

УДК 625.8

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИЗУЧЕНИЕ ВЛИЯНИЯ ТЕМПЕРАТУРНОГО СТАРЕНИЯ НА УПРУГОСТЬ МОДИФИЦИРОВАННЫХ АСФАЛЬТОБЕТОНОВ С ОТХОДАМИ ДРОБЛЕНИЯ ИЗВЕСТНЯКОВ

¹М. Г. Салихов, ²Л. И. Малянова, ¹Е. В. Веюков

¹Поволжский государственный технологический университет (г. Йошкар-Ола)

²Волжский филиал Московского автомобильно-дорожного государственного технического университета (г. Чебоксары)

Аннотация. Представлены результаты экспериментального изучения влияния на значения модуля упругости асфальтобетонов (АБ) с отходами дробления известняков (ОДИ) в присутствии кубовых остатков при производстве анилина после прогрева смесей при высокой температуре (+150 °С) в течение 1...7 часов. Исследуются асфальтобетоны состава (по массе): щебень прочных пород фр. 5-10 мм или 5-20 мм – 47 %; отсеvy дробления прочного камня – 43 %; отходы дробления известняков М 400 – 10 %; битум БНД 90/130 – 5,0 % (сверх 100 %) и кубовые остатки производства анилина – 0,0...1,0 % (от массы битума). Анализируется процесс изменения значений модуля упругости и пределов прочности образцов асфальтобетонов с отходами дробления известняков (АБ с ОДИ) при сжатии при +20 и +50 °С, водонасыщения и коэффициента водостойкости при действии высокой температуры. Смесей подобраны в соответствии с ГОСТ 9128-2013, образцы изготовлены по стандартной методике при давлении уплотнения 40 МПа и времени 3 мин. Испытания на определение модуля упругости проводились в лабораторных условиях по несколько видоизмененной методике, описанной в стандартных методиках на установке UNIFRAME, которая обеспечена запоминающим программным устройством, позволяющим автоматически задавать и запоминать значения скорости нагружения, действующих нагрузок и деформаций. Испытания на определение остальных параметров проводились по стандартным методикам. Установлено, что введение в асфальтобетонные смеси кубовых остатков при производстве анилина приводит к некоторому повышению водонасыщения, коэффициента водостойкости, жесткости и трещиностойкости АБ с ОДИ при пониженных температурах как в начальный период эксплуатации, т.е. до прогрева смеси при высокой температуре, так и после определенного периода старения (эксплуатации). Результаты исследований, по мнению авторов, могут оказаться полезными для студентов, аспирантов и специалистов, занимающихся и интересующихся вопросами повышения долговечности материалов покрытий автомобильных и лесовозных дорог.

Ключевые слова: асфальтобетон; отходы дробления известняков; кубовые остатки при производстве анилина; модуль упругости; предел прочности при сжатии; прогревание; высокая температура.

Введение. Асфальтобетоны (АБ) благодаря своим хорошим физико-механическим эксплуатационным свойствам в настоящее время являются одним из главных конструктивных материалов для верхних и нижних слоев покрытий автомобильных дорог. Из-за того, что себестоимость и расход вяжущего для их приготовления сравнительно высокие, ранее было предложено заменить часть дорогостоящих минеральных компонентов отходами дробления местных малопрочных известняков

(ОДИ) и модифицировать получаемый асфальтобетон кубовыми остатками при производстве анилина (АсД). Полученный таким образом новый материал – модифицированный АБ с ОДИ – по многим показателям оказывается конкурентноспособным, а по некоторым свойствам превосходит традиционно применяемые асфальтобетоны [1]. В то же время для конструирования дорожных одежд с их использованием возникает необходимость установления и прогнозирования в про-

цессе эксплуатации такой дороги значений их модуля упругости.

Упругость и прочность асфальтобетонов при положительных температурах характеризуют их сдвигоустойчивость и способность сопротивляться образованию остаточных деформаций под действием внешних нагрузок и внутренних напряжений. При отрицательных температурах важно установить и оценить трещиностойкость материала.

Значения этих показателей зависят как от массы и повторности действия нагрузок, скорости движения транспортных средств, характера и параметров климатических факторов – температуры воздуха, скорости и продолжительности действия знакопеременных величин температуры в переходные периоды и т.д., так и вида и правильности подбора состава и характера взаимодействия между собой компонентов. При этом особенно важно знать свойства вяжущего вещества, характер структурообразования материала в условиях замены наиболее дисперсных частиц – минерального порошка, отходами дробления известняков [2, 3]. Каждый из вышеупомянутых параметров и факторов может привести к изменению их деформативных свойств в процессе эксплуатации и сопротивляемости АБ накоплению остаточных деформаций. С учетом вышесказанного для окончательной разработки рекомендаций по внедрению нового материала – модифицированного АБ с ОДИ в производство требуется изучить изменение значений модуля упругости и других свойств данного материала в зависимости от времени предварительного прогревания при высоких температурах, и поэтому данное исследование можно отнести к актуальным и важным.

Методика исследований. Выполнение экспериментов проводится в лабораторных условиях по несколько видоизмененной методике, описанной в Приложении ВСН 46-83 [4]. Суть методики состоит в ступенчатом нагружении стандартного цилиндрического образца диаметром и высотой по 71,4 мм в течение относительно короткого времени до полного разрушения с фиксацией в каждой ступени значений полной ($l_{полн}$) и остаточной

($l_{ост}$) деформаций с дальнейшим расчетом значений упругой деформации и модуля упругости. Испытания проводятся при помощи установки UNIFRAME итальянского производства (см. рисунок) в филиале кафедры строительных технологий и автомобильных дорог при ГКУ «Марийскавтодор».



Установка UNIFRAME для испытания образцов дорожно-строительных материалов

Установка обеспечена запоминающим программным устройством, позволяющим автоматически задавать и запоминать значения скорости нагружения, действующих нагрузок и деформаций и т.д.

Значения деформации фиксировались после каждой ступени нагружения и разгрузки образца через 5 с. Время между окончанием предыдущей и началом следующей ступени нагружения (время «отдыха») выдерживалось одинаково – 300 с. Значения модуля упругости рассчитываются по формуле [4]

$$E = \frac{0,1p \cdot D}{l_{упр}} \cdot (1 - \mu^2), \text{ МПа}, \quad (1)$$

где p – действующее предельное напряжение (перед разрушением образца в процессе испытания), кГс/см^2 ; D – диаметр испытываемого образца, на который действует вертикальная нагрузка, см: $D = 7,14$ см; $l_{упр}$ – упругая деформация, см; μ – коэффициент Пуассона: для асфальтобетонов $\mu = 0,3$.

Упругая деформация рассчитывается по формуле

$$l_{\text{упр}} = l_{\text{полн}} - l_{\text{ост}}, \text{ см}, \quad (2)$$

где $l_{\text{полн}}$ – полная деформация образца при нагруженном состоянии, см; $l_{\text{ост}}$ – остаточная деформация после разгрузки образца, см.

Значения модуля упругости у всех образцов рассчитываются по значениям деформаций после одинаковой продолжительности

нагружения (в течение 5 с) расчетной нагрузкой. Значения пределов прочности образцов модифицированного асфальтобетона с отходами дробления известняков при сжатии при $\pm 0, +20$ и $+50$ °С ($R_{\pm 0}$ °С, R_{+20} °С, R_{+50} °С) и некоторых других показателей устанавливались по стандартным методикам ГОСТ 12801-98 [5]. Составы исследуемых модифицированных АБ с ОДИ приведены в таблице 1.

Таблица 1

Составы исследуемых асфальтобетонов с отходами дробления известняков

№ составов	Содержание компонентов АБ с ОДИ, % по массе				
	щебня М1200 фр. 5-20 мм	дробленого песка (отсевов дробления прочного камня)	отходов дробления известняков (ОДИ)	битума нефтяного дорожного БНД 90/130 (сверх 100 %)	АсД, % от массы битума
1	2	3	4	5	6
1	47	43	10	5	0
2	47	43	10	5	0,5
3	47	43	10	5	1,0

Испытываемые образцы стандартных размеров изготавливались из смесей, предварительно прогретых при температуре $+150$ °С в течение 0, 1, 3 и 7 часов.

Проведение опытов и анализ их результатов. По вышеописанным методикам в лаборатории филиала кафедры строительных

технологий и автомобильных дорог при ГКУ «Марийскавтодор» изготовлены и испытаны цилиндрические образцы модифицированных различным количеством кубовых остатков при производстве анилина (АсД) АБ с ОДИ. Некоторые результаты этих испытаний представлены в таблице 2.

Таблица 2

Некоторые результаты лабораторных испытаний модифицированных АсД асфальтобетонов с отходами дробления известняков

№ п/п	Содержание АсД, % от массы битума	Продолжительность прогрева смеси при температуре $+150$ °С, ч	Значения модуля упругости, МПа	Предел прочности при сжатии, МПа			Водонасыщение, % по массе	Коэффициент водостойкости
				$R_{\pm 0}$ °С	R_{+20} °С	$+50$ °С		
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	0	0	2400	8,6	4,7	2,3	2,7	0,90
2	0	1	1911	7,8	4,0	1,8	2,7	0,95
3	0	3	4239	7,6	3,7	1,5	3,0	0,97
4	0	7	2914	6,6	3,1	1,2	3,0	0,87
5	0,5	0	2550	8,5	4,5	2,6	2,6	0,96
6	0,5	1	1911	7,5	4,4	2,0	2,4	0,98
7	0,5	3	4239	7,4	4,2	1,8	4,8	0,95
8	0,5	7	3867	6,8	3,1	1,3	4,6	0,87
9	1,0	0	2548	8,5	5,2	2,7	4,1	0,92
10	1,0	1	3926	7,5	4,8	2,2	3,8	0,94
11	1,0	3	3361	7,4	4,6	1,9	4,0	0,96
12	1,0	7	2795	6,8	3,9	1,4	3,9	0,95

По приведенным в таблице 2 данным видно следующее:

1) у немодифицированного и модифицированного 0,5...1,0 % (от массы битума) АсД

АБ с ОДИ значения модуля упругости изменяются в зависимости от времени прогрева (старения) по гармонической зависимости; при этом несколько повышаются началь-

ные значения модуля упругости с 2400 до 2550 МПа (т.е. повышаются на 16 %), а после старения в течение 7 часов – с 2914 до 2795...3867 МПа (т.е. увеличиваются до 32,7 %). Значит, в процессе прогревания при высокой температуре материал становится более жестким;

2) значения пределов прочности при сжатии при +20 и +50 °С в процессе старения несколько снижаются, а при ±0 °С снижаются. Последнее показывает, что в процессе старения трещиностойкость АБ с ОДИ со временем возрастает.

Выводы. Анализ результатов выполненного экспериментального исследования в целом позволяет сделать следующие выводы.

1. Введение добавки АсД приводит к не-

которому повышению прочностных показателей, жесткости и трещиностойкости АБ с ОДИ при пониженных температурах как в начальный период эксплуатации (до прогревания смеси при высокой температуре), так и после прогревания при высокой температуре (после определенного периода эксплуатации, т.е. старения).

2. Введение небольшого количества АсД приводит к повышению сопротивляемости АБ с ОДИ старению при высокой температуре.

Присутствие небольшого количества АсД (0,5...1,0 % от массы битума) приводит к некоторому повышению значений водонасыщения и коэффициента водостойкости АБ с ОДИ, в том числе после прогревания смеси при высокой температуре.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Салихов М. Г., Иливанов В. Ю., Малянова Л. И. Способ получения горячей щебеночной асфальтобетонной смеси с отсевами дробления известняков марки 400: патент РФ на изобретение № 2503633; заявитель и патентообладатель Марийский гос. техн. ун-т; заявл. 18.11.2011.
2. 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. 351 с.
3. Рыбьев И. А. Асфальтовые бетоны. М.: Высш. шк., 1969. 396 с.
4. ВСН 46-83. Инструкция по проектированию дорожных одежд нежесткого типа. М.: Транспорт, 1985. 157 с.
5. ГОСТ 12801-98. Смеси асфальтобетонные дорожные и аэродромные. Дегтебетоны дорожные, асфальтобетон и дегтебетон. Методы испытаний / ГосстройРоссии. М.: ГУП ЦПП, 1999. 41 с.
6. Салихов М. Г., Малянова Л. И., Иливанов В. Ю. Предложение к изучению процессов старения органических бетонов при воздействии высоких температур // Вестник Поволжского государственного технологического университета. Серия: Лес. Экология. Природопользование. Йошкар-Ола: ПГТУ, 2015. № 1 (17). С. 59-65.

Информация об авторах

САЛИХОВ Мухаммет Габдулхаевич – доктор технических наук, профессор, профессор кафедры строительных технологий и автомобильных дорог, Поволжский государственный технологический университет. Область научных интересов – физико-химические и технологические аспекты производства и применения дорожно-строительных материалов. Автор более 210 публикаций, 13 патентов и авторских свидетельств СССР и РФ на изобретения, 9 монографий, а также учебные (с грифом УМО) и учебно-методические пособия.

МАЛЯНОВА Лидия Ивановна – аспирант кафедры строительных технологий и автомобильных дорог, Поволжский государственный технологический университет (Российская Федерация, Йошкар-Ола). Область научных интересов – регулирование свойств дорожных битумов и асфальтобетонов, применение местных материалов в дорожном строительстве. Автор 17 публикаций.

ВЕЮКОВ Евгений Валерианович – кандидат технических наук, доцент кафедры строительных технологий и автомобильных дорог Поволжского государственного технологического университета. Область научных интересов – исследование антигололедных асфальтобетонов для покрытий автомобильных дорог. Научная специальность – «Технология и машины лесозаготовок и лесного хозяйства», 05.21.01. Автор 34 публикаций, 1 патента РФ на изобретение.

UDC 625.8

EXPERIMENTAL STUDY OF TEMPERATURE AGING INFLUENCE ON THE RESILIENCE OF MODIFIED BITUMINOUS CONCRETE FEATURING LIMESTONE CHIPPING RESIDUES

¹*M. G. Salikhov, ²L. I. Malyanova, ¹E. V. Veyukov*

¹*Volga State University of Technology (Yoshkar-Ola)*

²*Volga Branch of Moscow Automobile and Road Construction State Technical University
(Cheboksary)*

Abstract. The paper provides the results of experimental study of elasticity modulus values of bituminous concrete featuring limestone fragments and vat residues in the process of aniline manufacture after the mixtures are heated to (+150 °C) for 1...7 hours. For our study we examined bituminous concrete with the following composition (by weight): solid particle crushed stone 5-10 mm or 5-20 mm – 47 %; screenings of rag stone – 43 %; limestone chipping residues M from 400 – 10 %; 90/130 bitumen – 5,0 % (over 100 %) and a vat residues from aniline production – 0,0...1,0 % (from the mass of bitumen). The paper analyses the process of value change in elasticity modulus and strength limits of concrete bitumen samples featuring limestone fragments under pressure and at +20°C and +50 °C, under water saturation of wet strength coefficient at high temperature. The mixtures are prepared in compliance with GOST 9128-2013 standard; the samples are produced using the standard procedure under contraction pressure of 40 MPa for 3 minute time period. Elasticity modulus was defined in laboratory conditions using a slightly modified method as compared with the standard procedures for UNIFRAME machine equipped with a memory unit, which enables automatic setting and storing the values of loading rate, existing loads and deformations. Other parameters were tested using standard procedures. It has been revealed that introducing vat residues into Bituminous concrete in aniline production results in a certain increase in water saturation, wet strength, elastic rigidity and crack strength coefficients of Bituminous concrete under decreased temperatures at the beginning of exploitation period, i.e. both – before the mixture is heated at high temperature and after a definite exploitation period. In authors' opinion the research results may be useful for undergraduate and postgraduate students dealing with the issues of long-term performance of highways and forest roads.

Keywords: Bituminous concrete; limestone chipping residues; vat residues from aniline production; elasticity modulus; strength limit under pressure; heating; high temperature.

REFERENCES

1. Patent RF No. 2503633MPK C 04 B 26/26 (2006.01). Metod of preparing of crushed store asphalt concrete admixture with the addition of sifths of crushed limestone M 400, M. G. Salihov, L. I. Maluanova, V. U. Ilivanov, date publ. 10.01.2014, Bull. No. 1.
2. Gesencvej L. B., Gorelyshev N. V., Boguslavskij A. M., Korolev I. V. Road asphalt-concrete, Under the editor slip L. B. Gesencvej, 2-nd edition publ., improves and enlarged, Moscow: Transport, 1985, 351 p.
3. Rybev I. A. Asphalt-concrete, Moscow: Higher school, 1969, 396 p.
4. VSN 46-83. Instruction of road clothes of un Road type, Moscow: Transport, 1985, 157 p.
5. GOST 12801-98. Asphalt concrete road and airodrome admixture roadetar-concrete, asphalt-concrete and tar-concrete, Metods of trial, GOSTstroy of Russia, Moscow: GUP SPP, 1999, 41 p.
6. Salichov M. G., Maluanova L. I., Ilivanov V. U. Offer of the studying processes of the seasaning aging of the organic concretes having an in fluence of high temperature, *Vestnik Volga State University of Technology*. Ser.: Forest. Ecology. Nature Management, Yoshkar-Ola: VSUT, 2015, No. 1 (17), pp. 59-65.

Information about the authors

SALICHOV Muchammet Gabdulhayevich – Doctor of Technical Sciences, Professor at the Department of Building Technology and Automobile Roads, Volga State University of Technology (Russian Federation, Yoshkar-Ola). Scientific interests – physical and chemical

processes and environmental aspects of production and application of road building materials. Author of more than 210 publications, 13 patents and inventor's certificates of USSR and RF.

MALYANOVA Lidia Ivanovna – graduate student of the Department of Building Technology and Automobile Roads, Volga State University of Technology (Russian Federation, Yoshkar-Ola). Scientific interests – adjusting of properties of travelling bitumens and bituminous concretes, application of local materials in travelling building. Author of 15 publications.

VEYUKOV Evgeny Valerianovich – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Building Technology and Automobile Roads, Volga State University of Technology (Russian Federation, Yoshkar-Ola). Scientific interests – probe of deicing asphalt concrete for coverings of highways. Scientific specialty – "Technology and cars of logging and forestry". Author of 34 publications, 1 Russian Federation patent for the invention

Библиографическая ссылка

Салихов М. Г., Малянова Л. И., Веюков Е. В. Экспериментальное изучение влияния температурного старения на упругость модифицированных асфальтобетонов с отходами дробления известняков // Вестник Поволжского государственного технологического университета. Сер.: Материалы. Конструкции. Технологии. – 2017. – № 3. – С. 34-39.