

УДК 625.7/8

Хафизов Э.Р. – кандидат технических наук, доцент

E-mail: hafizov@kgasu.ru

Вдовин Е.А. – кандидат технических наук, доцент

E-mail: vdovin@kgasu.ru

Ильина О.Н. – кандидат технических наук, доцент

E-mail: ilina@kgasu.ru

Фомин А.Ю. – кандидат технических наук, доцент

E-mail: fomin-al.78@mail.ru

Казанский государственный архитектурно-строительный университет

Адрес организации: 420043, Россия, г. Казань, ул. Зеленая, д. 1

Исследования физико-механических свойств многощебенистых асфальтобетонов на основе полимерно-битумных вяжущих

Аннотация

Исследованы физико-механические свойства асфальтобетона типа А и щебеночно-мастичного асфальтобетона марки 20 на основе полимерно-битумных вяжущих. В результате проведенных исследований доказана эффективность модификации многощебенистых асфальтобетонов добавками полимеров.

Ключевые слова: автомобильная дорога, битум, полимеры, полимерно-битумное вяжущее, асфальтобетон, щебеночно-мастичный асфальтобетон.

В России и за рубежом при устройстве покрытий дорог высоких технических категорий все более широкое применение находят многощебенистые асфальтобетоны, в частности щебеночно-мастичный асфальтобетон (ЩМА). Экспериментальные данные, полученные при испытаниях различных гранулометрических составов асфальтобетонов показало, что явное преимущество остается за многощебенистыми асфальтобетонами, которым и следует отдавать предпочтение в практическом плане [1, 2, 3].

Применение многощебенистых смесей в широких масштабах позволит значительно повысить качество дорожных покрытий, их долговечность, увеличить межремонтные сроки и как следствие сократить затраты на ремонты и ускорить ликвидацию недоремонтов.

При введении полимерных добавок в битум, вяжущее приобретает эластичные свойства, т.е. способность к восстановлению первоначальных размеров и формы, расширение температурного интервала работоспособности. Если эти цели достигнуты, то асфальтобетоны на основе полимерно-битумных вяжущих (ПБВ) обладают повышенной прочностью, водо- и морозостойкостью, сдвигоустойчивостью, трещиностойкостью, усталостной прочностью, устойчивостью к образованию колеи в летний период и поперечных температурных трещин в зимний, что определяет эффективность полимерасфальтобетонных покрытий автомобильных дорог [4, 5, 6].

В лаборатории Испытаний дорожно-строительных материалов ИДНПЦ ИТС КГАСУ были произведены исследования свойств асфальтобетона и щебеночно-мастичного асфальтобетона с использованием полимерно-битумных вяжущих.

Физико-механические свойства полимерасфальтобетона и щебеночно-мастичного полимерасфальтобетона (ЩМПА) сравнивались с требованиями ГОСТ 31015-2002 «Смеси асфальтобетонные и асфальтобетон щебеночно-мастичные. Технические условия» и ГОСТ 9128-2013 «Смеси асфальтобетонные, полимерасфальтобетонные, асфальтобетон, полимерасфальтобетон для автомобильных дорог и аэродромов. Технические условия» [7, 8].

Исследования проводились на образцах асфальтобетонных смесей (размером $h=7,14\pm 1,5$ см, $d=7,14$ см), относящихся к типам А марки I и ЩМА марки 20, которые изготавливались и испытывались по стандартной методике. Также проводились исследования свойств с использованием нестандартных методов по определению усталостной прочности асфальтобетонов. Эффективность асфальтобетонов с

применением полимерно-битумного вяжущего оценивалась путем анализа показателей их физико-механических свойств и сравнения с асфальтобетонами на традиционном битуме (табл. 1, 2). В частности, предусматривалось определение таких показателей, как коэффициент внутреннего трения и усталостная прочность, позволяющих установить взаимосвязь между деформативными и прочностными характеристиками асфальтобетонных при различных режимах нагружения и оценить на единой основе закономерности вариации свойств покрытий в процессе эксплуатации.

Таблица 1

**Физико-механические показатели щебеночно-мастичного асфальтобетона (ЩМА-20)
на битуме БНД 60/90 и ПБВ с использованием различных добавок**

№ п/п	Состав	Объем. вес, г/см ³	Водонасыщение, %	Усталостная прочность, цикл.	Предел прочности при сжатии, МПа				Сдвигоустойчивость		Трещиностойкость, МПа
					R ₀	R ₂₀	R ₂₀ ^B	R ₅₀	по коэффициенту внутреннего трения, МПа	по сцеплению при сдвиге при 50 °С, МПа	
1	Щебеночно-мастичная а/б смесь – 6,0 % БНД 60/90	2,50	2,69	4	10,2	3,34	3,32	0,72	0,95	0,14	4,7
2	Щебеночно-мастичная а/б смесь – 6,0 % ПБВ ДСТ	2,51	1,83	9	7,7	3,90	3,90	1,11	0,96	0,21	3,1
3	Щебеночно-мастичная а/б смесь – 6,0 % ПБВ LG	2,52	1,66	9	8,2	4,10	4,10	1,35	0,94	0,26	3,8
4	Щебеночно-мастичная а/б смесь – 6,0 % ПБВ ТЭП	2,52	1,84	6	8,1	4,56	4,55	0,96	0,96	0,18	3,6
5	Щебеночно-мастичная а/б смесь – 6,0 % ПБВ Кратон	2,51	1,53	9	8,3	4,65	4,59	0,81	0,98	0,19	3,5
6	требования ГОСТ 31015-2002	-	1,0-4,0	-	-	>2,2	-	>0,65	> 0,93 (0,92)	> 0,18	2,5-6,0

В качестве полимерно-битумных вяжущих применялись составы, содержащие оптимальное количество полимерных добавок: ДСТ, LG Chem, KRATON и ТЭП. Содержание полимерно-битумного вяжущего в составе асфальтобетонной смеси составляло для типа А – 5 масс. %, для щебеночно-мастичного асфальтобетона – 6 масс. %. Определение оптимального состава асфальтобетона на основе ПБВ осуществлялось в соответствии с общими принципами выбора асфальтобетона для устройства верхних слоев покрытий автомобильных дорог и основными принципами подбора оптимального состава асфальтобетонных смесей.

Окончательно оптимальное содержание компонентов в составе асфальтобетонной смеси на основе ПБВ назначается на основании результатов лабораторных испытаний вариантов составов с целью учета особенностей свойств реально используемых в производственных условиях материалов.

Влияние вводимых полимерных добавок на низкотемпературные свойства асфальтобетонных однозначно положительное. Сравнительный анализ физико-механических свойств полимерасфальтобетона типа А показал, что введение добавок ДСТ, KRATON, LG и ТЭП улучшает его деформативную способность при отрицательных температурах, что подтверждается снижением показателя предела

прочности при сжатии при 0 °С (R_0) в среднем на 10 %. Следует отметить, что аналогичный показатель для асфальтобетона на исходном битуме не соответствует требованиям ГОСТ, составляет 9,8 МПа, что на 8 % ниже нормативного значения. Для щебеночно-мастичного полимерасфальтобетона марки 20 данный показатель также снижается на 10 %.

Таблица 2

Физико-механические показатели асфальтобетона типа А марки I на битуме БНД 60/90 и ПБВ с использованием различных добавок

№ п/п	Состав	Объем. вес, г/см ³	Водонасыщение, %	Усталостная прочность, цикл.	Предел прочности при сжатии, МПа				Сдвигоустойчивость		Трещиностойкость, МПа
					R_0	R_{20}	R_{20}^B	R_{50}	по коэффициенту внутреннего трения, МПа	по сцеплению при сдвиге при 50 °С, МПа	
1	М/з плотная а/б смесь – 5,0 % БНД 60/90	2,52	0,79	4	9,8	2,98	2,98	0,91	0,91	0,18	4,8
2	М/з плотная а/б смесь – 5,0 % ПБВ ДСТ	2,54	0,73	10	8,8	4,43	4,39	1,37	0,94	0,20	5,3
3	М/з плотная а/б смесь – 5,0 % ПБВ LG	2,53	0,75	10	8,4	4,36	4,33	1,51	0,94	0,30	5,3
4	М/з плотная а/б смесь – 5,0 % ПБВ ТЭП	2,54	0,73	6	8,2	3,69	3,71	1,41	0,95	0,22	3,7
5	М/з плотная а/б смесь – 5,0 % ПБВ KRATON	2,54	0,76	10	8,2	4,07	4,05	1,60	0,93	0,29	4,5
6	Требования ГОСТ 9128-2013	-	1,5-3,5	>10	<9,0	>2,0	-	>0,9	>0,81	>0,20	2,8-6,0

Наряду с исследованиями основных физико-механических характеристик были дополнительно проведены экспериментальные исследования усталостной прочности полимерасфальтобетонов. Эти исследования проводились методом циклического нагружения образцов при температуре 50 °С и скорости нагружения образца 5 мм/мин. Из результатов испытаний образцов полимерасфальтобетонов на усталостную прочность видно, что применение модифицированного битума повышает данный показатель для типа А и ЩМПА марки 20 более чем в 2 раза по сравнению с асфальтобетоном на исходном битуме. Это обусловлено, по-видимому, эффектом армирования полимерами пленки битума физической сеткой и ее специфическим структурирующим влиянием при повышенных температурах, характерных для летнего периода эксплуатации покрытий. Так, количество циклов нагружения полимерасфальтобетона типа А, содержащего 5 масс. % ПБВ на основе ДСТ, KRATON и LG возрастает с 4 до 10, а для ЩМПА марки 20 с 4 до 9 циклов нагружения, что косвенно отражает увеличение долговечности асфальтобетонов при равнозначной величине внешнего воздействия.

Прочность при расколе при 0 °С для полимерасфальтобетона типа А и ЩМПА находится в пределах требований ГОСТ. Так для типа А данный показатель лежит в пределах 3,7-5,3 МПа, для ЩМПА марки 20 соответствует 3,1-3,8 МПа в зависимости от типа применяемого полимера.

К основным показателям сдвигоустойчивости полимерасфальтобетонов, влияющим на глубину колеи, относятся коэффициент внутреннего трения и показатель сцепления асфальтобетона при сдвиге.

Установлено, что при введении добавок полимеров в полимерасфальтобетон типа А и ЩМПА повышается сдвигоустойчивость по показателю сцепления при сдвиге при 50 °С. При содержании ПБВ в смеси 5 масс. %, для полимерасфальтобетона типа А показатель сдвигоустойчивости повышается в 1,7 раза в сравнении с асфальтобетоном на чистом битуме при использовании добавок полимеров LG и ДСТ, для ЩМПА в 1,5-1,9 раза, кроме состава с полимером Кратон, то есть полимерасфальтобетоны обладают большей сопротивляемостью разрушающей нагрузке, выдерживают большие напряжения сдвигу и обладают большей сдвигоустойчивостью.

Значение показателя сдвигоустойчивости полимерасфальтобетона типа А по коэффициенту внутреннего трения возрастает с 0,91 до 0,94-0,95, а для ЩМПА с 0,95 до 0,96-0,98 в зависимости от вида применяемого полимера.

В результате проведенных исследований полимерасфальтобетона типа А и ЩМПА доказана эффективность их модификации добавками полимеров. При этом наибольший эффект в составе полимерасфальтобетона типа А проявляет добавка LG Chem, а в составе ЩМПА добавки LG Chem и ДСТ.

Таким образом, анализируя свойства полимерасфальтобетона типа А и ЩМПА марки 20, модифицированных полимерными добавками LG Chem, ДСТ, KRATON и ТЭП установлено, что введение полимеров равнозначно влияет на положительное изменение их физико-механических свойств. Проведенные исследования показателей физико-механических свойств асфальтобетона типа А и щебеночно-мастичного асфальтобетона марки 20 с использованием ПБВ показали, что все значения превосходят аналогичные показатели свойств асфальтобетонов на исходном битуме. Показатели физико-механических свойств образцов асфальтобетона типа А и щебеночно-мастичного асфальтобетона марки 20, приготовленных с применением ПБВ, превосходят нормативные показатели ГОСТ 9128-2013 и ГОСТ 31015-2002. Улучшение физико-механических свойств асфальтобетонных и щебеночно-мастичных смесей при применении ПБВ, даст возможность получить более трещиностойкое и стойкое к образованию пластических деформаций дорожное покрытие, что в конечном счёте продлит срок его службы.

На основе проведенных исследований и полученных результатов разработан стандарт организации СТО 5718-002-572536637-2015 «Асфальтобетоны дорожные на основе полимерно-битумных вяжущих».

Список библиографических ссылок

1. Отчет о научно-технической работе по договору № 69 от 23.06.2014 г. Вдовин Е.А., Ильина О.Н. и др. Разработка Стандарта организации «Асфальтобетоны дорожные на основе полимерно-битумных вяжущих».
2. Хафизов Э.Р. Применение битумно-полимерных вяжущих для повышения сроков службы дорожных покрытий. Материалы IV Международной научно-практической конференции «Автомобиль и техносфера. – Казань: КГТУ им. А.Н. Туполева, 2005. – С. 265.
3. Хафизов Э.Р., Минкин Б.М. Битум-полимерные вяжущие для дорожного строительства с применением нефтехимического комплекса Республики Татарстан. – Белгород: БГТУ, 2013. – С. 406-409.
4. Хафизов Э.Р., Камалтдинов Л.Р. К вопросу о применении полимерно-битумных вяжущих в Республике Татарстан. – Новосибирск: СибАК, 2014, № 8-9. – С. 16-23.
5. Хафизов Э.Р., Фомин А.Ю. Применение модифицированных битумов для дорожного строительства Республики Татарстан // Известия КГАСУ, 2014, № 4 (30). – С. 303-307.
6. Хафизов Э.Р., Фомин А.Ю. Применение полимерасфальтобетонных покрытий на автомобильных дорогах Республики Татарстан // Известия КГАСУ, 2015, № 4 (34). – С. 312-316.
7. ГОСТ 31015-2002. Смеси асфальтобетонные и асфальтобетон щебеночно-мастичные. Технические условия. – М.: Госстрой России, 2003. – 24 с.
8. ГОСТ 9128-2013. Смеси асфальтобетонные, полимерасфальтобетонные, асфальтобетон, полимерасфальтобетон для автомобильных дороги и аэродромов. – М.: ФГУП «СТАНДАРТИНФОРМ», 2014. – 51 с.

Khafizov E.R. – candidate of technical sciences, associate professor

E-mail: hafizov@kgasu.ru

Vdovin E.A. – candidate of technical sciences, associate professor

E-mail: vdovin@kgasu.ru

Ilina O.N. – candidate of technical sciences, associate professor

E-mail: ilina@kgasu.ru

Fomin A.Y. – candidate of technical sciences, associate professor

E-mail: fomin-al.78@mail.ru

Kazan State University of Architecture and Engineering

The organization address: 420043, Russia, Kazan, Zelenaya st., 1

Researches of physical and mechanical properties macadam asphalt concrete on the basis of the polymer-bitumen binders

Resume

In Russia and abroad at the device of coverages of roads of high technical categories a more wide use is found by macadam bituminous concretes. Advantages of these materials are conditioned by their specific transport-operating indexes, such as, safety and comfort of movement, to the resistibility to the external loading and longevity. Application of macadam mixtures in wide scales will allow considerably to improve quality and their longevity travelling coverages. At introduction of polymeric additions to the bitumen, the binder acquires elastic properties i.e. capacity for renewal of primary sizes and form after the removal of loading, the temperature interval of capacity broadens. As a result of undertaken studies of polymer asphaltic concrete type A and macadam-mastic bituminous concrete is shown efficiency of their modification by additions of polymers. Undertaken studies of indexes of properties of bituminous concretes of type A and macadam-mastic bituminous concretes of brand 20 with the use of polymer-bitumen binders showed that all values excelled the analogical indexes of properties of bituminous concretes on an initial bitumen.

Keywords: highway, bitumen, polymers, polymer-bitumen binders, bituminous concrete, macadam-mastic bituminous concrete.

Reference list

1. Report on the scientific and technical work under the contract number 69 dated 23.06.2014. Vdovin E.A., Ilina O.N. and others. Development of standards organizations «Asphalt concrete based polymer-bitumen binders».
2. Khafizov E.R. The use of bitumen-polymer binders to increase the service life of road surfaces. Proceedings of the IV International scientific and practical conference «The car and technosphere». – Kazan: KSTU A.N. Tupolev, 2005. – P. 265.
3. Khafizov E.R., Minkin B.M. Bitumen-polymer binders for road construction with the use of a petrochemical complex in the Republic of Tatarstan. – Belgorod, BSTU, 2013. – P. 406-409.
4. Khafizov E.R., Kamaltdinov L.R. To the question about application polymeric-bituminous astringent in Republic of Tatarstan. – Novosibirsk: Sibak, 2014, № 8-9. – P. 16-23.
5. Khafizov E.R., Fomin A.Y. Application of the modified bitumens for travelling building of Republic of Tatarstan // Izvestiya KGASU, 2014, № 4 (30). – P. 303-307.
6. Khafizov E.R., Fomin A.Y. Application the and polimer asphaltic concrete of coverings on highways of the Republic of Tatarstan // Izvestiya KGASU, 2015, № 4 (34). – P. 312-316.
7. GOST 31015-2002. Mixtures of asphalt and asphalt stone mastic. Technical conditions. – M.: Gosstroy of Russia, 2003. – 24 p.
8. GOST 9128-2013. Asphaltic concrete and polimer asphaltic concrete mixtures, asphaltic concrete and polimer asphaltic concrete for roads and aerodromes. Specifications. – M.: FSUE «STANDARTINFORM», 2014. – 51 p.