

DOI: 10.34031/article_5cd6df466bb9e0.32764094

^{1,*}Высоцкая М.А., ¹Кузнецов Д.А., ¹Литовченко Д.П., ¹Барковский Д.В., ¹Ширяев А.О.¹Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова

Россия, 308012, Белгородская область, г. Белгород, ул. Костюкова, д. 46

*E-mail: roruri@rambler.ru

ПЛАСТИФИКАТОР ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ ПОЛИМЕРНО-БИТУМНЫХ ВЯЖУЩИХ – КАК НЕОБХОДИМОСТЬ

Аннотация. Стремление обеспечить эксплуатационную надежность покрытий автомобильных дорог в условиях роста нагрузок на ось автомобилей и интенсивности движения вызвало большую популярность асфальтобетонных смесей на полимерно-битумном вяжущем. Кроме того, актуальным направлением по обеспечению эксплуатационной надежности асфальтобетонных покрытий стало использование соответствующего типа вяжущего, подходящего для конкретных условий региона, маркируемого по PG. Однако стоит отметить, что обеспечение требуемого комплекса свойств ПБВ во многом зависит не только от процентного содержания полимера, но и от вида применяемого пластификатора. В статье представлены результаты сравнительных испытаний полимерно-битумных вяжущих, приготовленных с применением 6-ти различных пластифицирующих добавок. Исследована зависимость изменения показателей модифицированных вяжущих, а так же их термическая устойчивость. Даны рекомендации, позволяющие сохранить требуемый уровень физико-механических показателей ПБВ.

Ключевые слова: полимерно-битумное вяжущее (ПБВ), физико-механические свойства.

Введение. Важнейшей задачей, стоящей сегодня перед отечественной нефтеперерабатывающей промышленностью, является модернизация и углубление тяжелой нефтепереработки. Критерием эффективности переработки нефти являются объемы выхода светлых нефтепродуктов (бензина, керосина и др.) и смазочных масел. Внедряемые подходы и модернизация производства влекут существенные изменения в тоннаже и свойствах получаемых остатков, а также вносят диссонанс в систему «производитель - потребитель».

Ужесточение требований в сегменте дорожного - строительства к качеству «товарных» вяжущих: нефтяных битумов и их производных, диктует необходимость учета их реологических параметров на стадии подбора асфальтобетонных смесей и усугубляет ситуацию. В виду углубления нефтепереработки, тяжелые нефтяные остатки являются дисперсными системами с истощенной дисперсионной средой, и значительным содержанием дисперсионной фазы – асфальтенов. Это обуславливает необходимость корректировки группового состава вяжущего [1, 2] для восстановления баланса в содержании «асфальтены-мальтены». Особенно это актуально в случае модификации битума полимером, при приготовлении полимерно-битумного вяжущего (ПБВ) [3].

Одним из приемов управления реологическими свойствами, как битума, так и ПБВ для различных условий эксплуатации и назначения является введение пластификаторов [4, 5]. Использование данного метода демонстрирует, что в системах, наполненных мальтеновой частью,

при объединении с полимером, наблюдается пластифицирующий эффект, способствующий развитию пластической деформации образцов, а не хрупкому разрушению, особенно при низких температурах. Это приводит к увеличению разрывных удлинений модифицированного вяжущего, энергии разрушения и эластичности.

Основная часть. В соответствии с законами коллоидной химии устойчивость дисперсных систем, к которым относятся битумы, зависит от степени сродства мальтеновой части (среды) и асфальтенов (фазы). В случае неустойчивости, системы стремятся к разделению фаз. Особенно эти процессы просматриваются при хранении, перекачке, компаундировании и нагреве. Так, например, в битумах с высоким содержанием асфальтенов и парафино-нафтеновых углеводородов при приготовлении ПБВ может наблюдаться расслоение продукта за счет выпадения асфальтеновой фазы.

Подобное поведение вяжущего демонстрирует целесообразность использования для приготовления ПБВ битумов с пенетрацией 130–200 и 200–300 мм⁻¹, в которых соотношение «мальтены – асфальтены» оптимальным в этом случае пластификация не требуется.

Однако ПНСТ 85 [6] и введенная им классификация битумных вяжущих по маркам PG (PerformanceGrade) затронули и само производство вяжущих, внося в него определенные коррективы. Особое внимание стоит уделить маркам PG 70/40 и PG 52/46, получение которых не представляется возможным без дополнительного введения пластифицирующего компонента. Таким образом, на сегодняшний день использование

пластификатора является эффективным инструментом в достижении заданных низкотемпературных параметров модифицированного вяжущего.

Целью работы было обоснование необходимости использования пластификатора при производстве ПБВ, маркируемого по PG.

В представленной работе рассматривалась серия из 6 различных пластификаторов, таблица 1, битум марки БНД 70/100 АО «Газпромнефть МНПЗ», свойства представлены в таблице 2, и полимер SBS L 30- 01 А АО «Воронежсинтезкаучук». Выбор марки битума обоснован его представителем на рынке битумных материалов. Содержание пластификатора и полимера составляло $4,5 \pm 0,5$ % и $3,5 \pm 0,5$ % соответственно.

Таблица 1

Пластификаторы, используемые для приготовления ПБВ

№п/п	Наименование пластификатора
1	Пластификатор 1
2	Экстракт марки. А
3	Суперпластификатор
4	Масло и-20
5	Мазут
6	Мет фракция

Физико-механические показатели битума БНД 70/100

Наименование показателей	Требования ГОСТ 33133	Фактические результаты
Глубина проникания иглы 0,1 мм, при 25 °С при 0 °С	71-100 >21	77 24
Растяжимость, см, при 25 °С при 0 °С	>62 >3,7	100 3,7
Максимальное усилие при растяжении, Н, при температуре, при 25 °С при 0 °С	– –	1,2 118
Температура размягчения °С ,	> 47	49,5
Температура хрупкости, °С	< -18	-22
Динамическая вязкость, Па·с, при 60 °С, Условие 1	–	245,5
Изменение динамической вязкости после сдвигового воздействия, Па·с, при 60 °С , Условие 2	–	12,97
Испытания после старения по методу RTFOT		
Изменение массы образца после старения, %	<0,6	0,2
Изменение температура размягчения ,°С , после старения	<7	6,2
Динамическая вязкость после старения, Па·с, при 60 °С , Условие 1	-	667,11
Изменение динамической вязкости после сдвигового воздействия, после старения Па·с , при 60 °С , Условие 2	-	24,72
Температура хрупкости после старения, °С	<-15	-19

Используемый битум соответствует требованиям [7] предъявляемым к марке БНД 70/100.

В основу определения верхнего (X) и нижнего (Y) значений марки вяжущего по PG положено:

– оценка сопротивления вяжущего сдвиговым нагрузкам путем приложения к образцу, подготовленному по методу RTFOT, знакопеременной синусоидальной сдвиговой нагрузке, с последующим определением комплексного модуля сдвига [8];

– оценка сопротивления вяжущего нагрузке при заданной отрицательной температуре, путем приложения сосредоточенной статической нагрузки на образец-балочку из органического вяжущего, подготовленного по методу PAV, с последующим определением показателей жёсткости и ползучести [9].

В ходе эксперимента, необходимо было, незначительно варьируя содержанием пластификатора, выйти на марку модифицированного вяжущего PG76/28. Диапазон варьирования содержанием пластификатора был принят $4,5 \pm 0,5$ %. Оценка приготовленных ПБВ с использованием различных пластификаторов выполнялась в соответствии с ПНСТ 85 [6]. Полученные результаты представлены в табл. 3.

Таблица 2

Как видно из табл. 3 исходный битум классифицируется как PG58/28, вторая цифра в классификации – показатель жесткости на реометре с изгибом балки (BBR), характеризующий возможность сопротивления вяжущего растрескиванию при пониженной температуре. Введение полимера в его состав способствует переходу вяжущего в марку PG70/22, при этом наблюдается повышение верхнего предела вяжущего и проседание низкотемпературных характеристик, что объясняется недостатком мальтенов в битуме для пластификации полимера, и для большинства регионов РФ не допустимо. Более того, растворить весь полимер в битуме без пластификатора, без

изменения времени и температуры перемешивания состава, не представилось возможным. Исключение из состава полимерно-битумного вяжущего пластифицирующего компонента значительно увеличивает динамическую вязкость системы при температурах 135 °С и 165 °С, комплексный модуль сдвига до и после старения, что придает ПБВ очень высокую вязкость при перекачке вяжущего по системе трубопроводов, перемешивании с минеральной частью асфальтобетонных смесей и усложняет выполнение технологических операций на дорожно-строительных объектах, отрицательно влияет на удобоукладываемость и уплотняемость полимер-асфальтобетонов на его основе [10, 11].

Таблица 3

Показатели свойств вяжущего по PG

Наименование пластификатора при приготовлении ПБВ (номер состава)	Динамическая вязкость, Па·с		Комплексный модуль сдвига до старения, °С	Изм. массы, %	Комплексный модуль сдвига после старения RTFOT, °С	Жесткость на реометре с изгибом балки (BBR)						Марка вяжущего
	135 °С	165 °С				-12 °С		-18 °С		-24 °С		
						жесткость МПа	ползучесть	жесткость МПа	ползучесть	Жесткость МПа	ползучесть	
Пластификатор 1 (1)	1,817	0,474	80,5	0,26	78,6	–	–	124,63	0,323	248,42	0,299	76/28
Экстракт марки А (2)	1,866	0,423	81,2	0,30	80,4	–	–	125,49	0,327	242,55	0,298	76/28
Суперпластификатор (3)	1,508	0,362	78,1	0,83	70,1	–	–	118,62	0,305	263,74	0,257	70/28
Масло индустриальное (4)	1,653	0,391	77,1	0,81	73,1	–	–	116,85	0,302	246,64	0,267	70/28
Мазут (5)	1,954	0,545	83,6	0,36	80,9	–	–	136,54	0,315	258,87	0,285	76/28
Мет фракция (6)	2,152	0,653	84,8	0,21	81,8	–	–	131,14	0,314	261,49	0,285	76/28
БНД 70/100 (7)	0,389	0,106	65,1	0,38	62,5	–	–	166,45	0,304	325,83	0,265	58/28
Без пластификатора (8)	2,798	0,878	86,8	0,24	71,4	148,18	0,339	133,50	0,289	–	–	70/22

Примечание* Марка вяжущего определяется согласно столбцу 6 (верхний предел) и столбцам 7–10 (нижний предел) по ПНСТ 86 «Порядок определения марки с учетом температурного диапазона эксплуатации»

Обогащение битума углеводородами, посредством введения пластификатора, напротив, позволяет значительно расширить низкотемпературный диапазон работы вяжущего и достичь необходимого показателя модуля сдвига в достаточно высоком диапазоне температур.

Однако, не каждый пластифицирующей компонент позволяет получить вяжущее, характеризующееся совокупностью желаемых (проектируемых) свойств. При детальном рассмотрении данных табл. 3 становится очевидным, что образцы ПБВ с применением пластификаторов

№ 5 и достаточно жесткие и находятся на границе марки.

Для доказательного обоснования необходимости использования пластификаторов при производстве ПБВ были рассчитаны основные параметры качества вяжущего, регламентируемые [9]. В соответствии с используемой методикой, необходимо оценить эффективность каждого состава, выполненного с использованием различных пластификаторов, табл. 3. В основу оценки положен расчет частных критериев эффективности, рассчитывающихся по формуле:

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

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

Результаты расчетов представлены в табл. 4.

На основании полученной базы частных критериев эффективности для ПБВ, приготовленных с использованием пластификаторов (со-

ставы 1–6) и без (состав 8), а также исходного битума (состав 7) был рассчитан для каждого состава обобщенный критерий эффективности.

$$K_{\text{эф}}^{\text{об.}} = \sqrt[6]{N_{n=1}^i \cdot K_{\text{эф}}^i}, \quad (2)$$

Результаты расчета обобщенных критериев эффективности для составов ПБВ, приготовленных с использованием пластификаторов и без представлены в виде диаграммы на рис. 1.

Таблица 4

Частные критерии эффективности для ПБВ

Вязущее		Критерии эффективности			
		комплексного модуля сдвига до старения	жесткости по BBR	комплексного модуля сдвига после старения на RTFOT	пластичности
состав вяжущего	№ состава				
Битум + Пластификатор 1	1	1,06	1,21	1,03	0,98
Битум + Экстракт марки А	2	1,07	1,21	1,06	0,99
Битум + Суперпластификатор	3	1,03	1,02	0,92	0,93
Битум + Масло промышленное	4	1,01	1,01	0,96	0,96
Битум + Мазут	5	1,10	1,11	1,06	0,98
Битум + Мет фракция	6	1,12	1,10	1,08	0,97
БНД 70/100	7	0,86	1,02	0,82	0,97
Битум без пластификатора	8	1,01	0,95	0,94	0,95

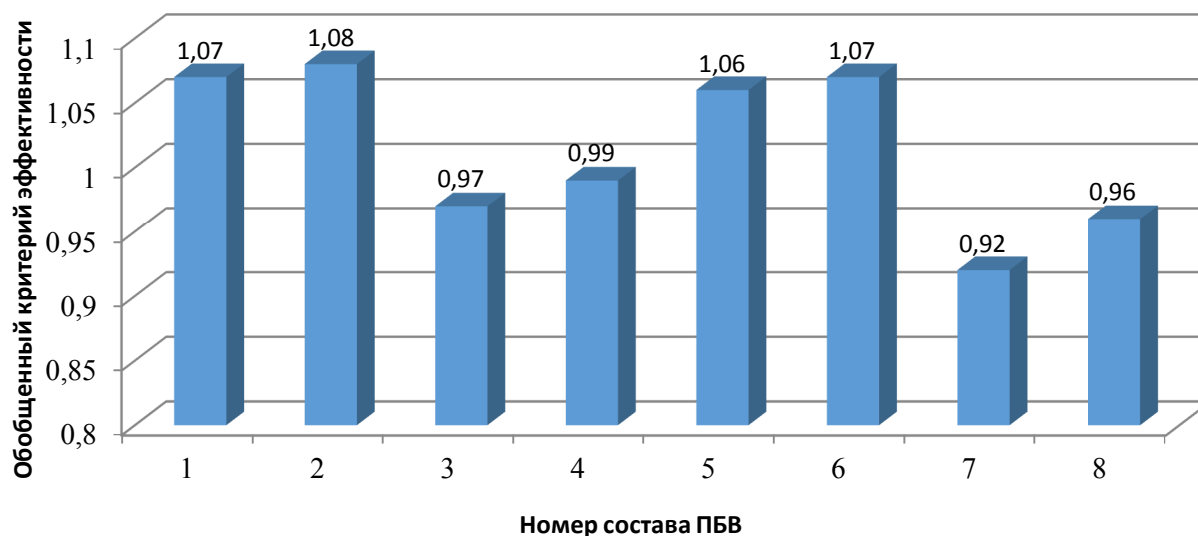


Рис. 1. Обобщенные критерии эффективности составов ПБВ

Комплексная оценка влияния пластификатора на свойства конечного продукта – ПБВ, выполненная на основании анализа обобщенных критериев эффективности, демонстрирует необходимость использования пластифицирующих компонентов, для достижения требуемых показателей свойств модифицированного вяжущего.

Вывод. Таким образом, наличие пластифицирующих компонентов в вяжущем – не только важное, но и необходимое условие получения качественного ПБВ [14, 15]. Однако необходима разработка параметров эффективности пластификаторов и методики их оценки, позволяющих прогнозировать работу и долговечность композиции. Также, варьируя только содержанием пластификатора, становится возможным корректировать нижний предел марки по РГ для использования в регионах с низкими зимними температурами. При этом увеличение высокотемпературных параметров, в случае необходимости, становится возможным за счет увеличения содержания полимера.

Более того, введение пластификатора позволяет ускорить процесс приготовления ПБВ, обеспечить щадящий температурный режим его приготовления (не выше 160 °С), а также существенно повысить эффективность вводимого полимера.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Ширкунов А.С., Рябов В.Г., Парфенова Е.В. Получение дорожных полимерно-битумных вяжущих с улучшенной стойкостью против старения на базе компаундированной битумной основы и модификатора «Elvaloy 4170 RET» // Научно-технический вестник Поволжья. 2012. № 5. С. 378–383.
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. Золотарев В.А. Дорожные битумные вяжущие: учебник для студентов высших учебных заведений. М.: Изд-во АСВ, 2014. 180 с.
4. Золотарев В.А. Битумы, модифицированные полимерами и добавками. Избранные труды. Том 2. СПб.: Славутич, 2013. 149 с.
5. Золотарев В.А. Дорожные битумные вяжущие: учебник для студентов высших учебных заведений. Х.: ХНАДУ, 2014. 180 с.
6. ПНСТ 86 Порядок определения марки с учетом температурного диапазона эксплуатации. Введ. с 10.03.2016. Москва: изд-во стандартов, 2016. 8 с.
7. ГОСТ 33133-2014 Дороги автомобильные общего пользования. Битумы нефтяные дорожные вяжущие. Технические требования (с Поправкой). введ. 01.10.2015. М.: Стандартинформ, 2015. 11 с.
8. ПНСТ 87 Метод определения свойств с использованием динамического сдвигового реометра (DSR) Введ. с 10.03.2016. Москва: Изд-во стандартов, 2016. 11 с.
9. ПНСТ 79 «Метод определения жесткости и ползучести битума при отрицательных температурах с помощью реометра, изгибающего балочку (BBR)». Введ. с 10.03.2016. Москва: Изд-во стандартов, 2016. 12 с.
10. McNally T. Polymer Modified Bitumen: Properties and Characterization. U.K.: Woodhead Publishing Limited. 2011. 424 p.
11. Airey G.D. Factors affecting the rheology of polymer modified bitumen. Polymer Modified bitumen. Woodhead Publishing Cambridge, UK, 2011.
12. Галдина В.Д. Кинетика термоокислительного старения битумов различной природы // Вестник ТТГАСУ. 2011. № 3. С. 133–139.
13. Аюпов Д.А., Хакимуллин Ю.Н., Макаров Д.Б. Теоретические аспекты расслаиваемости битумо-полимерных вяжущих // Вестник технологического университета. 2016. №.19. №23.
14. Блажеёвский К., Печаковский Х. Битумный справочник. Польша 2014. 142 с.
15. Киндеев О.Н., Высоцкая М.А., Шеховцова С.Ю. Влияние вида пластификатора на свойства битума и полимерно-битумных вяжущих // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2016. №1. С. 26–31.

Информация об авторах

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

Кузнецов Дмитрий Алексеевич, кандидат технических наук, доцент кафедры автомобильных и железных дорог. E-mail: xidox@yandex.ru. Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова. Россия, 308012, Белгород, ул. Костюкова, д. 46.

Литовченко Дмитрий Павлович, магистрант кафедры строительного материаловедения, изделий и конструкций. E-mail: litov4enko.dmitrij@yandex.ru. Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова. Россия, 308012, Белгород, ул. Костюкова, д. 46.

Барковский Дмитрий Владиславович, аспирант кафедры строительного материаловедения, изделий и конструкций. E-mail: aerodorstroy@yandex.ru. Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова. Россия, 308012, Белгород, ул. Костюкова, д. 46.

Ширяев Артем Олегович, магистрант кафедры строительного материаловедения, изделий и конструкций. E-mail: shiryayev.ao@mail.ru. Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова. Россия, 308012, Белгород, ул. Костюкова, д. 46.

Поступила в марте 2019 г.

© Высоцкая М.А., Кузнецов Д.А., Литовченко Д.П., Барковский Д.В., Ширяев А.О., 2019

^{1,*}*Vysotskaya M.A., ¹Kuznetsov D.A., ¹Litovchenko D.P., ¹Barkovsky D.V., ¹Shiriaev A.O.*

¹*Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhova*

Russia, 308012, Belgorod, st. Kostyukova, 46

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

THE NEED FOR A PLASTICIZER IN THE PRODUCTION OF POLYMERIC-BITUMEN BINDERS

Abstract. *The popularity of asphalt mixes on a polymer-bitumen binder is caused by the desire to ensure the operational reliability of road pavements due to the axle load of vehicle and the intensity of traffic. In addition, the use of an appropriate type of binder has become an important direction in ensuring the operational reliability of asphalt concrete pavements, suitable for the specific conditions of the region, marked with PG. The provision of required set of properties of the polymer-bitumen binder largely depends on the percentage of the polymer and on the type of plasticizer used. The article presents the results of comparative tests of polymer-bitumen binders with the use of six different plasticizing agents. The dependence of changes in the indicators of modified binders and their thermal stability is investigated. Recommendations are given to maintain the required level of physical and mechanical parameters of polymer-bitumen binder.*

Keywords: *polymer-bitumen binder, physical and mechanical properties.*

REFERENCES

1. 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 uluchshennoj stojkost'yu protiv stareniya na baze kompaundirovannoj bitumnoj osnovy i modifikatora «Elvaloy 4170 RET»*]. Scientific and Technical Bulletin of the Volga region. 2012. No. 5. Pp. 378–383. (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. Zolotarev V.A. Road bitumen binders: a textbook for university students [*Dorozhnye bitumnye vyazhushchie: uchebnik dlya studentov vysshih uchebnykh zavedenij*]. M.: Publishing house DIA, 2014. 180 p. (rus)
4. Zolotarev V.A. Bitumens modified with polymers and additives [*Bitumy, modificirovannye polimerami i dobavkami*]. Selected Works. Volume 2 SPb.: Slavutich, 2013. 149 p. (rus)
5. Zolotarev V.A. Road bitumen binders [*Dorozhnye bitumnye vyazhushchie*]: a textbook for university students. Kh.: KhNADU. 2014. 180 p. (rus)
6. PNST 86 The procedure for determining the brand, taking into account the temperature range of operation [*Poryadok opredeleniya marki s uchetom temperaturnogo diapazona ehkspluatacii*]. Enter from 10.03.2016. Moscow: publishing house of standards. 2016. 8 p. (rus)
7. GOST 33133-2014 Public roads. Bitumens oil road viscous [*Dorogi avtomobil'nye obshchego pol'zovaniya. Bitumy neftyanye dorozhnye vyazkie*]. Technical requirements (with amendment). Enter 10/01/2015. M.: Standardinform, 2015. 11 p. (rus)
8. PNST 87 Method for Determining Properties Using a Dynamic Shear Rheometer (DSR) [*Metod opredeleniya svoystv s ispol'zovaniem dinamicheskogo sdvigovogo reometra*]. Int. from 10.03.2016. Moscow: Publishing house of standards, 2016. 11 p. (rus)
9. PNST 79. Method for determining the stiffness and creep of bitumen at low temperatures using a beam bending rheometer (BBR) [*Metod opredeleniya zhestkosti i polzuchesti bituma pri otricatel'nyh temperaturah s pomoshch'yu reometra, izgibayushchego balochku (BBR)*]. Enter from 10.03.2016.

Moscow: standards publishing house, 2016. 12 p. (rus)

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

11. Airey G.D. Factors affecting the rheology of modified bitumen. Polymer Modified bitumen. Woodhead Publishing Cambridge, UK, 2011.

12. Galdina V.D. Kinetics of thermo-oxidative aging of bitumens of various nature [*Kinetika termookislitel'nogo stareniya bitumov razlichnoj prirody*]. Vestnik TTGASU. 2011. No. 3. Pp. 133–139. (rus)

13. Ayupov D.A., Khakimullin Yu.N., Makarov D.B. Theoretical aspects of the separation of bitumen-polymer binders [*Vliyaniye vida plastifikatora*

na svoystva bituma i polimerno-bitumnyh vyazhushchih]. Bulletin of the Technological University. 2016. No. 19. No. 23. (rus)

14. Blazheyevsky K., Pechakovsky H. Bituminous handbook [*Bitumnyj spravochnik*]. Poland 2014. 142 p. (rus)

15. Kindeev O.N., Vysotskaya M.A., Shekhovtsova S.Yu. The influence of the type of plasticizer on the properties of bitumen and polymer-bitumen binders [*Vliyaniye vida plastifikatora na svoystva bituma i polimerno-bitumnyh vyazhushchih*]. Bulletin of BSTU named after V.G. Shukhov. 2016. No. 1. Pp. 26–31. (rus)

Information about the authors

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

Kuznetsov, Dmitry A. PhD, Assistant professor. E-mail: xidox@yandex.ru. Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhov. Russia, 308012, Belgorod, st. Kostyukova, 46.

Litovchenko, Dmitry P. Master student. E-mail: litov4enko.dmitrij@yandex.ru. Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhov. Russia, 308012, Belgorod, st. Kostyukova, 46.

Barkovsky, Dmitry V. Postgraduate student. E-mail: aerodorstroy@yandex.ru. Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhov. Russia, 308012, Belgorod, st. Kostyukova, 46.

Shiriaev, Artem O. Master student. E-mail: shiryaev.ao@mail.ru. Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhov. Russia, 308012, Belgorod, st. Kostyukova, 46.

Received in Marsh 2019

Для цитирования:

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. DOI: 10.34031/article_5cd6df466bb9e0.32764094

For citation:

Vysotskaya M.A., Kuznetsov D.A., Litovchenko D.P., Barkovsky D.V., Shiriaev A.O. The need for a plasticizer in the production of polymeric-bitumen binders. Bulletin of BSTU named after V.G. Shukhov. 2019. No. 5. Pp. 16–22. DOI: 10.34031/article_5cd6df466bb9e0.32764094