

СТРОИТЕЛЬСТВО И АРХИТЕКТУРА

DOI: 10.34031/2071-7318-2021-6-8-8-16

*Наволокина С.Н., Ядыкина В.В., Гридчин А.М.

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова

*E-mail: navsvetlana685@rambler.ru

ЩЕБЕНОЧНО-МАСТИЧНЫЙ АСФАЛЬТОБЕТОН С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ БИТУМА, МОДИФИЦИРОВАННОГО СЭВИЛЕНОМ

Аннотация. В настоящее время из-за интенсивного движения автотранспорта прочностные характеристики асфальтобетона снижаются, возникают шелушения на поверхности дорожного покрытия. Для устройства верхних слоев покрытия на дорогах с высокой интенсивностью движения транспорта специально разработан щебеночно-мастичный асфальтобетон (ЩМА). Улучшения физико-механических характеристик асфальтобетона и повышения устойчивости к климатическим воздействиям можно добиться, используя полимерасфальтобетон на модифицированном вяжущем. В статье рассмотрены основные аспекты повышения качества щебеночно-мастичного асфальтобетона (ЩМА) за счет использования вяжущего, модифицированного севиленом (СЭВА). Исследовано влияние битума, содержащего севилен с 22 и 29 % винилацетатных групп (ВА), на свойства щебеночно-мастичного асфальтобетона. Анализ результатов показал, что применение модифицированных вяжущих положительно сказывается на всем комплексе физико-механических показателей полимерасфальтобетона. Установлено повышение прочности образцов при 20 и 50 °С, снижение этого показателя при 0 °С. Улучшаются также показатели водо- и теплоустойчивости, сдвигоустойчивости и трещиностойкости, что должно позитивно отразиться на долговечности дорожного покрытия. Установлены рациональные концентрации добавок полимера и количества винилацетатных групп в его составе. Оценено сцепление вяжущего с минеральной частью асфальтобетонной смеси. Рассмотрен показатель чувствительности к перепадам температур асфальтобетонных образцов в связи с тем, что асфальтобетон является материалом, реагирующим на температурные колебания внешней среды. Анализ результатов проведенных испытаний показал, что применение модифицированных вяжущих положительно сказывается на всем комплексе физико-механических показателей полимерасфальтобетона.

Ключевые слова: щебеночно-мастичный асфальтобетон, севилен, битум, модифицированный битум, физико-механические характеристики.

Введение. Основной причиной разрушения асфальтобетонного покрытия на современных автодорогах является увеличение транспортных нагрузок на покрытие. В результате повышения осевой нагрузки на дорожном полотне наблюдаются явления колейности, волн и сетки трещин, превращающиеся в выбоины [1]. Из-за постоянного климатического воздействия (замораживания зимой и оттаивания летом) снижаются прочностные характеристики асфальтобетона, возникают шелушения на поверхности дорожного покрытия. Для устройства верхних слоев покрытия на дорогах с высокой интенсивностью движения транспорта специально разработан щебеночно-мастичный асфальтобетон (ЩМА). Данный материал представляет самостоятельную разновидность асфальтобетона, обеспечивающую, в отличие от других типов смесей, одновременно водонепроницаемость, сдвигоустойчивость и шероховатость устраиваемого верхнего слоя покрытия, а также высокий коэффициент сцепления с колесом автомобиля, высокое сопротивление постоянной деформации, наивысшую долговечность, низкий уровень шума.

Асфальтобетон как термопластичный материал обладает сложным комплексом физико-механических и реологических свойств, в наиболее значительной степени зависящих от свойств применяемого вяжущего [2, 3].

Улучшения физико-механических характеристик асфальтобетона и повышения устойчивости к климатическим воздействиям можно добиться, используя полимерасфальтобетон на модифицированном вяжущем [1–3].

Из работ российских и зарубежных авторов [4–14] широко известно положительное влияние сэвилена на свойства битума и асфальтобетона. Однако до настоящего времени не установлено оптимальное содержание ни сэвилена, ни количества винилацетатных групп в нем. Известно [15], что соединения этилена с винилацетатом обеспечивают более низкую вязкость модифицированных битумов при технологических температурах укладки и уплотнения асфальтобетонных смесей по сравнению с добавкой СБС. Это позволяет уменьшить возможную термическую сегрегацию асфальтобетона и улучшить качество уплотнения

дорожного покрытия. Данное явление достигается за счет наличия в этиленвинилацетате полярных молекул, активно взаимодействующих с компонентами битума (асфальтенами, парафиновыми и ароматическими соединениями) и минеральными материалами в асфальтобетоне.

Материалы и методы. С целью изучения влияния сэвилена на свойства асфальтобетонных смесей были приготовлены щебеночно-мастичные асфальтобетонные смеси на основе модифицированных севиленом битумов. В качестве исходного битума при приготовлении модифицированных вяжущих был использован БНД 70/100 Московского НПЗ.

В исследованиях использованы составы ПБВ с сэвиленом, содержащим 22 и 29 % винилацетата, так как состав с 22 % оказал наилучшее влияние на свойства вяжущего [16], а состав с 29 % незначительно уступает ему по показателям. Содержание сэвилена в вяжущем составляло 3, 5, 7 и 10 %.

Были проведены испытания щебеночно-мастичных асфальтобетонных смесей на показатель водонасыщения, прочностные характеристики и коэффициент водостойкости по ГОСТ 12801-98. Водонасыщение асфальтобетонных образцов было определено с помощью вакуумной установки в течение заданного времени. Прочностные показатели асфальтобетонных смесей, сдвигоустойчивость и трещиностойкость определялись путем термостатирования их в течение 1 ч в воде при заданной температуре, а затем испытания на прессе ДТС-06-50/100.

Основная часть. В работе было изучено изменение физико-механических свойств щебеночно-мастичных асфальтобетонных смесей при введении сэвилена в битум. Анализ результатов проведенных испытаний показал, что применение модифицированных вяжущих положительно сказывается на всем комплексе физико-механических показателей полимерасфальтобетона (рис. 1).

Асфальтобетоны на полимерно-битумном вяжущем с добавкой обладают в сравнении с асфальтобетоном на немодифицированном битуме более высокими показателями прочности при сжатии при 20 и 50 °С и более низкими прочностями при 0 °С.

Причем лучшие показатели достигнуты у образцов с 22 % винилацетата. Так прочность при 20 °С у образцов ЦМА с 22 % винилацетата в сэвилене достигает максимума у составов с 5 и 7 % добавки, увеличившись на 11,1 и 8,9 %. Прочность при 50 °С максимально возросла у составов с 5 и 7 % сэвилена – на 42,8 и 35,7 %, соответственно. Прочности образцов с 29 % винилацетата оказались незначительно ниже прочностных

характеристик образцов с 22 % винилацетата. Прочность при 0 °С у данных составов снизилась на 11,8 и 13,7, соответственно. Максимального снижения на 16,7 % данный показатель достиг при 10 % сэвилена с 29 % винилацетата. Улучшение прочностных характеристик свидетельствует о положительном влиянии модификатора, способного придавать вяжущему в асфальтобетоне устойчивость в области низких и высоких температур.

Из рисунка 1 видно, что водонасыщение образцов асфальтобетона на модифицированном битуме значительно снижается при увеличении концентрации сэвилена, следовательно, этот композит содержит большее количество закрытых пор, что в дальнейшем будет способствовать более высокой морозостойкости дорожного покрытия. Причем, водонасыщение образцов при использовании сэвилена, содержащего 22 % винилацетата, снижается более интенсивно. При концентрациях 3,5 и 7 % уменьшение показателя составляет 14,6; 18,7 и 20,2 %.

Коэффициент водостойкости ЦМА при модификации вяжущего значительно повышается по сравнению с асфальтобетоном на исходном битуме, что свидетельствует о высокой устойчивости пленок вяжущего на поверхности минерального материала в составе асфальтобетона к отслаиванию при воздействии агрессивной среды и препятствует проникновению воды в поры материала. Установлено, что у образцов с 29 % винилацетата коэффициент водостойкости ниже, чем у образцов с 22 % винилацетата. Данное явление свидетельствует о более сильном сцеплении вяжущего, содержащего сэвилена с 22 % винилацетата, с минеральной частью. При введении 3 % сэвилена показатель возрастает на 11,4 и 6,3 % при 22 и 29 % винилацетата, при 5 % – 13,9 и 8,9 %, при 7 % – на 16,5 и 12,6 %, соответственно. Увеличение водостойкости в условиях Центрально-черноземного региона имеет большое значение, так как в осенне-зимний и весенний периоды наблюдаются многократные колебания положительных и отрицательных температур при интенсивном выпадении осадков. Увеличение коэффициента водостойкости и предела прочности при сжатии полимерасфальтобетонных смесей может указывать на то, что покрытие или ремонтируемый участок из этого материала может обладать большей долговечностью.

Известно, что определяющее влияние на водостойкость асфальтобетона оказывает сцепление вяжущего с поверхностью каменных материалов. В работах [17, 18] установлено, что использование сэвилена улучшает адгезионные свой-

ства битума. Помимо этого, авторы [19] отмечают, что с увеличением содержания винилацетата в севилене, он приобретает хорошую адгезию ко многим материалам, легко совмещается с различными полимерами, каучуками, твердыми

парафинами, пластификаторами; уменьшается также разрушающее напряжение при растяжении, увеличивается относительное удлинение при разрыве.

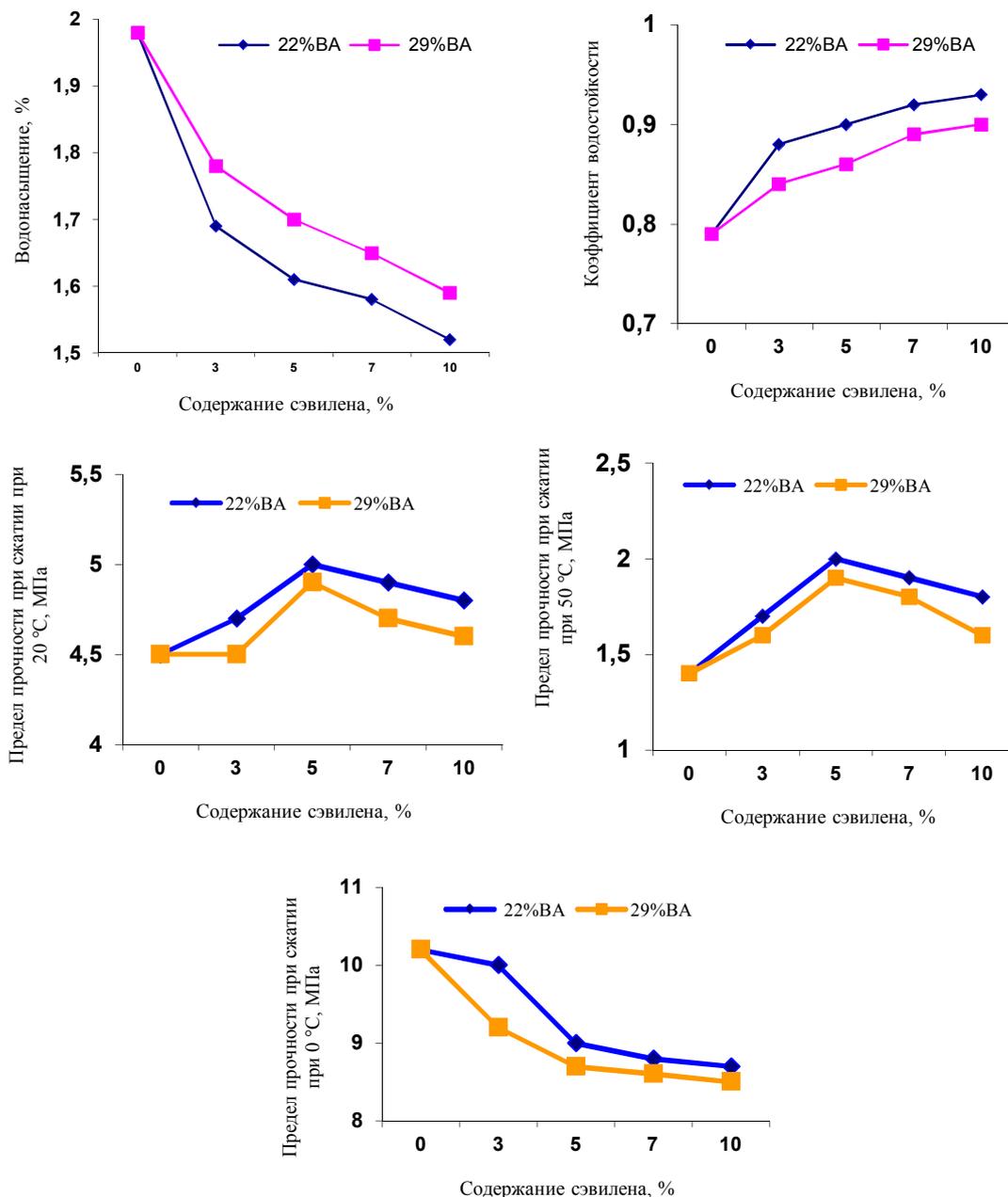


Рис. 1. Влияние стирена на: а) водонасыщение; б) водостойкость; в) прочность при сжатии при 20 °С; г) прочность при сжатии при 50 °С; д) прочность при сжатии при 0 °С

Известно, что большую роль в образовании адгезионных связей на различных поверхностях раздела оказывают межмолекулярные кислотно-основные взаимодействия [20–22]. В том числе известна роль этих взаимодействий в строительном материаловедении при образовании адгезионных связей между вяжущими и заполнителями (наполнителями) [23].

В работе [20] установлено, что поверхность СЭВА имеет преимущественно основной характер, поскольку в состав полимера входит карбоксильная группа, обладающая основными свойствами вследствие большей электроотрицательности атома кислорода по сравнению с углеродом. Это должно положительно отразиться на взаимодействии органического вяжущего, модифицированного севиленом, с заполнителями из

кислых пород в отличие от традиционного ПБВ на СБС.

Сцепление вяжущего с минеральной частью оценивали визуально по величине поверхности гранитного щебня, сохранившей пленку вяжущего после кипячения в воде в течение 30 минут

(рис. 2). Для эксперимента использовался битум без добавки, ПБВ-60 промышленного производства и битум, модифицированный 5 и 7 % севиленом с количеством винилацетатных групп 14, 22 и 29 %.



Рис. 2. Влияние сэйвилена с различным содержанием винилацетата на адгезию битума к гранитному щебню

Можно отметить, что на зернах щебня с немодифицированным битумом и промышленным полимерно-битумным вяжущим пленка битума отслоилась, нарушена сплошность покрытия материала вяжущим, тогда как севилен оказал положительное влияние на сцепление. Учитывая, что смесь считается выдержавшей испытание, если после кипячения не менее 3/4 поверхности остается покрытой пленкой вяжущего, можно констатировать, что образцы битума и полимерно-битумного вяжущего не выдержали испытание. Образцы с сэйвиленом показали значительное увеличение сцепления, что является основной причиной повышения таких характеристик ШМА, как прочность при 20 и 50 °С, водостойкость. Визуально образцы щебня, обработанного вяжущим с содержанием различных концентраций сэйвилена и винилацетата в его составе, мало

отличаются. Но на физико-механические характеристики асфальтобетона влияет не только сцепление битума с минеральными материалами, но и свойства вяжущего.

Так, прочность ЩМА при 20 и 50 °С на битуме, модифицированном севиленом, содержащим 22 % ВА, выше, чем содержащим 29 %, в то время как большее положительное влияние на прочность при 0 °С оказал полимер с 29 % винилацетатных групп. Это можно объяснить изменением строения макромолекул СЭВА при увеличении количества винилацетатных групп в его составе и связанным с этим снижением вязкости и повышением эластичности вяжущего [19].

Асфальтобетон является материалом, реагирующим на температурные колебания внешней среды. Это связано с тем, что битум, входящий в

его состав подвержен температурным изменениям и окислению, что обусловлено природой асфальтенов, мальтенов и углеводов, входящих в его состав [24]. В связи с этим актуальным является рассмотрение показателя чувствительности к перепадам температур. Коэффициент теплостойкости определялся как отношение прочности асфальтобетона на сжатие при 50 °С к этому же показателю при 20 °С. Следует отметить, что лучшие результаты получены при 22 %-

ном содержании винилацетатных групп. Данный показатель увеличился на 29,0 % для полимерасфальтобетона с 5 % сэвилена. Чувствительность к перепадам температур определялась как отношение прочности на сжатие при 50 °С к данному показателю при 0 °С. Для составов, содержащих 22 % СЭВА, исследуемый показатель увеличился почти вдвое, что позволяет прогнозировать повышенную тепло- и трещиностойкость таких полимерасфальтобетонов.

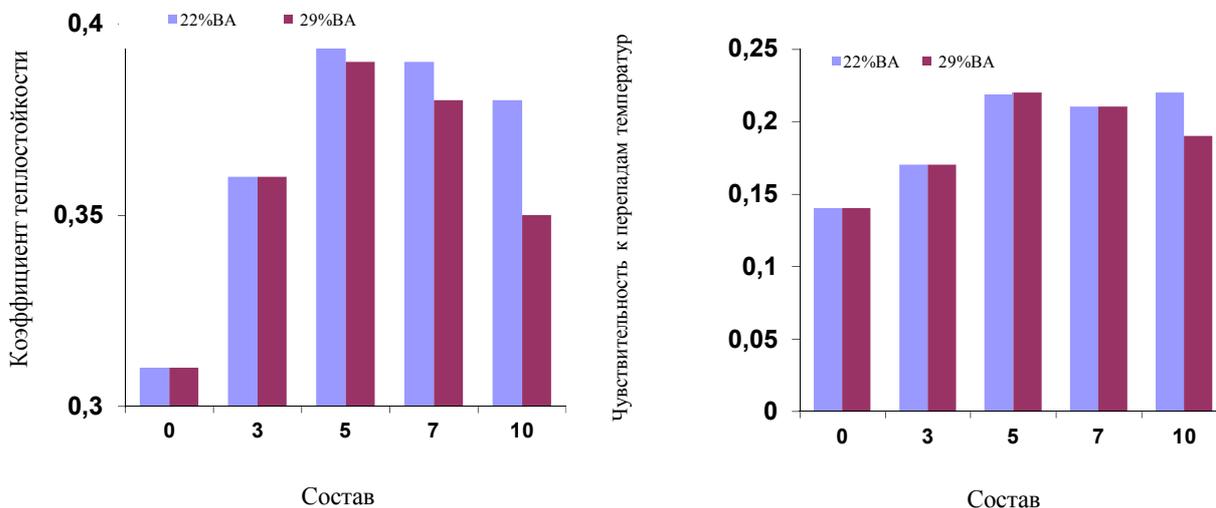


Рис. 3. Влияние модификаторов на: а) коэффициент теплостойкости; б) чувствительность к перепадам температур

Сдвигоустойчивость и трещиностойкость во многом определяют долговечность асфальтобетонного покрытия. Пропорционально повышению сдвигоустойчивости происходит увеличение

коэффициента теплостойкости и чувствительности к перепадам температур.

У полимермодифицированных образцов асфальтобетона значительно повышается сдвигоустойчивость и трещиностойкость (табл. 1).

Таблица 1

Влияние модификаторов на сдвигоустойчивость и трещиностойкость

Наименование показателей	Требования по ГОСТ 9128-2013 к III/IV ДКЗ	Содержание сэвилена, %								
		0	22				29			
		Содержание винилацетата, %								
		0	3	5	7	10	3	5	7	10
Сдвигоустойчивость: -коэффициент внутреннего трения - сцепление при сдвиге при 50 °С, МПа	Не менее 0,81/0,83	0,90	0,94	0,95	0,96	0,97	0,92	0,94	0,94	0,95
	Не менее 0,30/0,31	0,38	0,46	0,50	0,44	0,43	0,40	0,43	0,42	0,41
Трещиностойкость – предел прочности на растяжение при расколе при 0 °С, МПа	2,8–6,0/3,2–6,5	3,0	3,4	3,6	3,6	3,7	3,3	3,4	3,4	3,3

При введении 5 % добавки с 22 % винилацетата в битум показатель сцепления асфальтобетона при сдвиге повысился на 31,6 %, а трещиностойкость – на 5,6 %. При 3 и 5 % добавки наблюдается рост показателя сдвигоустойчивости, а затем происходит его плавное снижение. Коэффициент

внутреннего трения у образцов с 29 % винилацетата немного ниже, чем у образцов с 22 % добавки. Модифицированный битум, имея большую температуру размягчения, способствует повышению стойкости вяжущего в составе асфальтобетона к перепаду температур. Повышение

трещиностойкости и снижение предела прочности при сжатии при 0 °С свидетельствует об устойчивости асфальтобетонного покрытия перепадам температур, а также уменьшению вероятности образования трещин на дорожном покрытии.

Выводы.

1. Установлено значительное повышение прочности образцов ЦМА при 20 и 50 °С, а также водо- и теплостойкости, что связано с увеличением адсорбционной способности модифицированного битума по отношению к минеральным материалам из кислых пород. Это обусловлено наличием в составе полимера карбонильной группы, обладающей основными свойствами. Показано, что наибольшее положительное влияние на указанные характеристики оказывает севилен, содержащий 22 % винилацетата.

2. Введение добавки снижает прочность ЦМА при 0 °С, особенно при содержании 29 % винилацетата в составе полимера. Это объясняется снижением вязкости и повышением эластичности вяжущего при увеличении количества винилацетатных групп в его составе, что связано с изменением строения макромолекул СЭВА.

3. Показано, что у образцов асфальтобетона на полимермодифицированных битумах значительно повышается сдвигоустойчивость и трещиностойкость, что должно положительно отразиться на долговечности ЦМА.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Калгин Ю.И. Экономическая целесообразность применения модифицированных битумов при устройстве верхних слоев асфальтобетонных покрытий // Дороги России XXI века. 2002. № 3. С. 69–71.

2. Калгин Ю.И. Дорожные битумо-минеральные материалы на основе модифицированных битумов. Воронеж: Изд-во Воронежского гос. ун-та. 2006. 272 с.

3. Строкин А. С. Повышение сдвигоустойчивости дорожных покрытий путем применения асфальтобетона каркасной структуры на основе модифицированных битумов // Строительство и архитектура. 2008. №2. С.134–139.

4. Бусел А.В. Добавки этилен-винил-ацетата для модифицирования дорожных битумов // Наука и техника в дорожной отрасли. 1999. №2. С. 12–14.

5. Sengoz B, Topal A, Isikyakar G. Morphology and image analysis of polymer modified bitumens // Construction and Building Materials. 2009. № 23(5). 1986–1992.

6. Yuliestyan A., Cuadri A.A., Garcia-Morales M., Partal P. Influence of polymer melting point and

Melt Flow Index on the performance of ethylene-vinyl-acetate modified bitumen for reduced-temperature application // Materials and Design. 2016. № 96. Pp. 180–188.

7. Ming Liang, Shisong Ren, Weiyu Fan, Xue Xin, Jingtao Shi, Hui Luo. Rheological property and stability of polymer modified asphalt: effect of various vinyl-acetate structures in EVA copolymers // Construction and Building Materials. 2017. № 137. Pp. 367–380.

8. Ya Liu, Jing Zhang, Ru Chen, Jun Cai, Zhonghua Xi, hongfeng Xie. Ethylene vinyl acetate copolymer modified epoxy asphalt binders: phase separation evolution and mechanical properties // Construction and Building Materials. 2017. № 137. Pp. 55–65.

9. Bhupendra Singh, Praveen Kumar. Effect of polymer modification on the ageing properties of asphalt binders: chemical and morphological investigation // Construction and Building Materials. 2019. № 205. Pp. 633–641.

10. Gordon D. Airey. Rheological evaluation of ethylene vinyl acetate polymer modified bitumens // Construction and Building Materials. 2002. № 16. Pp. 473–487.

11. Burak Sendoz, Giray Isikyakar. Evaluation of the properties and microstructure of SBS and EVA polymer modified bitumen // Construction and Building Materials. 2008. № 22. Pp. 1897–1905.

12. Петров С.М. Модификаторы полифункционального действия для получения окисленных дорожных битумов с улучшенными свойствами: автореф. дис. канд. техн. наук. Казань. 2009. 20 с.

13. Галимов Л.Р., Кочнев А.М., Архиреев В.П., Галибеев С.С. Изучение модификации поливинилхлорида винилацетатными полимерами // Вестник Казанского технологического университета. 2009. №1. С. 36–40.

14. Опанасенко О.Н. Регулирование межфазных взаимодействий в нефтяных дисперсиях поверхностно-активными веществами и полимерами: автореф. дис. д-р хим. наук. Минск. 2017. 48 с.

15. Галдина В.Д. Модифицированные битумы: учеб. пособие. Омск: СибАДИ, 2009. 228 с.

16. Yadykina V.V., Navolokina S.N., Gridchin A.M. The dependence of the modified bitumen properties on the amount of vinyl acetate in the sevilen composition // Materials Science Forum. 2019. Pp. 175–180.

17. Вольфсон С.И., Хакимуллин Ю.Н., Закирова Л.Ю., Хусаинов А.Д., Вольфсон И.С., Макаров Д.Б., Ходин В.Г. Модификация битумов, как способ повышения их эксплуатационных свойств // Вестник Казанского технологического университета. 2016. Том 19. №17. С. 29–33.

18. Петров С.М., Кемалов Р.А. Возможности использования низкоокисленных битумов в производстве изоляционных лаковых материалов // В сборнике 11-й Международной конференции «Синтез, исследование свойств, модификация и переработка высокомолекулярных соединений». Казань. 2005. 91 с.

19. Темникова. Н.Е., Русанова С.Н., Стоянов О.В., Чалых А.Е., Герасимов В.К., Хасбиуллин Р.Р. Термохимические исследования этиленовых сополимеров // Вестник Казанского технологического университета. 2013. Т. 16. №5. С. 109–113.

20. Старостина И.А., Стоянов О.В. Кислотно-основные взаимодействия и адгезия в металл-полимерных системах: монография. КГТУ. Казань. 2010. 195 с.

21. Старостина И.А., Стоянов О.В., Гарипов Р.М., Загидуллин А.И., Кустовский В.Я., Кольцов Н.И., Кузьмин М.В., Трофимов Д.М., Петров В.Г. Связь приведенного параметра кислотности

с адгезионными свойствами эпоксидных покрытий // Лакокрасочные материалы и их применение. 2007. №5. С. 32–37.

22. Хузаханов Р.М., Старостина И.А., Стоянов О.В., Русанова С.Н. Характер взаимодействия на границе раздела «сополимер этилена с винилацетатом-металл» // Вестник Казанского технологического университета. 2013. Том 16. № 11. С. 191–194.

23. Ядыкина В.В. Повышение качества асфальто- и цементобетона из техногенного сырья с учетом состояния его поверхности: дис. доктора техн. наук. Белгород, 2004. 455 с.

24. Шеина Т.В., Самохина А.А. Взаимосвязь фракционного состава, надмолекулярной структуры и эксплуатационных показателей дорожных битумов. Ч. II // Вестник СГАСУ. Градостроительство и архитектура. 2015. № 3 (20). С. 108–114.

Информация об авторах

Наволокина Светлана Николаевна, аспирант кафедры автомобильных и железных дорог. E-mail: navsvetlana685@rambler.ru. Белгородский государственный технологический университет имени В.Г. Шухова. Россия, 308012, г. Белгород, ул. Костюкова, 46.

Ядыкина Валентина Васильевна, доктор технических наук, профессор кафедры автомобильных и железных дорог. E-mail: vvyua@intbel.ru. Белгородский государственный технологический университет имени В.Г. Шухова. Россия, 308012, г. Белгород, ул. Костюкова, 46.

Гридчин Анатолий Митрофанович, доктор технических наук, профессор кафедры автомобильных и железных дорог. E-mail: agd@intbel.ru. Белгородский государственный технологический университет имени В.Г. Шухова. Россия, 308012, г. Белгород, ул. Костюкова, 46.

Поступила 29.04.2021 г.

© Наволокина С.Н., Ядыкина В.В., Гридчин А.М., 2021

***Navolokina S.N., Yadykina V.V., Gridchin A.M.**
Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhov
*E-mail: navsvetlana685@rambler.ru

CRAWLER-MASTIC ASPHALT CONCRETE WITH THE USE OF BITUMEN MODIFIED BY SEVILEEN

Abstract. Heavy traffic reduces the strength characteristics of asphalt concrete, causes peeling on the pavement. Crushed stone-mastic asphalt concrete is designed for the device of the upper layers of the coating on roads with high traffic intensity. The use of polymerasfalt concrete on a modified binder can lead to an improvement in the physical and mechanical characteristics of asphalt concrete and increase its resistance to climatic influences. The main aspects of improving the quality of crushed stone-mastic asphalt concrete (SMA) due to the use of a binder modified with sevilen (SEVA) are discussed. The effect of bitumen containing sevilen with 22 and 29 % vinyl acetate groups on the properties of crushed stone-mastic asphalt concrete has been investigated. Analysis of the results shows that the use of modified binders has a positive effect on the entire complex of physical and mechanical parameters of polymer asphalt concrete. An increase in the strength of the samples at 20 and 50 °C, a decrease in this indicator at 0 °C is established. The indicators of water and heat resistance, shear resistance and crack resistance are also improved, which should have a positive effect on the durability of the road surface. Rational concentrations of polymer additives and the amount of vinyl acetate groups in its composition have been established. The adhesion of the binder to the mineral part of the asphalt concrete mixture is estimated. The index of sensitivity to temperature differences of asphalt concrete samples is considered due to the fact that asphalt concrete is a material that reacts to temperature fluctuations

in the external environment. The analysis of the results of the tests carried out demonstrates that the use of modified binders has a positive effect on the entire complex of physical and mechanical parameters of polymer asphalt concrete.

Keywords: *crushed stone-mastic asphalt concrete, sevelen, bitumen, modified bitumen, physical and mechanical characteristics.*

REFERENCES

1. Kalgin Yu.I. Economic feasibility of using modified bitumen in the construction of the upper layers of asphalt concrete pavements [Ekonomicheskaya celesoobraznost' primeneniya modifitsirovannykh bitumov pri ustrojstve verhnih sloev asfal'tobetonnykh pokrytij]. Roads of Russia XXI century. 2002. No. 3. Pp. 69–71. (rus)
2. Kalgin Yu.I. Road bitumen-mineral materials based on modified bitumen. Voronezh: Voronezh State Publishing House un-ty. 2006. 272 p.
3. Strokin A.S. Increasing the shear stability of road surfaces by using asphalt concrete of the frame structure based on modified bitumen [Povyshenie sdvigoustojchivosti dorozhnykh pokrytij putem primeneniya asfal'tobetona karkasnoj struktury na osnove modifitsirovannykh bitumov]. Building and architecture. 2008. No. 2. Pp. 134–139. (rus)
4. Busel A.V. Additives of ethylene-vinyl-acetate for modifying road bitumen [Dobavki etilen-vinil-acetata dlya modifitsirovaniya dorozhnykh bitumov]. Science and technology in the road industry. 1999. No. 2. Pp. 12–14. (rus)
5. Sengoz B., Topal A., Isikyakar G. Morphology and image analysis of polymer modified bitumens. Constr Build Mater. 2009. No. 23(5). 1986–1992.
6. Yuliestyan A., Cuadri A.A., Garcia-Morales M., Partal P. Influence of polymer melting point and Melt Flow Index on the performance of ethylene-vinyl-acetate modified bitumen for reduced-temperature application. Materials and Design. 2016. No. 96. Pp. 180–188.
7. Ming Liang, Shisong Ren, Weiyu Fan, Xue Xin, Jingtao Shi, Hui Luo. Rheological property and stability of polymer modified asphalt: effect of various vinyl-acetate structures in EVA copolymers. Construction and Building Materials. 2017. No. 137. Pp. 367–380.
8. Ya Liu, Jing Zhang, Ru Chen, Jun Cai, Zhonghua Xi, Hongfeng Xie. Ethylene vinyl acetate copolymer modified epoxy asphalt binders: phase separation evolution and mechanical properties. Construction and Building Materials. 2017. No. 137. Pp. 55–65.
9. Bhupendra Singh, Praveen Kumar. Effect of polymer modification on the ageing properties of asphalt binders: chemical and morphological investigation. Construction and Building Materials. 2019. No. 205. Pp. 633–641.
10. Gordon D.A. Rheological evaluation of ethylene vinyl acetate polymer modified bitumens. Construction and Building Materials. 2002. No. 16. Pp. 473–487.
11. Burak S., Giray I. Evaluation of the properties and microstructure of SBS and EVA polymer modified bitumen. Construction and Building Materials. 2008. No. 22. Pp. 1897–1905.
12. Petrov S.M. Polyfunctional modifiers for obtaining oxidized road bitumen with improved properties [Modifikatory polifunkcional'nogo dejstviya dlya polucheniya okislennykh dorozhnykh bitumov s uluchshennymi svojstvami]: author. dis. Cand. tech. sciences. Kazan. 2009. 20 p. (rus)
13. Galimov L.R., Kochnev A.M., Arkhireev V.P., Galibeev S.S. Study of modification of polyvinylchloride by vinyl acetate polymers [Izuchenie modifikacii polivinilhlorida vinilacetatnymi polimerami]. Bulletin of Kazan Technological University. 2009. No. 1. Pp. 36–40. (rus)
14. Opanasenko O.N. Regulation of interphase interactions in oil dispersions by surfactants and polymers [Regulirovanie mezhfaznykh vzaimodejstvij v neftyanykh dispersiyah poverhnostno-aktivnymi veshchestvami i polimerami]: author. dis. Dr. chem. sciences. Minsk. 2017. 48 p. (rus)
15. Galdina V.D. Modified bitumens [Modifitsirovannyye bitумы]: textbook. allowance. Omsk: SibADI, 2009. 228 p. (rus)
16. Yadykina V.V., Navolokina S.N., Gridchin A.M. The dependence of the modified bitumen properties on the amount of vinyl acetate in the sevelen composition. Materials Science Forum. 2019. Pp. 175–180.
17. Wolfson S.I., Khakimullin Yu.N., Zakirova L.Yu., Khusainov A.D., Volfson I.S., Makarov D.B., Khodin V.G. Modification of bitumen as a way of increasing their operational properties [Modifikaciya bitumov, kak sposob povysheniya ih ekspluatatsionnykh svojstv]. Bulletin of Kazan Technological University. 2016. Vol. 19. No. 17. Pp. 29–33. (rus)
18. Petrov S.M., Kemalov R.A. Possibilities of using low-oxidized bitumen in the production of insulating lacquer materials [Vozmozhnosti ispol'zovaniya nizkookislennykh bitumov v proizvodstve izolyatsionnykh lakovykh materialov]. In the collection of the 11th International conference "Synthesis, study of properties, modification and processing of high-molecular compounds". Kazan. 2005. 91 p. (rus)

19. Temnikova N.E., Rusanova S.N., Stoyanov O.V., Chalykh A.E., Gerasimov V.K., Khasbiullin R.R. Thermochemical studies of ethylene copolymers [Termohimicheskie issledovaniya etilenovykh sopolimerov]. Bulletin of Kazan Technological University. 2013. Vol. 16. No. 5. Pp.109–113. (rus)

20. Starostina I.A., Stoyanov O.V. Acid-basic interactions and adhesion in metal-polymer systems [Kislotno-osnovnye vzaimodejstviya i adgeziya v metall-polimernyh sistemah]: monograph. KSTU. Kazan. 2010. 195 p. (rus)

21. Starostina I.A., Stoyanov O.V., Garipov R.M., Zagidullin A.I., Kustovsky V.Ya., Koltsov N.I., Kuzmin M.V., Trofimov D.M., Petrov V.G. Relationship between the reduced acidity parameter and the adhesive properties of epoxy coatings [Svyaz' privedennogo parametra kislotnosti s adgezionnymi svojstvami epoksidnykh pokrytij]. Lakokrasochnye materialy i ikh primenenie. 2007. No. 5. Pp. 32–37. (rus)

22. Khuzakhanov R.M., Starostina I.A., Stoyanov O.V., Rusanova S.N. The nature of the interaction at the interface "copolymer of ethylene with vinyl acetate-metal" [Harakter vzaimodejstviya na granice razdela «sopolimer etilena s vinilacetatom-metall»]. Bulletin of Kazan Technological University. 2013. Vol. 16. No. 11. Pp. 191–194. (rus)

23. Yadykina V.V. Improving the quality of asphalt and cement concrete from technogenic raw materials taking into account the state of its surface [Povyshenie kachestva asfal'to- i cementobetona iz tekhnogennogo syr'ya s uchetom sostoyaniya ego poverhnosti]: dis. doctor tech. sciences. Belgorod, 2004. 455 p. (rus)

24. Sheina T.V., Samokhina A.A. Interrelation of fractional composition, supramolecular structure and performance indicators of road bitumen. Part II [Vzaimosvyaz' frakcionnogo sostava, nadmolekulyarnoj struktury i ekspluatacionnykh pokazatelej dorozhnykh bitumov. CH. II]. Bulletin of SGASU. Urban planning and architecture. 2015. No. 3 (20). Pp. 108–114. (rus)

Information about the authors

Navolokina, Svetlana N. Postgraduate student. E-mail: navsvetlana685@rambler.ru. Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhov. Russia, 308012, Belgorod, st. Kostyukova, 46.

Yadykina, Valentina V. DSc, Professor. E-mail: vvya@intbel.ru. Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhov, Russia, 308012, Belgorod, st. Kostyukova, 46.

Gridchin, Anatoly M. DSc, Professor. E-mail: agd@intbel.ru. Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhov. Russia, 308012, Belgorod, st. Kostyukova, 46.

Received 29.04.2021

Для цитирования:

Наволокина С.Н., Ядыкина В.В., Гридчин А.М. Щебеночно-мастичный асфальтобетон с использованием битума, модифицированного сэвиленом // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2021. № 8. С. 8–16. DOI: 10.34031/2071-7318-2021-6-8-8-16

For citation:

Navolokina S.N., Yadykina V.V., Gridchin A.M. Crawler-mastic asphalt concrete with the use of bitumen modified by seveleen. Bulletin of BSTU named after V.G. Shukhov. 2021. No. 8. Pp. 8–16. DOI: 10.34031/2071-7318-2021-6-8-8-16