УДК 691.168

ИССЛЕДОВАНИЕ СТОЙКОСТИ БИТУМНЫХ КОМПОЗИТОВ В КЛИМАТИЧЕСКИХ УСЛОВИЯХ ЧЕРНОМОРСКОГО ПОБЕРЕЖЬЯ И В МОРСКОЙ ВОДЕ

[1]Ерофеев В.Т., [2]Калгин Ю.И., [1]Мартынов А.В., [1]Сальникова А.И., [1]Богатов А.Д., [3]Каблов Е.Н., [3]Старцев О.В., [4]Варченко Е.А., [5]Салимов Ш.А.

[1]Национальный исследовательский Мордовский государственный университет им. Н.П. Огарёва», Саранск, e-mail: martins@spartak.ru;

[2]ФГБОУ ВПО «Воронежский государственный архитектурно-строительный университет», Воронеж, e-mail: kalgin36@yandex.ru;

[3]ФГУП «Всероссийский научно-исследовательский институт авиационных материалов» ГНЦ РФ, Москва, e-mail: admin@viam.ru;

[4]Геленджикский центр климатических испытаний имени Г.В. Акимова (ГЦКИ ВИАМ), Геленджик, e-mail: beska2006@rambler.ru;

[5]ООО «Босал», Саранск, e-mail: bosal@moris.ru

В данной работе рассматривается задача установления стойкости битумных композитов при выдерживании в условиях воздействия климатических факторов. Исследования выполнены в Геленджикском центре климатических испытаний им. Г.В. Акимова. Проведено исследование влияния климатических факторов (ультрафиолетового облучения, солевого тумана, переменной влажности), а также морской воды на основные физико-механические свойства асфальтобетонов: средняя плотность, водонасыщение, предел прочности при 50 °С, 20 °С и 0 °С, водостойкость асфальтобетона. Образцы экспонировались на открытой площадке и под навесом на побережье Черного моря и в морской воде. Продолжительность испытаний составила 720 суток. Подвергнуты испытаниям материалы различной плотности и с применением модифицирующей добавки в вяжущем. Образцы для испытаний изготовлены в соответствии с ГОСТ 12801-98. Выполнен прогноз интенсивности появления дефектов на асфальтобетонном покрытии с применением асфальтобетона различной плотности и в зависимости от использования модифицирующей добавки в вяжущем.

Ключевые слова: битум, асфальтобетон, старение, долговечность, водостойкость, предел прочности

INVESTIGATION OF STABILITY OF BITUMEN COMPOSITES IN CLIMATIC CONDITIONS OF THE BLACK SEA COAST AND IN SEA WATER

[1]Erofeev V.T., [2]Kalgin J.I., [1]Martynov A.V., [1]Salnikova A.I., [1]Bogatov A.D., [3]Kablov E.N., [3]Startsev O.V., [4]Varchenko E.A., [5]Salimov S.A.

[1]Ogarev Mordovia State University, Saransk, e-mail: martins@spartak.ru;

[2]Voronezh State University of Architecture and Civil Engineering, Voronezh, e-mail: kalgin36@yandex.ru;

[3]All-Russian Scientific Research Institute of Aviation Materials State Research Center of the Russian Federation, Moscow, e-mail: admin@viam.ru;

[4]Gelendzhik climatic testing center named after G.V. Akimov (GTSKI VIAM), Gelendzhik, e-mail: beska2006@rambler.ru;

[5]OOO «Bosal», Saransk, e-mail: bosal@moris.ru

In this work we consider the problem of increasing the resistance of bituminous composites in corrosive environments when exposed to climatic test site. The studies were performed in the center of Gelendzhik climatic test them. GV Akimov. The influence of climatic factors (ultraviolet radiation, salt fog, variable humidity), as well as sea water on basic physical and mechanical properties of asphalt: the average density, water saturation, the tensile strength at 122 °F, 68 °F and 32 °F, the waterproofing quality of asphalt concrete. The samples were exposed to the open air and under a canopy on the Black Sea coast and in sea water. Test duration was 720 days. Put to the test materials of different densities and using builder in the binder. Test specimens manufactured in accordance with GOST 12801-98. A forecast intensity of defects on the asphalt concrete pavement with asphalt concrete using different densities and, depending on the use of modifying additives in the binder.

Keywords: bitumen, asphalt, aging, durability, waterproofing quality, breaking strength

Среди многих видов строительных материалов одним из широко востребованных является асфальтобетон, получаемый в результате отвердевания уплотненной рационально подобранной смеси, состоящей из асфальтового вяжущего вещества и заполняющих минеральных компонентов. В составе асфальтового вяжущего присутствуют битум и минеральный порошок и, как правило, широко используются различные модификаторы, например, термоэластопласты, синтетические каучуки, тонкодисперсная резиновая крошка и т.д. В последнее время наиболее востребованными модификатора-

ми являются адгезионные добавки (или поверхностно-активные вещества), в том числе полимерные [11, 12, 18]. При отсутствии в смеси крупного заполнителя – щебня или гравия – получаемый строительный конгломерат именуется песчаным асфальтом или асфальтовым раствором. Асфальтобетоны используют в строительстве при возведении магистральных, городских, аэродромных, дорожных, кровельных и других покрытий, гидротехнических, мостовых, промышленных, жилищно-гражданских и иных зданий и сооружений [3, 4, 10, 17, 19].

Асфальтобетоны получили наибольшее распространение при строительстве дорожных покрытий, создающих максимальные удобства для движения транспортных средств и пассажиров. Асфальтобетонным покрытиям присущи многие положительные свойства, такие как достаточная механическая прочность, способность к допускаемым упругим и пластическим деформациям, хорошее сцепление автомобильных шин с дорожным покрытием, возможность получения ровной поверхности при сравнительно небольшой жесткости покрытия, высокая демпфирующая способность, а также сравнительная простота ремонта и возможность широкой механизации работ при производстве асфальтобетонных смесей, строительстве и ремонте покрытий [3, 9, 10, 19].

Совершенствованием структуры, составов и технологии изготовления асфальтобетонов занимается большое количество ученых как у нас в стране, так и за рубежом [6, 9, 11, 12, 14, 19]. Традиционно получение оптимальной структуры и наилучших свойств асфальтобетона направлено по пути соответствующего подбора компонентов минеральной части и, в частности, гранулометрического состава асфальтобетонной смеси и качественных показателей минеральных материалов. В последние годы наибольшее внимание уделяется повышению качества вяжущих материалов, т.е. получению и применению битумов с улучшенными физико-механическими показателями, высокой устойчивостью к старению и обладающих хорошим взаимодействием с минеральной частью асфальтобетонной смеси [11, 12, 18].

При объединении минеральных материалов с битумом происходят сложные физико-химические процессы, характер которых значительно зависит от состава и свойств материалов. Например, характер физической адсорбции минеральной поверхности граничного слоя битума; устойчивость хемосорбционных процессов, протекающих на границе раздела битум – минеральный материал; интенсивность избирательной диффузии компонентов мальтеновой части битума в минеральный материал, вследствие которой могут существенно изменяться свойства адсорбированного слоя битума; изменение свойств минеральных материалов в результате их взаимодействия с битумом [3, 4, 10, 15] .

Особенность современных исследований в области получения оптимальной структуры и наилучших свойств асфальтобетона состоит в стремлении к получению материала с повышенной долговечностью и стабильными эксплуатационными показателями в течение максимально возможного межремонтного срока службы асфальтобетонного покрытия [12, 17, 18].

Отличительной особенностью асфальтобетона является значительная зависимость его эксплуатационных характеристик от интенсивности влияния климатических факторов в регионе эксплуатации дорожного покрытия, что определяет характер последующих процессов усталости и старения, интенсивность развития различных дефектов. В районах с высокой летней температурой воздуха неудовлетворительные характеристики вяжущего в покрытии могут привести к появлению пластических деформаций (волн, колей и т.д.). Очень низкие зимние температуры воздуха обусловливают необходимость повышения трещиностойкости асфальтобетона. Большое количество переходов температуры через 0 °C и значительное количество осадков во многих регионах России требуют особое внимание уделить повышению водостойкости асфальтобетона.

Как известно, асфальтобетон в дорожном покрытии воспринимает значительные транспортные нагрузки и подвергается воздействию погодно-климатических факторов, в том числе атмосферных и талых вод. Вода проникает в поры асфальтобетона и ослабляет взаимную связь минеральных материалов с пленкой вяжущего, что приводит к ускоренному износу покрытий и образованию выбоин [12]. Водостойкость зависит от плотности асфальтобетона и устойчивости адгезионных связей нефтяного битума. Снижение прочности асфальтобетона с увеличением выдерживания его в воде объясняется постепенной диффузией воды внутрь материала и увеличивающимся расклинивающим действием воды между минеральным зерном и структурированной битумной пленкой.

Долговечность асфальтобетона определяет его способность сохранять вышеприведенные свойства длительное время в условиях эксплуатации [7].

Одной из значимых задач в области повышения долговечности асфальтобетона является повышение его химической стойкости в условиях воздействия агрессивных сред. Битум считается достаточно химически стойким материалом, в то же время его структура и свойства могут изменяться со временем под действием различных факторов: влаги, химических сред, почвенных микроорганизмов и т.д. [1, 2, 15, 16, 18]. Способность битумных композитов противостоять действию данных факторов исследована не достаточно полно, поэтому изучение кинетики деструкции, разработка способов повышения стойкости материалов и продление их срока службы является важной и актуальной задачей.

Цель настоящих исследований заключалась в установлении влияния климатических факторов (ультрафиолетового облучения, солевого тумана, влажного воздуха) черноморского побережья России и морской воды на физико-механические характеристики асфальтобетона.

При изготовлении образцов асфальтобетона применялись следующие материалы: щебень гранитный фракции 5–20 мм, песок карьерный природный, минеральный порошок из осадочных горных пород, битум марки БНД 60/90. В качестве модификатора использовалось поверхностно-активное вещество Олазол, который представляет собой раствор аминов и некоторых специальных добавок в нефтяном сольвенте (ООО «Интерпромсервис», г. Саров, Нижегородская обл.).

Исследование проводилось с восемью составами асфальтобетона: 1 – щебеночный пористый, 2 – щебеночный плотный, 3 – песчаный пористый тип Г, 4 – песчаный плотный тип Г, 5 – песчаный пористый тип Г + 1% ПАВ Олазол в вяжущем, 6 – песчаный плотный тип Г + 1% ПАВ Олазол, 7 – песчаный пористый тип Д, 8 – песчаный плотный тип Д. Процентный состав компонентов каждой асфальтобетонной смеси подбирался в соответствии с ГОСТ 9128–97 [5]. Содержание компонентов в составах приведено в табл. 1.

Полученные образцы асфальтобетона (табл. 1) испытывались в Геленджикском центре климатических испытаний им. Г.В. Акимова (ГЦКИ ВИАМ, г. Геленджик, Краснодарский край). Образцы асфальтобетона были выдержаны в следующих условиях: открытая атмосферная площадка, атмосферная площадка под навесом и морская вода. Срок выдерживания образцов составлял 90, 270 и 720 суток. Выдержанные в вышеуказанных средах образцы, а также их контрольные варианты были испытаны с целью установления изменения основных физико-механических свойств, среди которых рассматривались: средняя плотность, водонасыщение, прочность при сжатии при (50 ± 2) °С, (20 ± 2) °С и (0 ± 2) °С и водостойкость.

Физико-механические свойства асфальтобетона и полимербитумных композитов определяются особенностями связей, возникающих между отдельными минеральными зернами и зависят от химической природы битума, толщины его пленок, покрывающих минеральные зерна, от процессов взаимодействия минеральных материалов и битума на общей поверхности раздела, а также от изменения химического состава вяжущего в процессе эксплуатации, процессов старения, определяющих структурные, адгезионные и другие свойства [19].

В табл. 2 приведены относительные показатели в сравнении с первоначальным значением физико-механических испытаний асфальтобетонных образцов, выдержанных в условиях открытой атмосферной площадки, в условиях атмосферной площадки под навесом, в морской воде в течение 90, 270 и 720 суток.

Таблица 1

Составы асфальтобетонов

Компоненты	Содержание компонентов в составах, масс. %							
	1	2	3	4	5	6	7	8
Щебень	63	60	–	–	–	–	–	–
Отсев дробления	33	32	94	94	94	94	34	34
Минеральный порошок	4	8	6	6	6	6	6	6
Природный песок	–	–	–	–	–	–	60	60
БНД (сверх 100%)	3,75	5	6	7,5	6	7,5	6	9
Олазол (в вяжущем)	–	–	–	–	1	1	–	–

Таблица 2

Относительные показатели физико-механических свойств асфальтобетона, выдержанных в разных условиях

Свойства	Длительность выдерживания, сут.	Относительные показатели для составов							
		1	2	3	4	5	6	7	8
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
На открытой атмосферной площадке									
Средняя плотность	90	1,00	0,99	0,99	0,99	1	0,99	0,98	0,99
	270	0,99	0,98	0,99	0,99	0,98	0,99	0,98	0,97
	720	0,99	0,98	0,98	0,99	1,00	0,99	0,98	0,98
Водонасыщение	90	0,98	1,05	0,98	1,01	1,03	1,11	0,98	0,99
	270	1,00	1,08	1,03	1,06	1,01	1,15	1,03	1,01
	720	0,99	1,13	1,01	0,91	1,01	1,06	1,13	1,00
Предел прочности при сжатии при 50 °C	90	0,96	1,00	1,01	1,03	0,98	0,95	1,16	0,91
	270	0,85	0,94	0,92	0,94	0,84	0,86	0,97	0,95
	720	0,95	0,96	0,95	0,89	0,95	0,8	0,97	0,95
Предел прочности при сжатии при 20 °C	90	0,92	0,99	1,00	1,01	0,96	1,02	0,99	0,99
	270	0,82	0,98	0,96	0,95	0,99	0,94	0,94	0,94
	720	0,89	0,98	0,95	1,00	0,95	1,00	0,92	0,93
Предел прочности при сжатии при 0 °C	90	0,95	0,98	0,96	0,99	1,02	1,01	1,02	0,98
	270	0,93	0,96	0,98	0,98	0,97	0,93	0,99	0,98
	720	0,89	0,96	0,96	0,90	0,96	0,90	0,91	0,96
Коэффициент водостойкости	90	0,99	0,98	0,99	0,99	1,01	0,98	0,99	1,01
	270	0,99	0,97	0,98	1,01	0,99	0,96	0,99	0,99
	720	0,99	0,94	0,92	1,00	0,96	0,93	0,97	0,94
На атмосферной площадке под навесом									
Средняя плотность	90	1,01	0,99	0,99	0,99	1,00	0,99	1,02	0,99
	270	0,99	0,99	1,01	0,99	0,99	0,99	1,02	0,98
	720	0,99	0,98	1,00	1,00	0,99	0,99	1,02	1,00
Водонасыщение	90	1,03	1,09	0,96	1,06	1,01	1,37	1,03	0,98
	270	1,04	1,10	1,01	1,11	1,02	2,25	1,03	1,04
	720	1,05	1,16	1,00	1,2	1,11	3,2	1,64	1,15
Предел прочности при сжатии при 50 °C	90	0,80	1,09	1,19	0,92	0,91	1,01	1,00	0,98
	270	0,69	0,96	0,95	0,90	0,87	0,98	0,97	0,94
	720	0,71	0,81	0,95	0,88	0,85	0,65	0,94	0,91
Предел прочности при сжатии при 20 °C	90	0,86	1,00	1,16	0,99	1,00	0,98	0,99	0,99
	270	0,84	0,98	1,10	0,99	0,93	0,89	0,89	0,97
	720	0,77	0,78	0,93	0,94	0,76	0,89	0,89	0,93
Предел прочности при сжатии при 0 °C	90	0,96	0,89	0,94	1,00	0,99	0,99	0,97	0,99
	270	0,94	0,86	0,92	1,00	0,99	0,98	0,97	0,97
	720	0,89	0,86	0,90	0,83	0,99	0,96	0,83	0,95
Коэффициент водостойкости	90	1,07	1,05	0,89	0,95	1,02	1,01	1,00	0,99
	270	0,99	1,02	0,96	0,96	0,99	1,00	0,99	0,93
	720	0,99	1,14	0,97	0,94	0,99	1	0,98	0,92
В морской воде									
Средняя плотность	90	0,99	0,99	0,99	1,00	0,98	0,98	1,07	1,00
	270	1,00	1,00	0,82	1,00	0,99	0,99	1,06	0,98
	720	1,00	0,99	0,93	1,00	0,98	0,99	1,09	1,00
Водонасыщение	90	0,99	0,95	0,87	0,93	0,96	1,75	1,27	0,85
	270	1,01	1,09	0,98	1,21	1,15	2,82	1,06	1,51
	720	0,98	1,09	0,87	0,56	1,95	2,05	1,03	1,2
Предел прочности при сжатии при 50 °C	90	0,72	0,79	0,69	0,81	0,70	0,99	1,01	0,98
	270	0,80	0,87	0,90	0,98	1,17	1,05	0,87	0,85
	720	0,68	0,67	0,53	0,56	0,66	1,01	0,64	0,85

Окончание табл. 2

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Предел прочности при сжатии при 20 °С	90	0,85	0,86	0,90	0,97	0,64	0,99	1,05	0,58
	270	0,77	0,83	0,64	0,90	0,76	0,69	0,50	0,82
	720	0,27	0,51	0,34	0,36	0,44	0,55	0,38	0,48
Предел прочности при сжатии при 0 °С	90	0,66	0,98	0,99	0,81	0,99	0,98	0,91	0,97
	270	0,86	0,80	0,68	0,76	0,85	0,76	0,40	0,80
	720	0,85	0,80	0,74	0,77	0,82	0,77	0,67	0,92
Коэффициент водостойкости	90	0,97	1,11	0,84	0,93	0,99	1,03	0,92	0,92
	270	0,90	0,92	1,04	0,94	0,98	1,06	1,03	0,88
	720	0,93	0,92	0,8	0,85	0,94	1,00	0,85	0,74

Для наглядности рассмотрения по результатам климатических испытаний асфальтобетона построены графики изменений относительных показателей (рис. 1–6).

В результате исследований установлено, что воздействие климатических факторов и морской воды приводит к изменению физико-механических свойств асфальтобетона.

В группе образцов, выдержанных в условиях открытой атмосферной площадки (табл. 2) прослеживаются следующие зависимости: незначительное изменение плотности (рис. 1, а), уменьшение показателя водонасыщения у состава 4 к 720 суткам на 9% (рис. 1, г), снижение водостойкости (рис. 3, г). Выявлено снижение прочности при 50 °С у всех составов на 3–20% (рис. 2, а). Наибольшее снижение прочности к 720 суткам при 50 °С наблюдается у составов 4 и 6 на 11 и 20% соответственно. Прочность асфальтобетонных образцов при 20 и 0 °С также снизилась, однако у составов 4 и 6 выявлена стабилизация значений прочности при 20 °С к 720 суткам (рис. 2, г, 3, а). Наиболее стойкими к воздействию открытой атмосферной площадки составами являются 4, 6 и 7.

В группе образцов, выдержанных в условиях открытой атмосферной площадки под навесом (табл. 2), прослеживаются следующие изменения: незначительное изменение плотности (рис. 1, б), увеличение водонасыщения, особенно у составов 6 и 7 на 220 и 64% соответственно (рис. 1, д). Также наблюдается снижение прочности образов при 50, 20 и 0 °С (рис. 2, б, д, 3, б). Наибольшее снижение прочности выявлено у состава 6 при 50 °С на 35% и состава 5 при 20 °С на 24%. Также установлено повышение водостойкости у состава 2 на 14% (рис. 3, д). Стоит отметить, что к 270 суткам выдерживания в данных условиях среды у составов 4, 6 и 7 наблюдается стабилизация показателя водостойкости (рис. 3, д). Асфальтобетонные образцы, выдержанные под навесом, являются наименее стойкими, ввиду снижения их прочности и повышения водонасыщения. Относительно стойкими являются составы 4 и 5, где выявлена стабилизация значений прочности при 0 °С, состав 2, где установлено повышение показателя водостойкости и состав 6, где установлена стабилизация показателя водостойкости.

В группе образцов, выдержанных в условиях морской воды (табл. 2) установлено незначительное изменение плотности (рис. 1, в), снижение водонасыщения у составов 1, 3 и 4 на 2, 13 и 44% соответственно (рис. 1, е). Наблюдается незначительное повышение прочности при 50 °С к 720 суткам выдерживания у состава 6 (рис. 2, в). У состава 5 установлено повышение прочности при 50 °С к 270 суткам на 17% и снижение на 34% к 720 суткам выдерживания. При 20 °С выявлено снижение прочности у всех составов на 45–73% (рис. 2, е). При 0 °С наблюдается также снижение прочности у составов к 270 суткам на 14–60% (рис. 3, в). Результаты испытаний показывают, что показатель водостойкости составов 3, 6 и 7 повышается к 270 суткам на 3–6% и снижается у составов 3 и 7 к 720 суткам выдерживания в морской воде на 15–20% (рис. 3, е). Наиболее стойким к воздействию морской воды является состав 6.

Анализируя влияние климатических факторов на образцы, можно сделать заключение о том, что состав 4 (песчаный плотный тип Г) является одним из наиболее стойких к воздействию климатических факторов: на открытой атмосферной площадке и в морской воде выявлено снижение водонасыщения к 720 суткам, стабилизация значений водостойкости на открытой площадке к 720 суткам, стабилизация прочности при 20 °С к 720 суткам выдерживания на открытой атмосферной площадке и 0 °С к 90 и 270 суткам выдерживания в морской воде, также выявлено незначительное снижение прочности (6%) при 20 °С в условиях выдерживания на площадке под навесом. Из результатов видно, что введение поверхностно-активного вещества Олазол в асфальтобетонную смесь (состав 6) приводит к повышению водонасыщения (по сравне-

нию с составом 4), стабилизации значений водостойкости в условиях выдерживания на площадке под навесом к 90, 270 и 720 суткам и повышению в условиях морской воды на 3–6% к 90 и 270 суткам и стабилизации к 720 стукам, кроме того выявлено повышение прочности при 50 °С к 270 и 720 суткам на 1–5% в условиях выдерживания в морской воде, наименьший спад прочности при 20 °С к 720 суткам (45%) среди всех других составов (49–73%). Важно отметить, что добавление поверхностно-активного вещества Олазол к песчаному плотному асфальтобетону типа Г, который является достаточно устойчивым к старению, позволяет повысить долговечность асфальтобетона в условиях воздействия морской воды. Олазол улучшает адгезионные свойства битума, тем самым повышая физико-механические характеристики асфальтобетона с его применением.

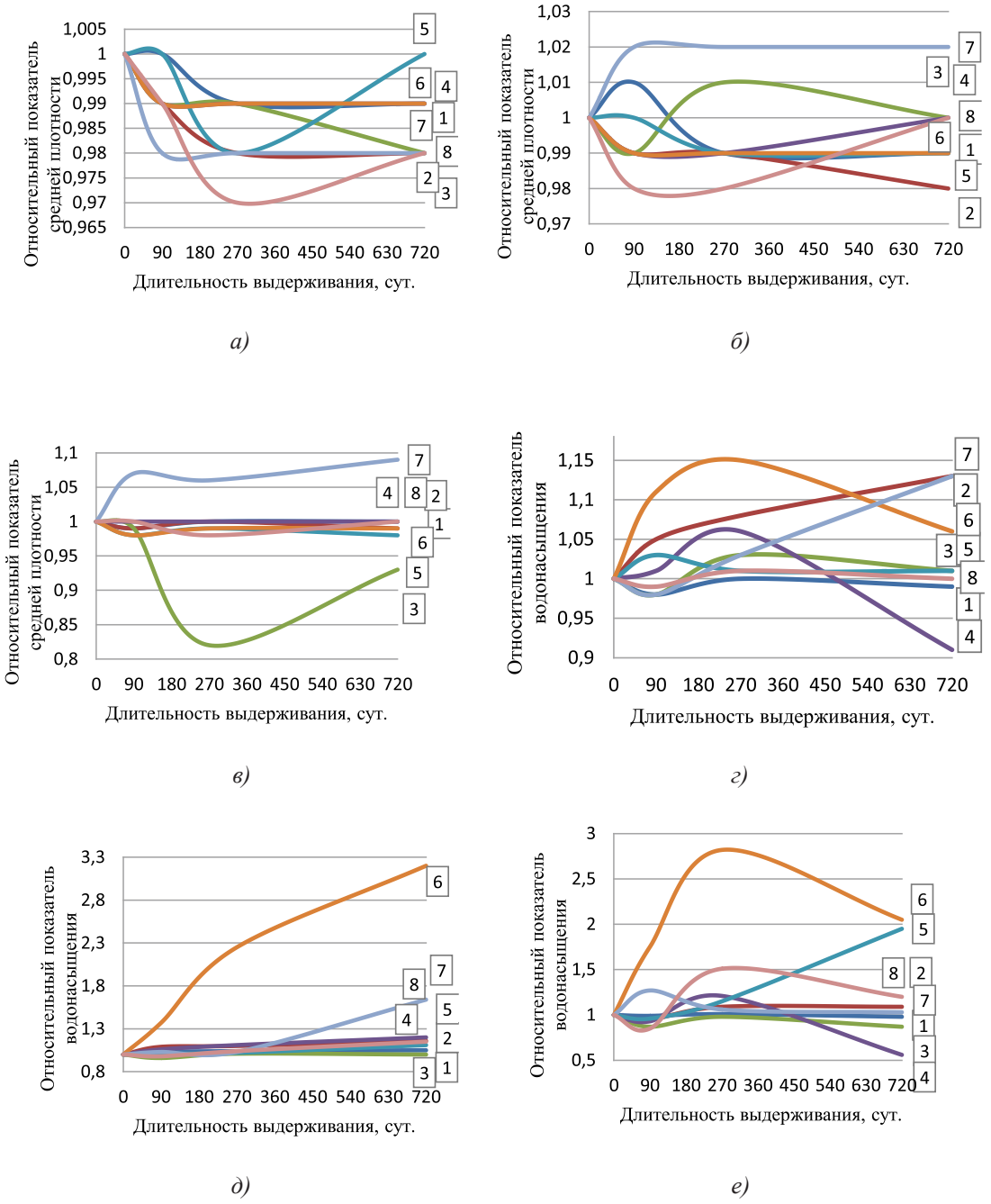

Рис. 1. Изменение относительных показателей плотности и водонасыщения образцов асфальтобетона (составы приведены в табл. 1), выдержанных в условиях открытой атмосферной площадки (а, г), атмосферной площадки под навесом (б, д) и морской воды (в, е)

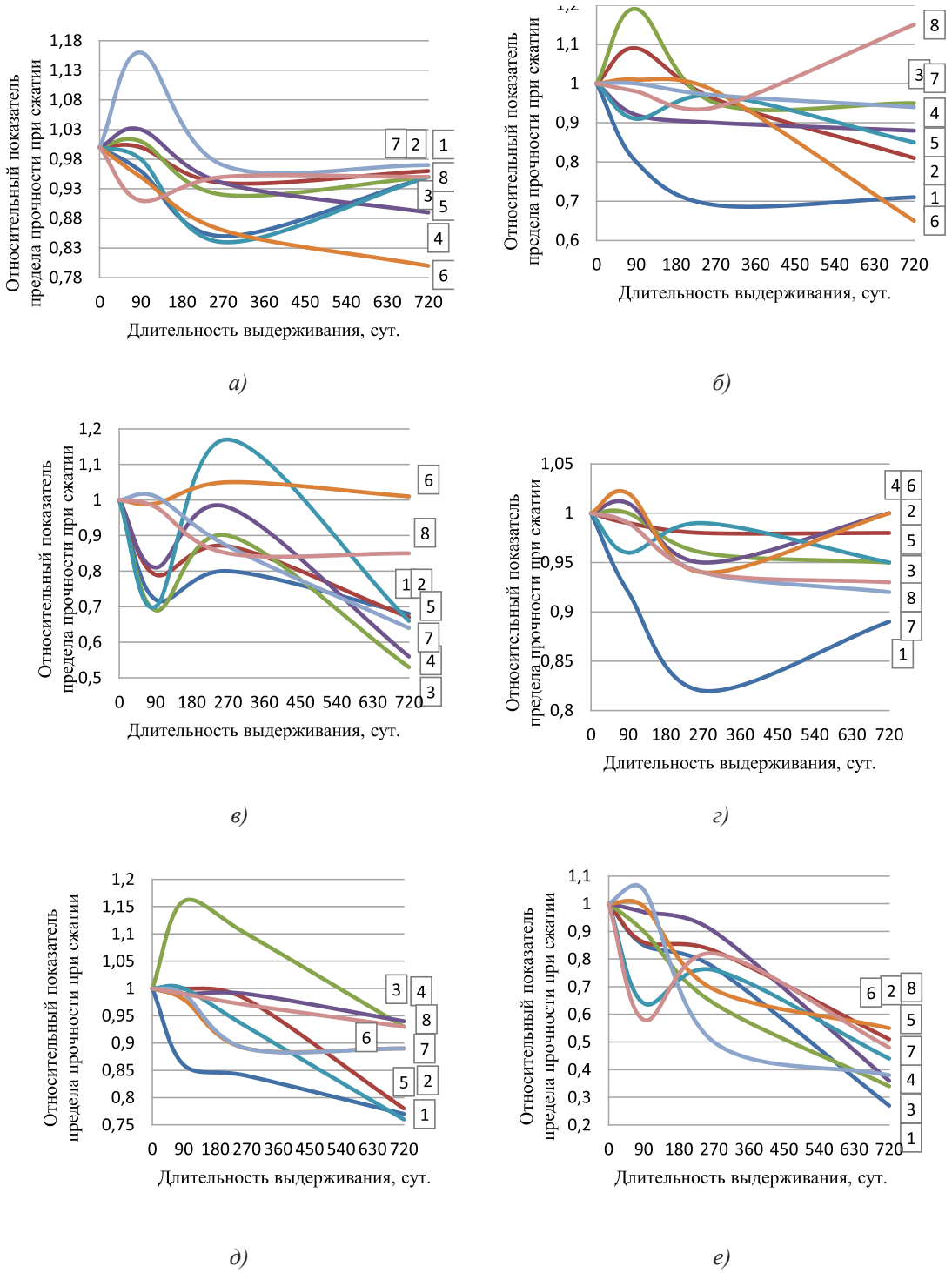

Рис. 2. Изменение предела прочности при сжатии при 50 °С и 20 °С образцов асфальтобетона (составы приведены в табл. 1), выдержанных в условиях открытой атмосферной площадки (а, г), атмосферной площадки под навесом (б, д) и морской воды (в, е)

Поскольку прочность и водонасыщение являются основными показателями, определяющими долговечность асфальтобетонного покрытия, полученные результаты позволяют говорить об увеличении межремонтного срока эксплуатации асфальтобетонных дорожных покрытий на основе следующих составов асфальтобетонов, приведенных в табл. 1: песчаный плотный тип Г и песчаный плотный тип Г с поверхностно-активным веществом Олазол при изученных в настоящей работе климатических воздействиях.

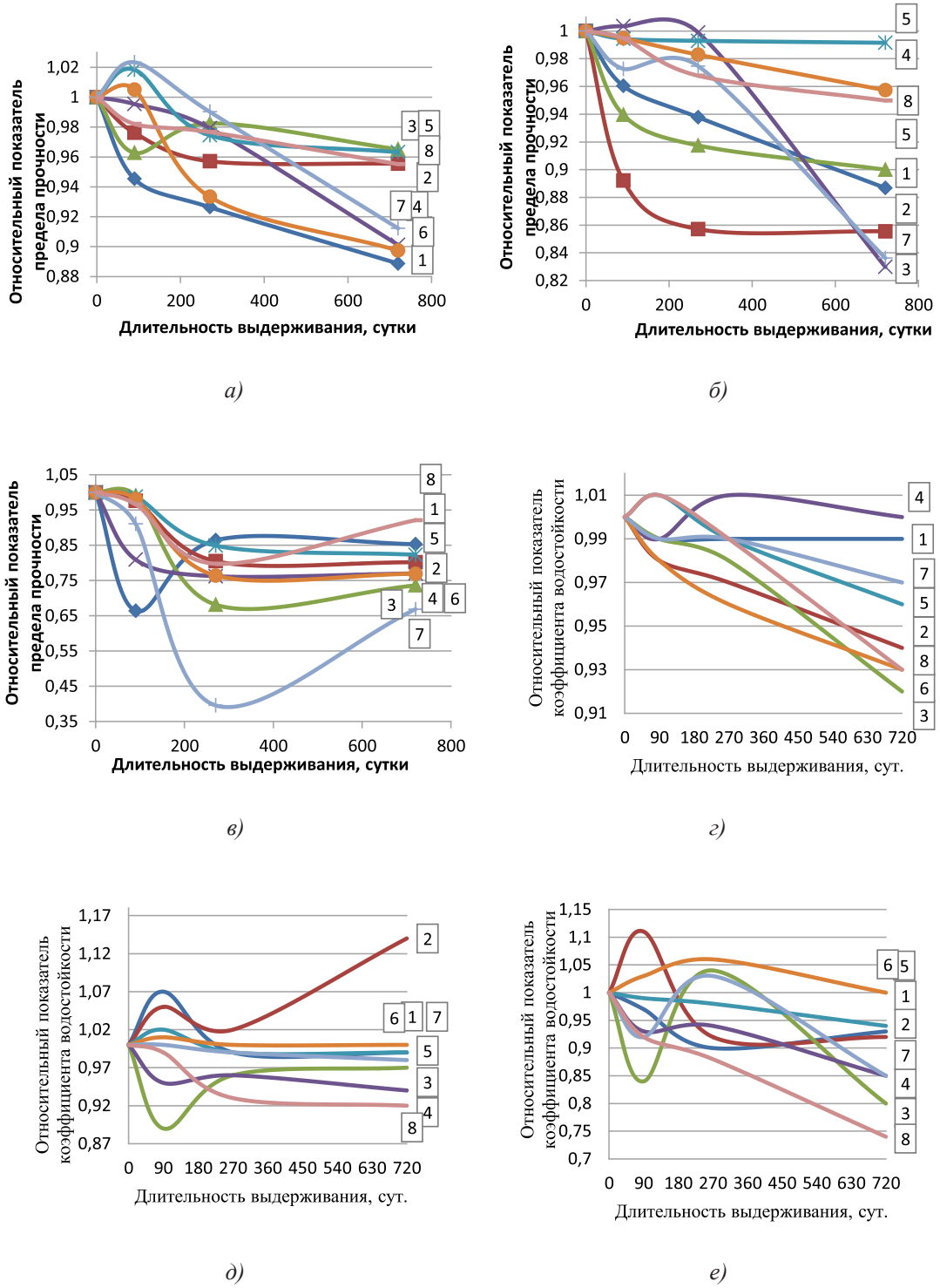

Рис. 3. Изменение предела прочности при сжатии при 0 °С и коэффициента водостойкости образцов асфальтобетона (составы приведены в табл. 1), выдержанных в условиях открытой атмосферной площадки (а, г), атмосферной площадки под навесом (б, д) и морской воды (в, е)

Выводы по результатам исследований:

● Проведены испытания асфальтобетонов различных типов (щебеночный плотный, щебеночный пористый, песчаный плотный, песчаный пористый, асфальтобетоны с модифицирующей добавкой) в условиях воздействия переменной влажности, солевого тумана, ультрафиолетового облу-

чения побережья Черного моря и морской воды, исследована долговечность асфальтобетонов в данных средах.

● Показаны процессы старения асфальтобетона при воздействии в течение 720 суток климатических факторов, а также установлено влияние климатических факторов на показатели плотности, водонасыщения, прочности при 50 °С, 20 °С и 0 °С и водостойкости асфальтобетона.

● Получены зависимости, показывающие изменение физико-механических показателей асфальтобетона в зависимости от условий и длительности выдерживания образцов:

– после испытаний на открытой атмосферной площадке установлено, что наиболее стойкими являются следующие составы асфальтобетона: песчаный плотный тип Г, песчаный плотный тип Г с поверхностно-активным веществом Олазол, песчаный пористый тип Д;

– после испытаний в условиях атмосферной площадки под навесом составы асфальтобетонов являются наименее стойкими, относительно стойкими можно выделить следующие составы асфальтобетона: щебеночный плотный, песчаный плотный тип Г, песчаный пористый тип Г, песчаный плотный тип Г с поверхностно-активным веществом Олазол, песчаный пористый тип Д;

– после испытаний в морской воде установлено, что наиболее стойким является песчаный плотный асфальтобетон тип Г с поверхностно-активным веществом Олазол.

● Показано, что введение в качестве модификатора поверхностно-активного вещества Олазол позволяет, несмотря на повышение водонасыщения, повысить прочность асфальтобетона в условиях выдерживания в морской воде при 50 °С в 1,8 раза (по сравнению с аналогичным составом без модификатора), при 20 °С в 1,5 раза, также повысить водостойкость в условиях выдерживания под навесом в 1,1 раза и в морской воде в 1,2 раза.

● Выявлена высокая устойчивость к старению песчаного плотного асфальтобетона тип Г с поверхностно-активным веществом Олазол, данный состав можно рекомендовать для использования в агрессивных средах.

● Результаты исследований могут быть использованы при создании долговечных асфальтобетонов.

Работа выполнена в рамках гранта Российского фонда фундаментальных исследований № 13-08-97171 «Исследования в области создания новых полимербетонов, каркасных фибробетонов, бетонов различного фракционного состава с биоцидными добавками для организации промышленного производства строительных изделий с повышенной долговечностью, биологической и климатической стойкостью на предприятиях Республики Мордовия».

Список литературы

1. Бабаев В.И. Старение асфальтобетона в условиях юга России / В.И. Бабаев // Автомоб. дороги. – 1994. – № 3.

2. Биологическое сопротивление материалов / В.И. Соломатов, В.Т. Ерофеев, В.Ф. Смирнов и др. – Саранск: ИМУ, 2001. – 196 с.

3. Гезенцвей Л.Б. Дорожный асфальтобетон / Л.Б. Гезенцвей, Н.В. Горелышев, А.М. Богуславский. – М.: Транспорт, 1985. – 350 с.

4. Горелышев Н.В. Асфальтобетон и другие битумоминеральные материалы / Н.В. Горелышев. – М.: Терра, 1995. – 176 с.

5. ГОСТ 9128–97 «Смеси асфальтобетонные дорожные, аэродромные и асфальтобетон. Технические условия. Методы испытаний».

6. Гохман Л.М. Исследование деформационной устойчивости асфальтобетона с применением ПБВ на основе ДСТ в статическом и динамическом режимах деформирования / Л.М. Гохман, В.А. Золотарев, Л.Б. Гезенцвей. – М., 1977.

7. Дорожно-строительные материалы: справочная энциклопедия дорожника / Н.В. Быстров, Э.М. Добров, Б.И. Петрянин и др.; под ред. Н.В. Быстрова. – М.: ФГУП «ИНФОРМАВТОДОР», 2005. – Т. 3. – 465 с.

8. Дорожно-строительные материалы: учебник / И.М. Грушко, И.В. Королев, И.М. Борщ, Г.М. Мищенко. – 2-е изд. – М.:Транспорт, 1991. – 357 с.

9. Дорожные битумоминеральные материалы на основе модифицированных битумов (технология, свойства, долговечность) / В.Т. Ерофеев, Ю.М. Баженов, Ю.И. Калгин и др.; под общ. ред. Ю.М. Баженова и В.Т. Ерофеева. – Саранск: МГУ, 2009. – 276 с.

10. Золотарев В.А. Долговечности дорожных асфальтобетонов / В.А. Золотарев. – Харьков: Высш. шк., 1977. – 155 с.

11. Калгин Ю.И. Дорожные битумоминеральные материалы на основе модифицированных битумов / Ю.И. Калгин – Воронеж: изд-во Воронеж.гос. ун-та, 2006. – 272 с.

12. Калгин Ю.И. Перспективные технологии строительства и ремонта дорожных покрытий с применением модифицированных битумов/ Ю.И. Калгин, А.С. Строкин, Е.Б. Тюков / – Воронеж: Воронежская областная типография, 2014. – 224 с.

13. Киселев С.А. Применение современных вяжущих материалов на битумной основе в дорожном строительстве на Урале / С.А. Киселев, В.Е. Кошкаров, В.С. Колеров // Автомобильный транспорт. – 2012. – № 1. – С. 12–15.

14. Лаврухин В.П. Физико-механические свойства и усталостная долговечность асфальтобетонов на модифицированных битумах / В.П. Лаврухин, Ю.И. Калгин, В.Т. Ерофеев // Вестн. Волж. Регион. отд-ния РААСН . Н. Новгород, 2003. – Вып. 6. – С. 89–99.

15. Ребиндер П.А. Физико-химическая механика дисперсных структур / П.А. Ребиндер. – М.: Наука, 1966. – С. 6–12.

16. Рекомендации по выбору битумов для строительства дорожных одежд в различных климатических условиях. – М.: СоюздорНИИ, 1974. – 26 с.

17. Руденский А.В. Дорожные асфальтобетонные покрытия / А.В. Руденский. – М.: Транспорт, 1992. – 255 с.

18. Руденский А.В. Дорожные асфальтобетонные покрытия на модифицированных битумах / А.В. Руденский, Ю.И. Калгин; Воронеж. гос. арх.-строит. ун-т. – Воронеж, 2009. – 143 с.

19. Рыбьев И.А. Строительное материаловедение: учеб. пособие для строит. вузов / И.А. Рыбьев. – М.: Высш. шк., 2003. – 701 с.

20. Эпоксидно-битумные композиты / В.И. Соломатов, В.Т. Ерофеев, Ю.И. Калгин, Н.И. Мищенко // Промышленное и гражданское строительство. – 2000. – № 11. – С. 22–25.

References

1. Babaev V.I. Starenie asfaltobetona v uslovijah juga Rossii / V.I. Babaev // Avtomob. dorogi. 1994. no. 3.

2. Biologicheskoe soprotivlenie materialov / V.I. Solomatov, V.T. Erofeev, V.F. Smirnov i dr. Saransk: IMU, 2001. 196 p.

3. Gezencvej L.B. Dorozhnyj asfaltobeton / L.B. Gezencvej, N.V. Gorelyshev, A.M. Boguslavskij. M.: Transport, 1985. 350 p.

4. Gorelyshev N.V. Asfaltobeton i drugie bitumomineralnye materialy / N.V. Gorelyshev. M.: Terra, 1995. 176 p.

5. GOST 9128–97 «Smesi asfaltobetonnye dorozhnye, ajerodromnye i asfaltobeton. Tehnicheskie uslovija. Metody ispytanij».

6. Gohman L.M. Issledovanie deformacionnoj ustojchivosti asfaltobetona s primeneniem PBV na osnove DST v staticheskom i dinamicheskom rezhimah deformirovanija / L.M. Gohman, V.A. Zolotarev, L.B. Gezencvej. M., 1977.

7. Dorozhno-stroitelnye materialy: spravochnaja jenciklopedija dorozhnika / N.V. Bystrov, Je.M. Dobrov, B.I. Petrjanin i dr.; pod red. N.V. Bystrova. M.: FGUP «INFORMAVTODOR», 2005. T. 3. 465 p.

8. Dorozhno-stroitelnye materialy: uchebnik / I.M. Grushko, I.V. Korolev, I.M. Borshh, G.M. Mishhenko. 2-e izd. M.:Transport, 1991. 357 p.

9. Dorozhnye bitumomineralnye materialy na osnove modificirovannyh bitumov (tehnologija, svojstva, dolgovechnost) / V.T. Erofeev, Ju.M. Bazhenov, Ju.I. Kalgin i dr.; pod obshh. red. Ju.M. Bazhenova i V.T. Erofeeva. Saransk: MGU, 2009. 276 p.

10. Zolotarev V.A. Dolgovechnosti dorozhnyh asfaltobetonov / V.A. Zolotarev. Harkov: Vyssh. shk., 1977. 155 p.

11. Kalgin Ju.I. Dorozhnye bitumomineralnye materialy na osnove modificirovannyh bitumov / Ju.I. Kalgin. Voronezh: izd-vo Voronezh.gos. un-ta, 2006. 272 p.

12. Kalgin Ju.I. Perspektivnye tehnologii stroitelstva i remonta dorozhnyh pokrytij s primeneniem modificirovannyh bitumov/ Ju.I. Kalgin, A.S. Strokin, E.B. Tjukov / Voronezh: Voronezhskaja oblastnaja tipografija, 2014. 224 p.

13. Kiselev S.A. Primenenie sovremennyh vjazhushhih materialov na bitumnoj osnove v dorozhnom stroitelstve na Urale / S.A. Kiselev, V.E. Koshkarov, V.S. Kolerov // Avtomobilnyj transport. 2012. no. 1. pp. 12–15.

14. Lavruhin V.P. Fiziko-mehanicheskie svojstva i ustalostnaja dolgovechnost asfaltobetonov na modificirovannyh bitumah / V.P, Lavruhin, Ju.I. Kalgin, V.T. Erofeev // Vestn. Volzh. Region. otd-nija RAASN . N. Novgorod, 2003. Vyp. 6. pp. 89–99.

15. Rebinder P.A. Fiziko-himicheskaja mehanika dispersnyh struktur / P.A. Rebinder. M.: Nauka, 1966. pp. 6–12.

16. Rekomendacii po vyboru bitumov dlja stroitelstva dorozhnyh odezhd v razlichnyh klimaticheskih uslovijah. M.: SojuzdorNII, 1974. 26 p.

17. Rudenskij A.V. Dorozhnye asfaltobetonnye pokrytija / A.V. Rudenskij. M.: Transport, 1992. 255 p.

18. Rudenskij A.V. Dorozhnye asfaltobetonnye pokrytija na modificirovannyh bitumah / A.V. Rudenskij, Ju.I. Kalgin; Voronezh. gos. arh.-stroit. un-t. Voronezh, 2009. 143 p.

19. Rybev I.A. Stroitelnoe materialovedenie: ucheb. posobie dlja stroit. vuzov / I.A. Rybev. M.: Vyssh. shk., 2003. 701 p.

20. Jepoksidno-bitumnye kompozity / V.I. Solomatov, V.T. Erofeev, Ju.I. Kalgin, N.I. Mishhenko // Promyshlennoe i grazhdanskoe stroitelstvo. 2000. no. 11. pp. 22–25.

Рецензенты:

Сучков В.П., д.т.н., профессор, заведующий кафедрой строительных материалов, ФГБОУ ВПО «ННГАСУ», г. Нижний Новгород;

Монастырев П.В., д.т.н., профессор, директор Института архитектуры, строительства и транспорта, ФГБОУ ВПО «ТГТУ», г. Тамбов.

Работа поступила в редакцию 15.04.2015.