

УДК 625. 731.813

## О ВЛИЯНИИ ДОБАВОК ПОВЕРХНОСТНО-АКТИВНЫХ ВЕЩЕСТВ ИЗ ОТХОДОВ ХИМИЧЕСКОГО ПРОИЗВОДСТВА НА ТРЕБУЕМЫЙ РАСХОД ВЯЖУЩЕГО ДЛЯ ПРИГОТОВЛЕНИЯ ОРГАНИЧЕСКИХ БЕТОНОВ

Салихов М.Г., Иливанов В.Ю., Малянова Л.И.

ФГБОУ ВПО «Поволжский государственный технологический университет»,  
Йошкар-Ола, , e-mail: Salichov@mail, ilivanovv@rambler.ru, malyanova.lidia@mail.ru

В работе рассмотрены и анализируются методы экспериментального и аналитических методов расчета расхода вяжущего для приготовления классических щебеночных и щебеночно-мастичных асфальтобетонов с использованием отсевов дробления известняков для верхнего слоя покрытий автомобильных дорог. Рассмотрено влияние на процессы структурообразования добавок небольшого количества кубовых отходов местной химической промышленности, которые выступают в качестве поверхностно-активных веществ в нефтяных битумах и рассмотренных органических бетонах. На основе анализа известных теоретических представлений и изучения микроструктур образцов различного состава показана возможность сокращения в потребности битума для приготовления классических щебеночных и щебеночно-мастичных асфальтобетонов с отсевами дробления известняков и дана сравнительная оценка аналитическим методам расчета расхода битума для их приготовления.

**Ключевые слова:** отходы промышленности, поверхностно-активные вещества, щебеночно-мастичные асфальтобетоны, методы расчета, расход вяжущего, экономия битума

## THE EFFECT OF SUPPLEMENTATION OF SURFACTANTS FROM CHEMICAL WASTES ON THE REQUIRED CONSUMPTION OF ASTRINGENT FOR THE PREPARATION OF ORGANIC CONCRETE

Salikhov M.G., Ilivanov V.Y., Malianova L.I.

FGBOU VPO «Volga Region State University of Technology», Yoshkar-Ola, e-mail: Salichov@mail.ru, ilivanovv@rambler.ru, malyanova.lidia@mail.ru

In this work are studied and analyzed the methods of experimental and analytical methods of calculation of the consumption of astringent for the preparation of the classical crushed stone and crushed stone mastic asphalt concretes with using the siftings of crushed limestone for the upper layer of automobile road pavements. It is examined the influence for processes of pattern formation of additives of a small amount of stillage bottoms of local chemical industry, which are shown as surfactants in the oil bitumen and studying organic concretes. On the basis of the analysis of known theoretical concepts and studying of microstructures of samples of different composition is shown the possibility of reduction in the requirement in bitumen for making the classical crushed stone and crushed stone mastic asphalt concretes with the siftings of crushed limestone and is given the comparative assessment of the analytical methods of calculation of the consumption of bitumen for their preparation.

**Keywords:** waste of industry, surfactants, crushed stone mastic asphalt concretes, methods of calculation, consumption of astringent, saving of bitumen

В последние годы с целью снижения себестоимости одного из прогрессивных материалов для верхнего слоя покрытий автодорог – щебеночно-мастичных асфальтобетонов [2] и широко применяемых классических горячих щебеночных асфальтобетонов [2], в их составах взамен песка, минерального порошка и стабилизирующей добавки предложено использовать отсевы дробления малопрочных известняков [6, 9]. Однако при этом возрастает требуемое для их приготовления количество битума. Это, прежде всего, объясняется возрастанием в структуре асфальтового вяжущего доли более битумоемких карбонатных составляющих.

Работоспособность и повышенная битумоемкость предложенных составов теоретически обоснованы, подтверждены и реализованы экспериментально как в лаборатории, так и в полевых условиях [3].

С другой стороны, известно, что введение в асфальтобетонные смеси небольшого количества поверхностно-активных веществ (ПАВ) может привести к снижению расхода вяжущего и к другим положительным эффектам [4, 5].

**Целью данной работы** является поиск эффективного метода экономии битума при приготовлении горячих асфальтобетонных и щебеночно-мастичных асфальтобетонных смесей пониженной себестоимостью и расходом вяжущего, поиск отходов местного химического производства, пригодных к использованию в качестве поверхностно-активных веществ и разработка и оценка аналитических методов назначения расхода вяжущего при проектировании составов органических бетонов.

Как было сказано выше, что при введении в асфальтобетонные смеси небольшого количества катионо- или анионоактивных

ПАВ достигается положительный эффект не только в экономии требуемого для приготовления смесей битума, но и проявляется улучшение некоторых свойств асфальтобетонов с их использованием. В данной работе в качестве ПАВ опробовано 2 вида отходов химического производства ОАО «Химпром» в г. Чебоксары – кубовые остатки производства анилина и Новантокса 8 ПФДА. В ходе лабораторных опытов исследовано влияние этих добавок в расплавленный нефтяной вязкий битум в количестве от 0,5 до 3,5% по массе. Установлено, что при количестве 0,5...1,2% они вполне могут выступать в качестве ПАВ.

Для экспериментов подобраны следующие составы:

а) щебеночно-мастичный асфальтобетон (ЩМА) вида ЩМА-20 с отсевами дробления известняков (ОДИ), в % по массе: щебень М 1400 фр. 5...20 мм – 70,0...73,5; отсева дробления известняков М 400 фр. 0...5 мм – 26,5...30,0; битум вязкий БНД 90/130 – 5,6...7,5 (сверх 100%); кубовые остатки производства Новантокса 8 ПФДА в количестве 0,5...1,2% (от массы битума);

б) горячий асфальтобетон (АБ) с ОДИ, в % по массе: щебень М 1400 фр. 5...20 мм – 46,0...48,0; отсева дробления прочных пород (ОДЩ) фр. 0...5 мм – 38...50; ОДИ – 3...15; битума вязкого БНД 90/130 – 4,5...6,0 (сверх 100%); добавки кубовых остатков производства анилина – 0,5...1,00 (от массы битума).

В результате проведения экспериментов установлено, что при добавлении в битум 0,6% кубовых остатков производства Новантокса 8 ПФДА для приготовления ЩМА с ОДИ требуемый расход вяжущего составляет 5,8% (сверх 100% от массы минеральной части) и при приготовлении АБ типа Б с ОДИ при добавлении в битум кубовых остатков производства анилина в количестве 0,6% (от массы битума), он составляет 4,8% (сверх 100% от массы минеральной части). В первом случае экономия битума по сравнению с ЩМА с ОДИ без ПАВ составила 22,6% [6], во втором случае, по сравнению с классическим АБ без ПАВ – 3,5...29,5% [2]. Эти данные, во-первых, подтверждают, что вышеуказанные отходы химического производства вполне могут выступить в качестве поверхностно-активных добавок в асфальтовые бетоны; во-вторых, позволяют сэкономить требуемое для приготовления смесей количество вяжущего – вязкого нефтяного битума при сохранении большинства и улучшении некоторых их свойств [7, 8, 9].

О возможности снижения расхода вяжущего при приготовлении асфальтобетонных

смесей и регулирования физико-механических свойств и структуры битумов и смесей на их основе путем введения небольшого количества ПАВ указывали многие исследователи: например, Гезенцев Л.Б., Гезенцев А.Л., Кучма М.И., Михайлов В.В., Руденская И.М., Королев И.В. и другие [4, 5]. Влияние ПАВ в органических бетонах согласуется с известными представлениями об их влиянии на процесс смачивания и взаимодействия органических вяжущих с поверхностями минеральных материалов, на изменение (снижение) потенциала их поверхностной энергии (поверхностной активности) и структурообразование в органических смесях. В результате этого, вокруг минеральных зерен, особенно карбонатных пород, образуются пленки вяжущего меньшей толщины или в меньшей степени подверженные расслоению. При этом наблюдается также резкое уменьшение явления проникания вяжущего (пропитки) во внутреннюю структуру зерен минералов, уменьшения неоднородностей и сгустков вяжущего в асфальтовом вяжущем. Следствием этого является общее уменьшение в потребности битума для приготовления битумо-минеральных и асфальтобетонных (щебеночно-мастичных) смесей. Данные утверждения авторами подтверждены путем изучения микроструктуры образцов органических бетонов при помощи сканирующего зондового микроскопа «NtegraPrima», установленного в Центре коллективного пользования ПГТУ.

Для упрощения задачи минеральные зерна в уплотненных смесях представлены в виде шаров, соприкасающихся друг с другом в трех точках, т.е. как прерывисто подобраный грансостав с коэффициентом сбега 0,43...0,50. При этом межзерновые пустоты заполняются зернами меньшего класса по размерам. Для анализа взяты варианты:

- а) ЩМА с ОДИ без добавок ПАВ;
- б) ЩМА с ОДИ с добавками ПАВ;
- в) АБ типа Б с ОДИ без ПАВ;
- г) АБ типа Б с ОДИ и с добавками ПАВ.

Количество битума, необходимое для заполнения межзернового пространства или битумоемкость по Гезенцеву Л.Б. [5], тогда будет

$$Q_0 = \frac{\Pi - n_0}{\delta_0}, \quad (1)$$

где  $\Pi$  – межзерновая пустотность в органических бетонах (рис. 1);  $n_0$  – остаточная смесей в уплотненном состоянии: для ЩМА по [1]  $n_0 = 1,5...4,5\%$ , для АБ типа Б по [2]  $n_0 = 2,5...5,0\%$ ;  $\delta_0$  – средняя плотность уплотненной смеси, г/см<sup>3</sup>.

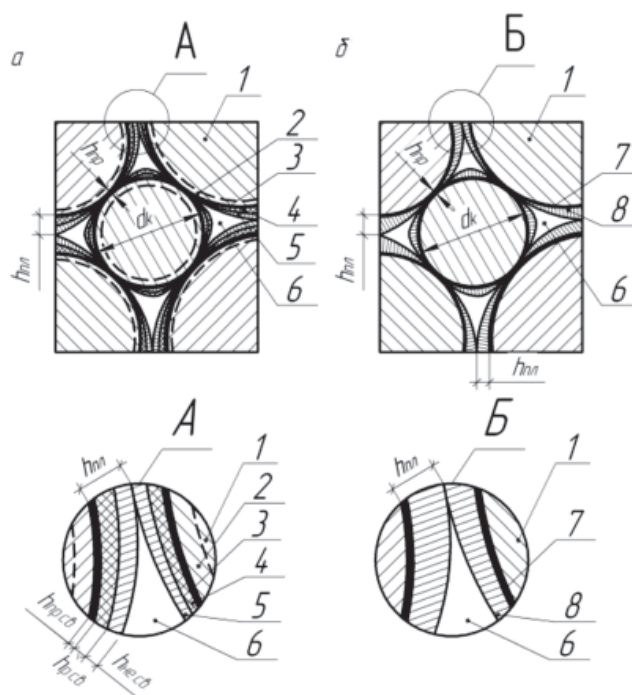


Рис. 1. Схемы микроструктуры смесей с ОДИ:  
а – без ПАВ; б – при присутствии ПАВ:

1 – минеральное зерно; 2 – пропитанная в минеральные зерна на глубину  $h_{np}$  часть битума;  
3 – прочносвязанная часть пленки битума; 4 – рыхлосвязанная часть пленки битума  
толщиной  $h_{p.св}$ ; 5 – неориентированная часть пленки битума; 6 – остаточная пора; 7 – слой ПАВ;  
8 – не расслоившаяся (неориентированная) часть пленки битума толщиной  $h_{н.л}$ .

Рассчитанные по данной формуле значения битумоемкости для различных пород приведены в табл. 1.20 ист. [3].

В ЩМА (АБ) классических составов карбонатные составляющие представлены чаще всего минеральным порошком, у ЩМА (АБ) с ОДИ – отсевами дробления известняков. Последние в процессе взаимодействия между собой впитывают (пропитывают) часть битума в свою структуру, поэтому формулу (1) нужно записать так:

$$Q_6 = \frac{\Pi - n_o}{\delta_o} + Q_{np}, \quad (2)$$

где  $Q_{np}$  – доля пропитанной в зерна минеральных составляющих части битума: по формуле (3.27) ист. [10]:

$$Q_{np} = 0,11 + 2,18 \frac{h_{np}}{d_{к.ч}} - 8,82 \frac{h_{np}^2}{d_{к.ч}^2}, \quad (3)$$

где  $h_{np}$  – глубина пропитки битума в пористые карбонатные зерна;  $d_{к.ч}$  – поперечный размер карбонатной части смеси.

С учетом разнофракционности минеральной части смесей можно записать:

$$Q_6^m = \sum_{i=1}^n m_i B_i, \quad (4)$$

где  $i = 1 \dots n$  – количество классов фракций минеральной части смесей;  $B_i$  – их значения приведены в табл. 1.20 ист. [5];  $m_i$  – масса отдельных классов минеральной части смесей.

Если известен фракционный состав минеральной части асфальтобетонов, то необходимый расход битума, в % от массы минеральной части, можно записать так:

$$Q_6^m = \left( \frac{\sum_{i=1}^n S_i \cdot h_{пл} \cdot \rho_6 + Q_{np} \cdot m_{к.ч}}{m_{м.ч}} \right) 100, \quad (5)$$

где  $h_{пл}$  – средняя толщина пленки битума;  $\rho_6$  – плотность битума;  $m_{м.ч}$  – масса минеральной частицы ЩМА (АБ);  $m_{к.ч}$  – масса карбонатной части минеральных составляющих;  $S_i$  – площадь внешней поверхностей минеральной части.

Как показывают результаты экспериментов [5], вышеописанная модель для разнофракционной минеральной части не корректна из-за неодинакового распределения битумов в смесях во всем объеме.

При введении в ЩМА (АБ) с ОДИ поверхностно-активных веществ можно принять два допущения:

1. Обеспечивается равномерное обволакивание битумом всей внешней поверхности зерен минеральных составляющих смесей;

2. Из-за накопления на границах разделов фаз «карбонатный камень-вяжущее» монослоя ПАВ пропитки во внутреннюю структуру зерен битума не происходит (см. рис. 1, б и рис. 2 и 3).

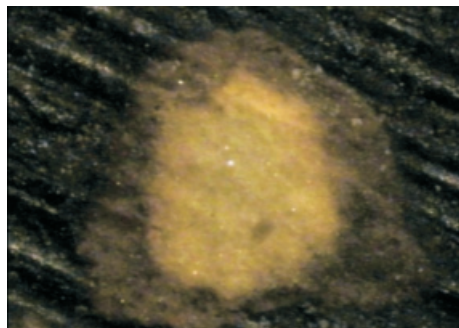


Рис. 2. Микрофотография одиночного зерна ОДИ в ЩМА без введения ПАВ с 750-кратным увеличением

Как видно из рис. 2, в случае объединения микрочастицы с расплавленным битумом произошло проникновение последнего на определенную глубину этой частички, а при введении ПАВ (рис. 3) такого проникновения не наблюдается.

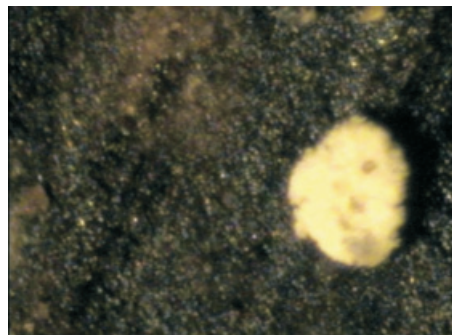


Рис. 3. Микрофотография одиночного зерна ОДИ в ЩМА при введении ПАВ с 750-кратным увеличением

В этом случае для подсчета требуемого количества битума можно воспользоваться формулой (6):

$$Q_6^m = \left( \frac{\sum_{i=1}^n S_i \cdot h_{пл} \cdot \rho_6}{m_{м.ч}} \right) 100. \quad (6)$$

Для проверки и оценки адекватности рассмотренных моделей с эксперименталь-

ными данными выполнены расчеты для четырех составов органических бетонов, составы которых показаны в табл. 1: в них у составов № 1, 2 и 3, 4 минеральная часть соответственно идентичная, однако в состав 2 добавлен 0,5% от массы битума отход производства анилина, а в состав № 4 – кубовый остаток производства 8 ПФДА соответственно.

Таблица 1

Зерновой состав ЩМА (АБ) смесей (частные остатки на ситах)

Номер состава	Минеральный материал в составе ЩМА (АБ)	Размеры сит, мм										
		20	15	10	5	2,5	1,25	0,63	0,315	0,16	0,071	менее 0,071
1	ЩМА: щебень М1400 фр. 5–20 мм (72,7%)	4,0	26,3	32,57	9,82	–	–	–	–	–	–	–
	ОДИ фр. 0–5 мм (27,3%)	–	–	0,55	0,68	5,33	1,77	3,96	3,27	2,73	0,96	8,05
2	ЩМА: щебень М1400 фр. 5–20 мм (72,7%)	4,0	26,3	32,57	9,82	–	–	–	–	–	–	–
	ОДИ фр. 0–5 мм (27,3%)	–	–	0,55	0,68	5,33	1,77	3,96	3,27	2,73	0,96	8,05
3	АБ типа Б: щебень М 1400 фр. 5–20 мм (47,0%)	0,66	11,04	10,72	22,65	0,93	–	–	–	–	–	–
	песок дробленый (43,0%)	–	–	0,47	5,14	11,88	10,89	2,78	5,21	2,38	4,25	–
	ОДИ фр. 0–5 мм (10,0%)	–	–	–	1,15	1,95	1,55	1,68	1,97	1,72	1,96	–
4	АБ типа Б: щебень М 1400 фр. 5–20 мм (47,0%)	0,66	11,04	10,72	22,65	0,93	–	–	–	–	–	–
	песок дробленый (43,0%)	–	–	0,47	5,14	11,88	10,89	2,78	5,21	2,38	4,25	–
	ОДИ фр. 0–5 мм (10,0%)	–	–	–	1,15	1,95	1,55	1,68	1,97	1,72	1,96	–

Далее в табл. 2 и 3 приведены результаты расчетов значений площадей внешних поверхностей минеральных частиц смеси четырех составов с массой по 1 кг и их значения битумоемкости, рассчитанные по формулам (3)–(5).

**Таблица 2**

Значения площадей внешних поверхностей 1 кг минеральных частиц и их битумоемкость

Номера составов и название смесей	Название материала и фракционный состав минеральной части, мм	Содержание минеральных частиц по классам, г	Значения удельной площади внешних поверхностей минеральных составляющих по [10], кг/м <sup>2</sup>	Значения внешних поверхностей $S_{\text{ф}} \cdot 10^4$ , см <sup>2</sup>	Толщина битумных пленок $h_{\text{пл}} \cdot 10^{-4}$ см по [10]	Битумоемкость отдельных классов фракций минеральных частиц, %, по [10]	Битумоемкость смеси, % по формуле (4)
1, 2 ЩМА	Известняк:						
	Менее 0,071	79,7	340	27,098	0,26	16,0	1,275
	0,071–0,14	9,45	70	0,6615	1,86	9,40	0,089
	0,14–0,315	27,0	25	0,6750	3,60	7,30	0,197
	0,315–0,63	32,4	13	0,4212	4,40	7,00	0,227
	0,63–1,25	39,15	6	0,2349	9,00	6,00	0,237
	1,25–3,00	17,55	3,5	0,0614	14,00	5,30	0,093
	3–5	52,65	1,6	0,0642	33,00	4,60	0,242
	5–10	6,75	0,71	0,0048	54,00	3,20	0,022
	10–15	5,40	0,40	0,0022	66,00	3,00	0,016
	Гранит:						
	5–10	98,55	1,70	0,1675	64,00	5,20	0,512
	10–15	327,04	0,74	0,2518	78,00	4,70	1,537
	15–20	264,26	0,44	0,1163	82,00	4,50	1,189
20–25	40,15	0,28	0,0114	83,00	4,50	0,181	
Итого:							5,817
3, 4 АБ	Известняк:						
	0,071–0,14	19,60	340	1,3720	1,86	9,40	0,184
	0,14–0,315	17,20	70	0,430	3,60	7,30	0,126
	0,315–0,63	19,70	25	0,256	4,40	7,00	0,138
	0,63–1,25	16,80	13	0,1001	9,00	6,00	0,101
	1,25–3,00	15,50	6	0,0543	14,00	5,30	0,082
	3–5	19,50	3,5	0,0312	33,00	4,60	0,090
	5–10	10,50	1,6	0,0117	54,00	3,20	0,034
	Гранит:						
	3–5	127,1	1,7	0,2116	39,0	5,60	0,712
	5–10	276,9	0,74	0,2049	64,00	5,20	1,440
	10–15	110,9	0,44	0,0488	78,00	4,70	0,521
	15–20	109,4	0,28	0,0306	82,00	4,50	0,492
	20–25	6,4	0,28	0,0018	83,00	4,50	0,003
	0,071–0,14	41,5	67	2,7805	1,84	4,50	0,349
	0,14–0,315	22,8	28	0,6384	3,40	8,40	0,169
	0,315–0,63	51,1	14	0,7154	4,30	7,40	0,327
	0,63–1,25	26,8	5,8	0,1554	6,70	6,40	0,158
	1,25–3,00	107,9	2,5	0,2698	16,00	5,90	0,615
Итого:							5,70

Как видно из табл. 3, значения расхода вяжущего для смесей с добавками ПАВ, рассчитанные по формуле (6), достаточно близко совпадают с экспериментальными величинами. Для смесей без добавок ПАВ расчетные значения расхода вяжущего, рас-

считанные по формулам (4), (5) и найденные экспериментально, отличаются между собой. Это можно объяснить не учетом в этих формулах пропитанной в минеральные зерна части и присутствием сгустков вяжущего и неоднородностей в структуре смесей.

**Таблица 3**  
Сопоставительные значения расхода вяжущего для различных смесей

Но- мера соста- вов	Название и количество добавки ПАВ, % от мас- сы битума	Расход битума, % от массы минеральной части (сверх 100%)				
		по экспе- рименту	пропитанной в ми- неральные зерна части по формуле (3)	по фор- муле (4)	по фор- муле (5)	по фор- муле (6)
1	Без ПАВ	7,5	2,97	5,82	8,91	–
2	Кубовые остатки про- изводства Новантокса 8ПФДА – 0,5	5,8	0	5,82	–	5,94
3	Без ПАВ	5,8	1,32	5,51	6,52	-
4	Кубовые остатки произ- водства анилина – 0,5	4,8	0	5,51	–	5,20

### Выводы

1. Отходы местной химической промышленности ОАО «Химпром» – кубовые остатки производства Новантокса 8ПФДА и анилина, могут применяться в качестве модифицирующих добавок (ПАВ) в вязкие битумы для производства асфальтобетонных и щебеночно-мастичных асфальтобетонных смесей с ОДИ в количестве 0,5–1,2% от массы вязкого битума.

2. Подтверждено, что использование кубовых отходов производства Новантокса 8ПФДА и анилина в количестве 0,5–1,2% от массы вязкого битума позволяет снизить расход битума на 17,3–22,6%. Соответственно это позволит более широко применять асфальтобетоны и щебеночно-мастичные асфальтобетоны с отсевами дробления известняков уменьшенной себестоимости в качестве конструкционного материала покрытий автомобильных дорог общего пользования и магистральных ведомственных, в частности, дорог. Одновременно решается вопрос эффективной утилизации отходов местной химической промышленности.

3. Предложенные формулы (4)–(6) и методики расчета расхода вяжущего позволяют специалистам запроектировать и принимать обоснованные решения по назначению требуемого расхода вяжущего для приготовления органических бетонов.

### Список литературы

1. ГОСТ 31015-2003. Смесей асфальтобетонные и асфальтобетон щебеночно-мастичные. Технические условия. – М.: Госстрой России, ГУП ЦПП. – 23 с. (введен в дей-

ствие с 01.05.2003 г. Постановлением Госстроя России от 5.04.2003, № 33).

2. ГОСТ 9128-2009. Смесей асфальтобетонные дорожные, аэродромные и асфальтобетон. Технические условия. – М.: Стандартинформ, 2010. – 18 с. (введен в действие Пр. ФДА от 22.04.2010 г., № 62-ст.).

3. Вайнштейн, Е.В. Технология строительства лесовозных дорог из щебеночно-мастичных асфальтобетонов с отсевами дробления известняков: автореф. дис. ... канд. техн. наук. – Йошкар-Ола: МарГТУ, 2010. – 16 с.

4. Дорожный асфальтобетон / Л.Б. Гезенцев, Н.В. Горельшев, А.М. Богуславский, И.В. Королев; под ред. Л.Б. Гезенцева. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Транспорт, 1985. – 350 с.

5. Королев, И.В. Пути экономии битума в дорожном строительстве. – М.: Транспорт, 1986. – 149 с.

6. Салихов, М.Г., Вайнштейн, Е.В., Вайнштейн В.М. Способ получения щебеночно-мастичной асфальтобетонной смеси с добавками отсева дробления известняков М 400: патент РФ № 2426704, кл. В 26/26. Приоритет от 04.02.2009 г. (по заявке № 2009103715). Дата публ. 10.08.2010 г. Бюл. № 22.

7. Салихов М.Г., Иливанов В.Ю. Исследование длительного прогрева исходной смеси на прочностные показатели модифицированного щебеночно-мастичного асфальтобетона / Сб. статей: Исследования. Технологии. Инновации // Ежегодная НТК ППС, докторантов, аспирантов и сотрудников ПГТУ (19.03-23.03.2012 г.). – Йошкар-Ола: ПГТУ, 2012. – С. 154–155.

8. Салихов М.Г., Малянова Л.И. Изучение долговечности модифицированных мелкозернистых асфальтобетонов в условиях воздействия агрессивных сред / Развитие дорожно-транспортного комплекса и строительной инфраструктуры на основе рационального природопользования: материалы VII Всеросс. научн.-практ. конф. (с международным участием). – Омск: СИБАДИ, 2012. – Кн. 1. – С. 438–442.

9. Салихов М.Г., Малянова Л.И. Изучение влияния модифицированной добавки на некоторые свойства асфальтобетона с ОДИ для покрытий лесовозных дорог // Вестник ПГТУ. Серия «Лес. Природопользование и экология». – Йошкар-Ола: ПГТУ, 2013. – № 1 (17). – С. 64–71.

10. Салихов М.Г. Разработка научно-практических основ объемной пропитки малопрочных каменных материалов

жидкими вяжущими для дорожного строительства: дис. ... д-ра техн. наук. – М.: МАДИ (ГТУ), 1999. – Т. 1. – 329 с.; Т. 2. – 198 с.

### References

1. GOST 31015-2003. Smesi asfal'tobetonnye i asfal'tobeton shhebenochno-mastichnye. Tehnicheskie usloviya. M.: Gosstroj Rossii, GUP CPP. 23 p. (vveden v dejstvie s 01.05.2003 g. Postanovleniem Gosstroja Rossii ot 5.04.2003, no. 33).
2. GOST 9128-2009. Smesi asfal'tobetonnye dorozhnye, ajerodromnye i asfal'tobeton. Tehnicheskie uslovija. M.: Standartinform, 2010. 18 p. (vveden v dejstvie Pr. FDA ot 22.04.2010 g., no. 62-st.).
3. Vajnshtejn, E.V. Tehnologija stroitel'stva lesovoznyh dorog iz shhebenochno-mastichnyh asfal'tobetonov s otsevmi droblenija izvestnjakov: avtoreferat diss. ...kand. tehn. nauk. Joshkar-Ola: MarGTU, 2010. 16 p.
4. Dorozhnyj asfal'tobeton / L.B.Gezencevej, N.V. Gorelyshev, A.M.Boguslavskij, I.V.Korolev. Pod red. L.B. Gezenceveja. 2-e izd., pererab. i dop. M.: Transport, 1985. 350 p.
5. Korolev, I.V. Puti jekonomii bituma v dorozhnom stroitel'stve / I.V. Korolev. – M.: Transport, 1986. 149 p.
6. Salihov, M.G., Vajnshtejn, E.V., Vajnshtejn V.M. Sposob poluchenija shhebenochno-mastichnoj as-fal'tobetonnoj mesi s dobavkami otsevoj droblenija izvestnjakov M 400: patent RF № 2426704, kl. B 26/26. Prioritet ot 04.02.2009 g. (po zajavke no. 2009103715). Data publ. 10.08.2010 g. Bjul. no. 22.
7. Salihov, M.G., Ilivanov, V.Ju. Issledovanie dlitel'nogo progrena ishodnoj smesi na prochnost-nye pokazateli modifirovannogo shhebenochno-mastichnogo asfal'tobetona / Sb. statej: Issledovanija. Tehnologii. Innovacii // Ezhegodnaja NTK PPS, doktorantov, aspirantov i sotrudnikov

PGTU (19.03-23.03.2012 g.). Joshkar-Ola: PGU, 2012. pp. 154–155.

8. Salihov M.G., Maljanova L.I. Izuchenie dolgovechnosti modifirovannyh melkozernistyh as-fal'tobetonov v uslovijah vozdejstvija agressivnyh sred / Razvitie dorozhno-transportnogo kompleksa i stroitel'noj infrastruktury na osnove racional'nogo prirodopol'zovanija: Materialy VIII seross. nauchn.-prakt. konf. (s mezhdunarodnym uchastiem). Omsk: SIBADI, 2012. Kn. 1. pp. 438–442.

9. Salihov, M.G., Maljanova, L.I. Izuchenie vlijanija modifirovannoj dobavki na nekotorye svojstva asfal'tobetona s ODI dlja pokrytij lesovoznyh dorog: Vestnik PGU. Serija «Les. Prirodopol'zovanie i jekologija». Joshkar-Ola: PGU, 2013. no. 1 (17). pp. 64–71.

10. Salihov, M.G. Razrabotka nauchno-prakticheskikh osnov ob'emnoj propitki maloprochnykh kamennyh materialov zhidkimi vjazhushhimi dlja dorozhnogo stroitel'stva: diss. ... dokt. tehn. nauk. M.: MADI (GTU), 1999. T. 1. 329 p; T. 2. 198 p.

### Рецензенты:

Мазуркин П.М., д.т.н., профессор, заведующий кафедрой «Природообустройство», ФГБОУ ВПО «Поволжский государственный технологический университет», г. Йошкар-Ола;

Савельев В.В., д.т.н., профессор кафедры строительного производства Чебоксарского политехнического института (филиала Московского государственного открытого университета им. В.С. Черномырдина), г. Чебоксары.

Работа поступила в редакцию 18.06.2013.