnov B.S., Hannanov N.R. Obtaining road bitumen by compounding peroxidized bitumen with tar

[Polucheniye dorozhnykh bitumov kompaudirovaniyem pereokislennykh bitumov s gudronom]. Oil and Gas Business. 2005. No. 1. 12 p. (rus)

19. Khusnutdinov I.Sh., Kopylov A.Yu., Goncharova I.N., Gavrilov V.I., Petrova L.M., Khanova A.G. Influence of the raw material preparation mode on the results of the deasphalting process [Vliyaniye rezhima podgotovki syria na rezultaty protsessy deasfaltizatsii]. Chemistry and chemical technology. 2009. Vol. 52. Issue. 10. Pp. 96–99. (rus)

20. Khusnutdinov I.Sh., Kopylov A.Yu., Goncharova I.N., Gavrilov V.I., Akhmetzyanov A.M., Romanov G.V., Petrova L.M., Gryaznov P.I. Study of the properties of asphalt concrete non-oxidized residual bitumen obtained by deasphalting natural bitumen [Izucheniye svoystv asfaltobetonov neokislennykh ostatochnykh bitumov. poluchennykh deasfaltizatsiyey prirodnoy bituma]. Chemistry and chemical technology. 2009. Vol. 52. Issue. 4. Pp. 88–91. (rus)

21. Zlobin A. A. Study of the structural organization of oil dispersed systems [Izucheniye strukturnoy organizatsii neftyanykh dispersnykh sistem]. Bulletin of PNRPU. Geology. Oil and gas and mining. 2015. No. 17. Pp. 41–53. (rus)

#### *Information about the authors*

**Obukhov, Alexandr G.** Postgraduate student. E-mail: [Alexandr.Obukhov@lukoil.com](mailto:Alexandr.Obukhov@lukoil.com). Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhov. Russia, 308012, Belgorod, st. Kostyukova, 46.

**Vysotskaya, Marina A.** PhD, Assistant professor. E-mail: [roruri@rambler.ru](mailto:roruri@rambler.ru). Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhov. Russia, 308012, Belgorod, st. Kostyukova, 46.

---

*Received 10.07.2021*

#### **Для цитирования:**

Обухов А.Г., Высоцкая М.А. Эффективные битумные вяжущие для асфальтобетонных покрытий // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2021. № 11. С. 32–40. DOI: 10.34031/2071-7318-2021-6-11-32-40

#### **For citation:**

Obukhov A.G., Vysotskaya M.A. Efficiency of reinforcement of technological soil by mineral modifiers. Bulletin of BSTU named after V.G. Shukhov. 2021. No. 11. Pp. 32–40. DOI: 10.34031/2071-7318-2021-6-11-32-40