

УДК 691.16

В.В. ЯДЫКИНА, С.Н. НАВОЛОКИНА, К.С. ВЫРОВОДА

ЭФФЕКТИВНОСТЬ МОДИФИКАЦИИ БИТУМА СМЕСЬЮ ТЕРМОПЛАСТА И ЭЛАСТОМЕРА

Исследовано влияние сэвилена с различным содержанием винилацетатных групп на свойства битума и асфальтобетона. Показано, что при дополнительном введении каучука в состав вяжущего значительно повышается его растяжимость и эластичность, что положительно отражается на свойствах полимерасфальтобетона. Обоснованы рациональные концентрации термопласта и эластомера в составе модифицированного вяжущего.

Ключевые слова: сэвилен, каучук, полимерная добавка, модифицированный битум, эластомер, термопласт, полимерасфальтобетон, физико-механические свойства.

DOI 10.32683/0536-1052-2020-736-4-31-43

Проблемы дорожного строительства неразрывно связаны с вопросами обеспечения отрасли качественными материалами и, прежде всего, главным компонентом асфальтобетонного покрытия – стабильным битумным вяжущим, без которого трудно рассчитывать на серьезное улучшение дорожного полотна. Используемое сырье и технологии производства битумов не позволяют достичь необходимого уровня физико-механических свойств вяжущих. Поэтому все чаще дорожные организации используют полимерные модифицирующие добавки, улучшающие свойства битумов. Применение полимеров дает возможность получать полимерно-битумные вяжущие, обладающие эластичными и необходимыми температурными свойствами в широком диапазоне, приводит к повышению сдвигоустойчивости и трещиностойкости, а также сопротивлению усталостному разрушению покрытий автомобильных дорог [1–4].

В настоящее время существует множество различных полимерных добавок для модифицирования битума: ДСТ, LG Chem, KRATON, SBS Luprene, Duraflex WA-80, ASW-2000, сэвилен, дорсо, нормаамид и др. Наибольшее применение находят полимеры типа СБС, что обусловлено их способностью не только повышать прочность битума, но и придавать полимерно-битумной композиции эластичность – свойство, присущее полимерам, причем при небольшой их концентрации (3–5 % от массы битума) [1, 3]. Помимо термоэластопластов для модификации битума широко используются термопласты, например, полиэтилен, полипропилен, полистирол, этиленвинилацетат, а также каучуки на основе полибутадиена, хлоропрена, этилен-пропилена СКЭПТ-Э-30, стирол-бутадиен-стирола (СБС) и полиуретана [5–14].

Одним из наиболее эффективных и широко используемых в мире полимеров является сэвилен (СЭВА, EVA). Он относится к полиолефинам и пред-

ставляет собой сополимер этилена с винилацетатом, различающийся содержанием винилацетата (10–60 %). Высокая химическая стойкость, эластичность в широком интервале температур, особенно при отрицательных температурах, механическая прочность этих полимеров дают возможность при совмещении с битумами получить материалы с хорошими эксплуатационными показателями.

Сэвилен способен образовывать в битумах сетку, сопротивляющуюся деформированию, повышать температуру размягчения и когезию [7, 11, 15]. Свойства сэвилена зависят, главным образом, от количества винилацетата в его составе. Известно [10, 16, 17], что с повышением содержания винилацетата кристалличность, разрушающее напряжение при растяжении, твердость, теплостойкость уменьшаются, в то время как плотность, эластичность, прозрачность, адгезия увеличиваются.

В работах российских и зарубежных авторов [7, 14, 17–24] показано положительное влияние сэвилена на характеристики битума и асфальтобетона. Так, увеличение содержания винилацетата в составе СЭВА в дорожном битуме приводит к повышению температуры размягчения, пенетрации, эластичности [18]. Также установлено [15], что использование СЭВА в составе битума позволяет добиться высокой адгезии к минеральному наполнителю.

Целью исследования явилось обоснование применения комплекса модификаторов для достижения оптимального качества вяжущего и асфальтобетона. На первом этапе проводилась оценка эффективности влияния сэвилена, содержащего от 14 до 29 % винилацетата, на свойства вяжущих и асфальтобетонных смесей на их основе.

Экспериментальные исследования выполнялись с использованием стандартных методов определения свойств битумов, полимерно-битумных вяжущих и асфальтобетонов. Показатели битума, модифицированного сэвиленом, сравнивались с требованиями ГОСТ, который распространяется на полимерно-битумные вяжущие на основе блоксополимеров типа СБС, поскольку нормативного документа, регламентирующего свойства полимерно-битумных вяжущих на других полимерах, не существует, хотя это не совсем корректно.

В работе для приготовления полимерно-битумного вяжущего был использован битум нефтяной дорожный БНД 90/130 АО «ЛУКОЙЛ-Нижегороднефтеоргсинтез», физико-химические свойства которого представлены в табл. 1.

Таблица 1. Физико-механические показатели битума

Показатель	По ГОСТ 22245–90	БНД 90/130
Глубина проникания иглы, 0,1 мм, при 25 °С	91–130	116
Глубина проникания иглы, 0,1 мм, при 0 °С	Не менее 28	33
Растяжимость при 25 °С, см	Не менее 65	100
Растяжимость при 0 °С, см	Не менее 4,0	7,2
Температура размягчения по кольцу и шару, °С	Не ниже 43	43
Температура хрупкости, °С	Не выше –17	–23

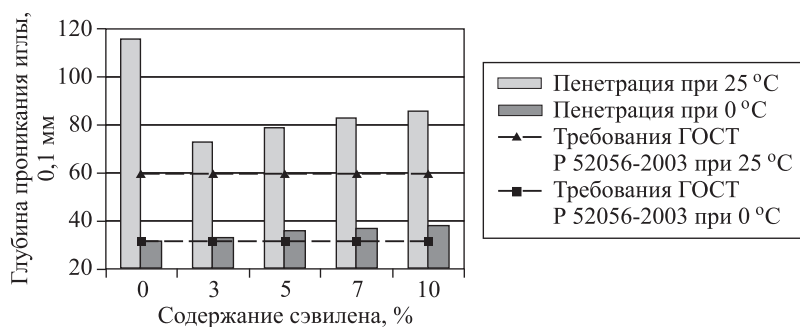


Рис. 1. Влияние содержания стирена на пенетрацию вяжущего при 25 и 0 °С

В работе [18] было выявлено, что с увеличением концентрации винилацетата в составе СЭВА вяжущее становится более пластичным. Этот эффект закономерен, так как известно, что полимер с высоким содержанием винилацетатных групп больше проявляет свойства эластомера, чем термопласта [15, 17, 19]. На основании этого объектами исследования служили четыре состава ПБВ с концентрациями 3, 5, 7 и 10 % стирена с 22%-м содержанием винилацетата. На рис. 1 показано влияние различного содержания стирена на показатель пенетрации при 25 и 0 °С в сравнении с требованиями ГОСТ Р 52056–2003.

Глубина проникания иглы при 25 °С при введении 3 % стирена по сравнению с исходным битумом уменьшается на 37,1 % – со 116 до $73 \cdot 0,1$ мм, а затем постепенно возрастает, и при содержании винилацетата, равном 10 %, показатель пенетрации $86 \cdot 0,1$ мм, т. е. его снижение составляет около 26 %. Показатель пенетрации при 0 °С плавно возрастает по сравнению с исходным битумом. Очевидно, что с увеличением концентрации стирена вяжущее становится более пластичным.

Температура размягчения – один из важнейших физико-химических показателей, определяющих эксплуатационные свойства битума и смесей на его основе при высоких температурах. Из данных экспериментальных исследований следует, что температура размягчения вяжущего повышается на 45,6 % при введении 3 % стирена, но затем при повышении концентрации стирена происходит уменьшение показателя (рис. 2). По мере увеличения

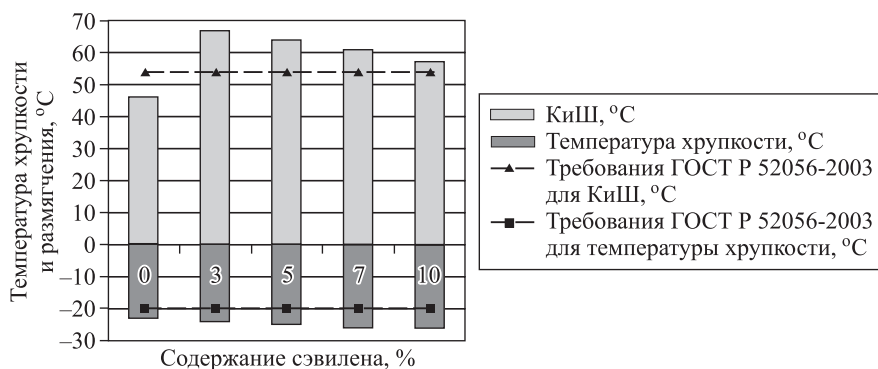


Рис. 2. Влияние содержания стирена на температуру размягчения вяжущего и температуру хрупкости

Таблица 2. Интервалы пластичности вяжущего с различным содержанием сэвилена

Сэвилен, %	Интервал пластичности, °С
0	69
3	91
5	89
7	87
10	83

концентрации сэвилена понижается температура хрупкости вяжущего, но уменьшается интервал пластичности. Наибольшего значения (91 °С) интервал пластичности достигает при введении 3 % сэвилена (табл. 2).

Растяжимость вяжущего при введении сэвилена закономерно падает, причем при температуре 25 °С и 3%-м содержании сэвилена это падение составляет 73 %, а при 10%-м –

уже 90 % (рис. 3). Начиная с 5%-го содержания сэвилена в вяжущем этот показатель, снизившись на 86 %, не вписывается в требования ГОСТ, в соответствии с которым минимальным показателем растяжимости полимерно-битумного вяжущего (ПБВ 60) при 25 °С является значение 25 см. При температуре 0 °С наблюдается аналогичная зависимость, и данный показатель очень далек от требований ГОСТ Р 52056–2003 для ПБВ 60 с использованием СБС¹.

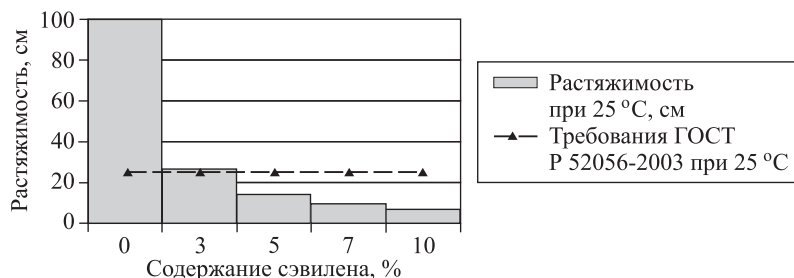


Рис. 3. Влияние содержания сэвилена на растяжимость вяжущего при 25 °С

Вполне возможно, что установленный факт не является критичным, так как по мнению некоторых исследователей полимерно-битумных вяжущих, например [1], показатель растяжимости малопригоден для характеристики поведения ПБВ при отрицательных температурах.

На рис. 4 представлено влияние содержания винилацетата в составе СЭВА на показатель эластичности вяжущего при 25 и 0 °С. Значение эластичности уменьшается пропорционально увеличению содержания сэвилена в битуме, достигая значений 84 и 81 % (3 % добавки) и 73 и 67 % (10 % добавки) при 25 и 0 °С соответственно. Однако при 3 и 5 % сэвилена показатели полностью удовлетворяют требованиям ГОСТ Р 52056–2003. Это можно объяснить изменением строения макромолекул СЭВА. Для повышения данного показателя можно рекомендовать введение пластификатора или другого полимера, например, эластомера.

Известно [3], что каучуки и каучукоподобные полимеры в отличие от термопластов, при приложении растягивающей силы могут удлиняться в 2–10 раз, а после прекращения действия этой силы восстанавливать свои пер-

¹ ГОСТ Р 52056–2003. Вяжущие полимерно-битумные дорожные на основе блоксополимеров типа стирол-бутадиен-стирол. Технические условия. М.: Госстандарт России. 2003. 6 с.

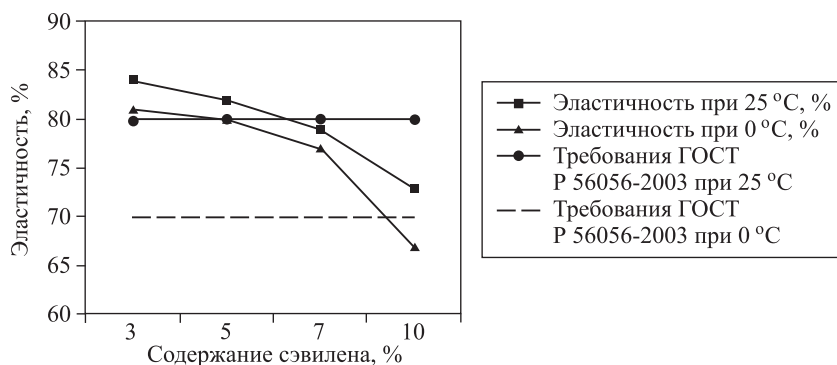


Рис. 4. Влияние содержания сэвилена на эластичность вяжущего при 25 и 0 °С

воначальные размеры, поэтому могут значительно повысить качество модифицированного вяжущего. Для улучшения показателей растяжимости и эластичности при 25 и 0 °С было решено использовать в качестве модификатора синтетический бутадиен-стирольный каучук СКС-30 АРК-1. В качестве исходного использовали состав ПБВ с 5 % сэвилена, содержащего 22 % винилацетата, так как он показал наилучшие результаты и не удовлетворял требованиям ГОСТ только по показателю растяжимости. Результаты испытаний составов с каучуком представлены в табл. 3.

Результаты исследований свидетельствуют, что глубина проникания иглы при 25 °С при введении 1 % каучука практически не изменяется по сравнению с полимерно-битумным вяжущим, содержащим 22 % винилацетата, а затем постепенно снижается. При содержании 5 % каучука показатель пенетрации $61 \cdot 0,1$ мм, т.е. снижение составило 22,8 %. Пенетрация при 0 °С также имеет склонность к постепенному уменьшению. В итоге при содержании 5 % каучука пенетрация при 0 °С оказалась на 8,3 % ниже, чем исходная. Таким образом, с увеличением концентрации каучука в составе полимерно-битумного вяжущего оно становится более вязким, что должно положительно отразиться на свойствах асфальтобетона.

Важным показателем для полимерно-битумного вяжущего является растяжимость. Она характеризует его пластичность, т.е. способность твердых тел к необратимому изменению своих размеров и формы под действием

Таблица 3. Результаты испытаний составов с каучуком

Каучук, %	P_{25}	P_0	КиШ	D_{25}	D_0	T_{xp}	Θ_{25}	Θ_0
0	79	36	64	14	5,7	-24	82	80
1	80	37	65	17	6,0	-25	85	81
2	71	36	67	27	7,5	-26	87	82
3	68	33	70	32	9,6	-27	90	84
4	66	34	73	39	14	-28	92	86
5	61	33	75	44	32	-29	94	88
Требования ГОСТ Р 52056–2003 для ПБВ 60	Не менее 60	Не менее 32	Не ниже 54	Не менее 25	Не менее 11	Не выше -20	Не менее 80	Не менее 70

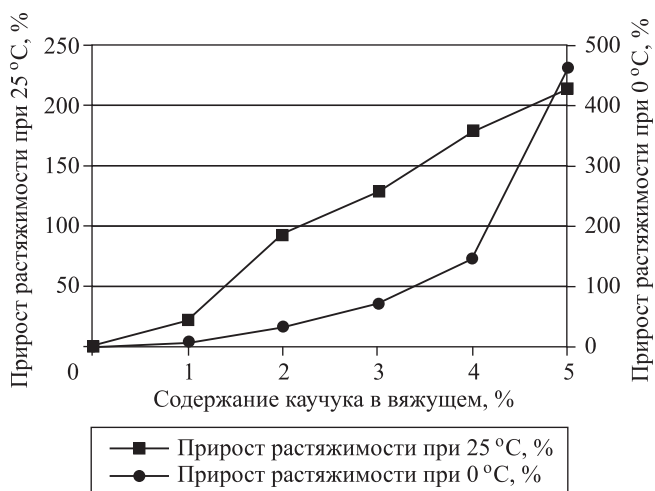


Рис. 5. Прирост растяжимости при 25 и 0 °С

механических нагрузок. Как и следовало ожидать, растяжимость вяжущего при введении каучука заметно возрастает (рис. 5), так как каучук является эластомером. Растяжимость при 25 °С при увеличении количества каучука растет достаточно равномерно и уже при содержании 2 % каучука показатель увеличивается практически в 2 раза, и полимерно-битумное вяжущее соответствует требованиям ГОСТ Р 52056–2003. При введении 5 % каучука растяжимость при 25 °С возрастает более чем в 3 раза.

С увеличением количества каучука в вяжущем до 4 % наблюдается равномерный прирост растяжимости при 0 °С, при дальнейшем введении каучука показатель резко возрастает более чем в 6 раз по сравнению с исходным вяжущим. Это является следствием способности молекул каучука растягиваться при приложении нагрузки, что свидетельствует о большей деформативности вяжущего, что должно положительным образом отразиться на эксплуатационных свойствах асфальтобетона.

При увеличении концентрации каучука в вяжущем наблюдается рост температуры размягчения. При этом повышение температуры размягчения составляет 9,4 и 17,2 % при введении в битум 3 и 5 % каучука соответственно. Следует отметить, что по мере увеличения концентрации каучука понижается температура хрупкости вяжущего и возрастает интервал пластичности,

Таблица 4. Интервалы пластичности вяжущего с различным содержанием каучука

Каучук, %	Интервал пластичности, °С
0	88
1	90
2	93
3	97
4	101
5	104

что очень важно. Это позволяет расширить рабочий диапазон применения каучуко-полимерно-битумных композиций. Прирост показателя составляет 14,8 и 18,2 % при 4 и 5 % каучука соответственно (табл. 4).

Важным свойством полимерно-модифицированного вяжущего является эластичность. Высокие значения данного показателя, наряду с повышением температуры размягчения, для вяжущего в асфальтобетонной смеси способствуют меньшему колееобразованию и износу верхних слоев дорожных покрытий. При введении каучука наблюдается значительный

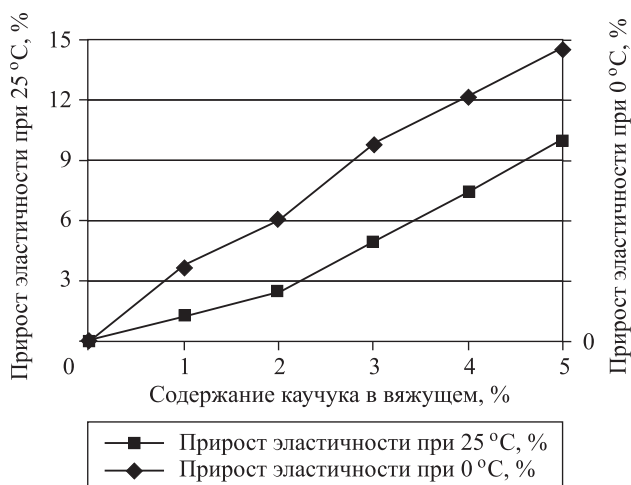


Рис. 6. Прирост эластичности при 25 и 0 °C

прирост эластичности в сравнении с контрольным ПБВ, содержащим 5 % сэвилена. Как видно из табл. 3, при 5 %-й концентрации каучука показатель эластичности достигает 94 и 88 % при 25 и 0 °C, что составляет 15 и 10 % соответственно (рис. 6). Это свидетельствует о создании в объеме вяжущего полимерного каркаса с эластичными связями.

Об улучшении низкотемпературных свойств можно судить по температуре хрупкости и дуктильности при 0 °C. Температура хрупкости понижается при добавлении 3 % каучука на 12,5 %, при введении 5 % – на 20,8 %. Можно предположить, что происходит изменение структуры вяжущего путем образования асфальтено-полимерного каркаса с эластичными связями, которые позволяют вяжущему обратимо деформироваться в пленочном состоянии. В результате асфальтобетон приобретает повышенную деформативность при низких температурах и повышенную теплостойкость за счет большей температуры размягчения [25].

При введении каучука в полимерно-битумное вяжущее, содержащее сэвилен, наблюдается значительное улучшение низкотемпературных свойств вяжущего, расширение интервала пластичности, увеличение растяжимости и эластичности. Это связано с особенностями получаемой структуры. Оставаясь частично захваченными полиолефиновыми блоками, молекулы каучука взаимодействуют при повышенных температурах с активными свободными радикалами структурообразующих компонентов битума (асфальтенов и смол). Это способствует образованию в вяжущем в диапазоне эксплуатационных температур единой эластичной асфальтено-полимерной решетки [25].

Таким образом, выявлен состав модификаторов, сочетающих в себе преимущества полиолефинов и эластомеров, что позволяет одновременно придавать вяжущему эластичность и устойчивость в области низких температур. Можно констатировать, что оптимальная концентрация каучука в вяжущем составляет 4–5 %. Дальнейшее увеличение концентрации каучука нецелесообразно, так как вяжущее вероятнее всего перейдет в другую марку. Закономерно предположить, что использование ПБВ, модифицированного комплексом полимеров, положительно отразится на свойствах асфальтобетонных смесей.

На основании исследований для испытаний асфальтобетонных смесей был выбран оптимальный состав, содержащий 5 % сэвилена и 5 % каучука.

Испытания проводились на асфальтобетонной смеси типа Б I марки следующего состава, %:

Щебень, фр. 5–20 мм Обуховского щебзавода	41,03
Песок из отсевов дробления, фр. 0–5 мм Обуховского щебзавода	53,33
Минеральный порошок МП-2 ООО «Промстройкомпонент»	5,64
Битум БНД 60/90 АО «ЛУКОЙЛ-Нижегороднефтеоргсинтез»	5,4

Были заформованы составы полимерасфальтобетона, в которых в качестве вяжущего использованы: № 1 – битум БНД 60/90; № 2 – битум, модифицированный 5 % сэвилена; № 3 – битум, модифицированный 5 % сэвилена + 5 % каучука. Результаты представлены в табл. 5.

Применение модификаторов уменьшает водонасыщение, что свидетельствует о высокой устойчивости пленок вяжущего на поверхности минеральных материалов к отслаиванию при воздействии агрессивной среды и препятствии проникновению воды в поры материала. Очевидно, что использование модифицированных вяжущих в асфальтобетонных смесях способствует значительному повышению прочностных характеристик, водостойкости и сдвигоустойчивости. Прочность при 20 °С у образцов серии № 2 и 3 увеличилась на 8,2 и 14,3 %, прочность при 50 °С – на 28,6 и 50 % соответственно. Показатель водостойкости вырос на 8,2 и 11,8 % соответственно. Данный показатель остается более высоким для составов № 2 и 3 вплоть до 15 сут. Так, водостойкость через 15 сут у образцов с битумом падает на 7,1 %, а с модификаторами – на 2,2 и 3,1 % соответственно.

Долговечность дорожных асфальтобетонных покрытий во многом определяется сдвигоустойчивостью асфальтобетона в летнее время и его темпера-

Таблица 5. Результаты испытаний асфальтобетона

Показатель	Требования по ГОСТ 9128–2013 к III/IV ДКЗ	Смесь		
		№ 1	№ 2	№ 3
Плотность, г/см ³	Не нормируется	2,42	2,42	2,41
Водонасыщение, %	1,0–2,5	1,89	1,77	1,63
Предел прочности при сжатии, МПа, при: 20 °С (R_{20}) 50 °С (R_{50}) 0 °С (R_0)	Не менее 2,0/2,0	4,9	5,3	5,6
	Не менее 1,1/1,2	1,4	1,8	2,1
	Не более 9,0/11,0	10,2	8,8	8,5
Водостойкость	Не менее 0,90/0,85	0,85	0,92	0,95
Сдвигоустойчивость коэффициент внутреннего трения сцепление при сдвиге при 50 °С, МПа	Не менее 0,81/0,83	0,90	0,97	0,99
	Не менее 0,30/0,31	0,41	0,50	0,59
Трещиностойкость – предел прочности на растяжение при расколе при 0 °С, МПа	2,8–6,0/3,2–6,5	3,2	3,6	3,8
Водостойкость при длительном водонасыщении	Не менее 0,85/0,75	0,79	0,90	0,92
Теплостойкость R_{50}/R_{20}	–	0,29	0,34	0,38

турной трещиностойкостью зимой. Из табл. 5 видно, что повышается высоко-температурная устойчивость асфальтобетона, определяемая коэффициентом теплостойкости, который увеличивается на 17,2 и 31 % в составах № 2 и 3. Повышение теплостойкости и, как следствие, сдвигоустойчивости достигается вследствие введения в состав битума модификаторов, увеличивающих температуру размягчения и способствующих образованию прочной пленки вяжущего на поверхности минерального материала [14].

Для определения коэффициента внутреннего трения и оценки сдвигоустойчивости асфальтобетона на прессе ДТС-05/50-100 были определены максимальные нагрузки и соответствующие предельные деформации стандартных цилиндрических образцов при двух напряженно-деформированных состояниях: при одноосном сжатии и при сжатии по схеме Маршалла. Коэффициент внутреннего трения вырос на 7,7 и 10 % (состав № 2 и 3), сцепление при сдвиге возросло на 22 и 43,9 % соответственно. Значительное повышение высокотемпературных характеристик полимерасфальтобетона при введении каучука связано с ростом вязкости и температуры размягчения полимерно-битумного вяжущего, что должно увеличить сдвигоустойчивость покрытия при высоких летних температурах.

Судя по уменьшению предела прочности при 0 °С на 13,7 и 16,7 % (состав № 2 и 3) и увеличению предела прочности на растяжение при расколе на 12,5 и 18,8 % соответственно, улучшаются низкотемпературные свойства. Предел прочности при сжатии при 0 °С считают косвенным показателем образования трещин при отрицательных температурах.

Исходя из представленных результатов, закономерно предположить, что асфальтобетонное покрытие, устроенное с использованием вяжущего, модифицированного комплексом полимеров, будет обладать достаточной деформационной устойчивостью при высоких летних температурах, высокой трещиностойкостью при отрицательных температурах.

Выводы. 1. Выявлено влияние сэвилена и количества винилацетата в его составе на свойства битума и асфальтобетона. Установлен рациональный состав исследуемого полимера и его оптимальное содержание в составе вяжущего для улучшения характеристик битума и полимерасфальтобетона.

2. Для улучшения растяжимости и эластичности вяжущего, содержащего сэвилен, использован каучук СКС-30, введение которого привело к увеличению растяжимости при 25 °С более чем в 3 раза, при 0 °С более чем в 6 раз, а также к повышению эластичности и интервала пластичности полимерно-битумного вяжущего.

3. Применение комплексного модифицирования вяжущего позволило улучшить физико-механические свойства полимерно-битумного вяжущего и полимерасфальтобетона за счет уменьшения водонасыщения, повышения прочности при 20 и 50 °С, сдвигоустойчивости и водостойкости асфальтобетонной смеси.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Г о х м а н Л.М. Битумы, полимерно-битумные вяжущие, асфальтобетон, полимерасфальтобетон. М.: ЗАО «ЭКОН-ИНФОРМ», 2008. 117 с.
2. Х а ф з о в Э.Р. Асфальтобетон на битум-полимерных вяжущих: Автореф. дис. ... канд. техн. наук. Казань, 2003. 23 с.

3. Галдина В.Д. Модифицированные битумы. Омск: СибАДИ, 2009. 228 с.
4. Ядыкина В.В., Гридчин А.М., Траутвайн А.И., Вербкин В.И. Исследование влияния различных полимеров и пластификаторов на свойства битума БНД 60/90 и асфальтобетона на его основе // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2015. № 6. С. 40–45.
5. Минхаирова А.И., Закирова Л.Ю., Вольфсон И.С., Аюпов Д.А., Мурафа А.В., Хозин В.Г., Хакимуллин Ю.Н. Модификация дорожных битумов смесевыми термоэластопластами // Вестник Казанского технологического университета. 2012. Т. 15, № 17. С. 120–122.
6. Вольфсон С.И. Динамически вулканизованные термоэластопласты: получение, переработка, свойства. М.: Наука, 2004. 173 с.
7. Опанасенко О.Н. Регулирование межфазных взаимодействий в нефтяных дисперсиях поверхностно-активными веществами и полимерами: Автореф. дис. ... д-ра хим. наук. Минск, 2017. 48 с.
8. Корнейчук Н.С., Лескин А.И., Рахимова Н.А. Полимерно-битумное вяжущее на основе вторичного полипропилена для производства асфальтобетонных смесей // ИВД. 2017. № 2.
9. Князев Ю.В., Буданцев В.В., Фролов В.А., Меркулов С.А. Использование полимерных материалов для модификации дорожного вяжущего // Молодой ученый. 2015. № 12. С. 198–200.
10. Галимов Л.Р., Кочнев А.М., Архиреев В.П., Галибеев С.С. Изучение модификации поливинилхлорида винилацетатными полимерами // Вестник Технологического университета. 2009. Т. 20, № 21. С. 36–40.
11. Котенко Н.П., Щерба Ю.С., Евфорицкий А.С. Влияние полимерных и функциональных добавок на свойства битума и асфальтобетона // Технические науки. 2019. № 1. С. 94–99.
12. Пат. РФ № 2211846. Способ получения полимерно-битумного вяжущего (ПБВ) / Ю.И. Калгин, А.Н. Кондратьев, В.П. Лаврухин, В.П. Юдин. Заявл. 02.08.2002. Оpubл. 12.09.2003. БИ. № 6.
13. Пат. РФ № 2648097. Способ получения полимерно-битумного вяжущего на основе вспененного полиуретана / Н.О. Плешаков, А.Г. Лысенко. Оpubл. 22.03.2018. БИ. № 9.
14. Самсонов М.В. Модификация свойств дорожных вяжущих материалов полимерами: Дис. ... канд. техн. наук. М., 2015. 158 с.
15. Закиева Р.Р., Гуссамов И.И., Гадельшин Р.М., Петров С.М., Ибрагимова Д.А., Фахрутдинов Р.З. Влияние модифицирования сополимером этилена с винилацетатом на эксплуатационные свойства вяжущего и асфальтобетона на его основе // Химия и технология топлив и масел. 2015. № 5. С. 36–39.
16. Капицкая Я.В. Адгезионные материалы на основе сэвиленовых смесей: Автореф. дис. ... канд. техн. наук. Казань, 2004. 20 с.
17. Гладких Ю.Ю. Деформационно-прочностные и адгезионные свойства сополимеров этилена и винилацетата: Автореф. дис. ... канд. хим. наук. М., 2012. 28 с.
18. 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. P. 175–180.
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. Бусел А.В. Добавки этилен-винил-ацетата для модифицирования дорожных битумов // Наука и техника в дорожной отрасли. 1999. № 2. С. 12–14.
21. Ширкунов А.С., Рябов В.Г., Парфенова Е.В. Получение дорожных полимерно-битумных вяжущих с улучшенной стойкостью против старения на базе компаундированной битумной основы и модификатора «ELVALOY 4170 RET» // Научно-технический вестник Поволжья. 2012. № 5. С. 378–383.

22. Г а л и е в а А.М., Н а с ы б у л л и н а А.Ш. Оценка эффективности сополимеров этилена и винилацетата для парафинистых нефтей // Вестник Казанского технологического университета. 2015. Т. 18, № 24. С. 33– 37.
23. П у з а к о в а Е.В., З а к и р о в а Л.Ю., В о л ь ф с о н И.С., Х а к и м у л л и н Ю.Н., А ю п о в Д.А., М у р а ф р А.В., Х о з и н В.Г. Влияние состава термоэластопластов на свойства модифицированных битумов // Вестник Казанского технологического университета. 2013. Т. 16, № 1. С. 120–121.
24. А б д у л л и н А.И., Е м е л ь я н ы ч е в а Е.А., М а р к о в В.Ю., У с м а н о в Т.К. Изучение влияния полимерных добавок на свойства битума // Вестник Казанского технологического университета. 2012. Т. 15, № 9. С. 199–201.
25. Ч е р с к о в Р.М. Комплексно-модифицированный дорожный асфальтобетон с повышенной устойчивостью к транспортным и погоднo-климатическим воздействиям: Автореф. дис. ... канд. техн. наук. Ростов н/Д, 2009. 22 с.

Ядыкина Валентина Васильевна, д-р техн. наук, проф.; E-mail: vvyu@intbel.ru
Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова
Наволокина Светлана Николаевна, асп.; E-mail: navsvetlana685@rambler.ru
Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова
Выродова Кристина Сергеевна, студ.
Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова

Получено 13.03.2020

Yadykina Valentina Vasil'evna, DSc, Professor; E-mail: vvyu@intbel.ru
Belgorod Shukhov State Technological University, Russia
Navolokina Svetlana Nikolaevna, Post-graduate Student;
E-mail: navsvetlana685@rambler.ru
Belgorod Shukhov State Technological University, Russia
Vyrodova Kristina Sergeevna, Student;
Belgorod Shukhov State Technological University, Russia

EFFICIENCY OF MODIFICATION OF BITUMEN WITH A MIXTURE OF THERMOPLASTIC AND ELASTOMER

The effect of sevilen with a different content of vinyl acetate groups on the properties of bitumen and asphalt concrete is investigated. It is shown that with the additional introduction of rubber into the composition of the binder, its extensibility and elasticity significantly increase, which positively affects the properties of polymer-asphalt concrete. Rational concentrations of thermoplastic and elastomer in the composition of the modified binder are substantiated.

Key words: sevilen, rubber, polymer additive, modified bitumen, elastomer, thermoplastic, asphalt concrete, physical and mechanical properties.

REFERENCES

1. G o k h m a n L.M. Bitумы, полимерно-битумные вяжущие, асфальтобетон, полимерасфальтобетон [Bitumen, polymer-bituminous binders, asphalt concrete, polymer asphalt concrete]. Moscow, 2008. 117 p. (in Russian)
2. K h a f i z o v E.R. Асфальтобетон на битум-полимерных вяжущих: Автореф. дис. ... канд. техн. наук [Asphalt concrete on bitumen-polymer binders: Extended abstract of candidate's thesis]. Kazan, 2003. 23 p. (in Russian)
3. G a l d i n a V.D. Модифицированные битумы [Modified bitumen]. Omsk: SibADI, 2009. 228 p. (in Russian)

4. Yadykina V.V., Gridchin A.M., Trautvain A.I., Verbkin V.I. Issledovaniye vliyaniya razlichnykh polimerov i plastifikatorov na svoystva bituma BND 60/90 i asfal'tobetona na ego osnove [Study of the influence of various polymers and plasticizers on the properties of BND 60/90 bitumen and asphalt concrete based on it]. Vestnik BGTU im. V.G. Shukhov [Bulletin of BSTU named after V.G. Shukhov]. 2015. No. 6. Pp. 40–45. (in Russian)
5. Minkhairova A.I., Zakirova L.Yu., Volfson I.S., Ayupov D.A., Murafa A.V., Khozin V.G., Khakimullin Yu.N. Modifikatsiya dorozhnykh bitumov smesevymi termoelastoplastami [Modification of road bitumen with mixed thermoplastic elastomers]. Vestnik Kazanskogo tekhnologicheskogo universiteta [Bulletin of Kazan Technological University]. 2012. Vol. 15, No. 17. Pp. 120–122. (in Russian)
6. Wol'fson S.I. Dinamicheski vulkanizirovannyye termoelastoplasty: polucheniye, pererabotka, svoystva [Dynamically vulcanized thermoplastic elastomers: production, processing, properties]. Moscow, 2004. 173 p. (in Russian)
7. Opasen'ko O.N. Regulirovanie mezhfaznykh vzaimodeystviy v neftyanykh dispersiyakh poverkhnostno-aktivnymi veshchestvami i polimerami: Avtoref. dis. ... d-ra khim. nauk [Regulation of interphase interactions in oil dispersions by surfactants and polymers: Extended abstract of Doctor's thesis]. Minsk, 2017. 48 p. (in Russian)
8. Korneychuk N.S., Leskin A.I., Rakhimova N.A. Polimerno-bitumnoe vyazhushchee na osnove vtorignogo polipropilena dlya proizvodstva asfal'tobetonykh smesey [Polymer-bitumen binder based on recycled polypropylene for the production of asphalt-concrete mixtures]. IVD. 2017. No. 2. (in Russian)
9. Knyazev Yu.V., Budantsev V.V., Frolov V.A., Merkulov S.A. Ispol'zovanie polimernykh materialov dlya modifikatsii dorozhnogo vyazhushchego [The use of polymeric materials for the modification of road binder]. Molodoy uchenyy [Young scientist]. 2015. No. 12. Pp. 198–200. (in Russian)
10. Galimov L.R., Kochnev A.M., Arkhireev V.P., Galibeev S.S. Izuchenie modifikatsii polivinilkhlorida vinilatsetatnymi polimerami [Study of modification of polyvinylchloride by vinyl acetate polymers]. Vestnik Tekhnologicheskogo universiteta [Bulletin of the Technological University]. 2009. T. 20, No. 21. Pp. 36–40. (in Russian)
11. Kotenko N.P., Shcherba Yu.S., Evforitskiy A.S. Vliyanie polimernykh i funktsional'nykh dobavok na svoystva bituma i asfal'tobetona [Influence of polymer and functional additives on the properties of bitumen and asphalt concrete]. Tekhnicheskie nauki [Technical sciences]. 2019. No. 1. Pp. 94–99. (in Russian)
12. Pat. RF No. 2211846. Sposob polucheniya polimerno-bitumnogo vyazhushchego (PBV) [Method of obtaining polymer-bitumen binder (PBB)]. Yu.I. Kalgin, A.N. Kondratyev, V.P. Lavrukhin, V.P. Yudin; appl. 02.08.2002; publ. 12.09.2003. Bull. No. 6. (in Russian)
13. Pat. RF No. 2648097. Sposob polucheniya polimerno-bitumnogo vyazhushchego na osnove vspenennogo poliuretana [A method of obtaining a polymeric bitumen binder based on foamed polyurethane]. N.O. Pleshakov, A.G. Lysenko; publ. 22.03.2018. Bull. No. 9. (in Russian)
14. Samsonov M.V. Modifikatsiya svoystv dorozhnykh vyazhushchikh materialov polimerami: Dis. ... kand. tekhn. nauk [Modification of properties of road binders by polymers: Extended abstract of candidate's thesis]. Moscow, 2015. 158 p. (in Russian)
15. Zakieva R.R., Gussamov I.I., Gadel'shin R.M., Petrov S.M., Ibragimova D.A., Fakhrutdinov R.Z. Vliyanie modifitsirovaniya sopolimerom etilena s vinilatsetatom na ekspluatatsionnye svoystva vyazhushchego i asfal'tobetona na ego osnove [The effect of modification of ethylene with vinyl acetate copolymer on the performance properties of the based]. Khimiya i tekhnologiya topliv i masel [Chemistry and technology of fuels and oils]. 2015. No. 5. Pp. 36–39. (in Russian)

16. Kapitskaya Ya.V. Adgezionnyye materialy na osnove sevilenovykh smesey: avtoref. dis. ... kand. tekhn. nauk [Adhesive materials based on sevilenovy mixtures: Extended abstract of candidate's thesis]. Kazan, 2004. 20 p. (in Russian)
17. Gladkikh Yu.Yu. Deformatsionno-prochnostnye i adgezionnyye svoystva sopolimerov etilena i vinilatsetata: Avtoref. dis. ... kand. khim. nauk [Deformation-strength and adhesive properties of ethylene and vinyl acetate copolymers: Extended abstract of candidate's thesis]. Moscow, 2012. 28 p. (in Russian)
18. 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.
19. Temnikova N.E., Rusanova S.N., Stoyanov O.V., Chalykh A.E., Gerasimov V.K., Khasbiullin R.R. Termokhimicheskie issledovaniya etilenovykh sopolimerov [Thermochemical studies of ethylene copolymers]. Vestnik Kazanskogo tekhnologicheskogo universiteta [Bulletin of Kazan Technological University]. 2013. Vol. 16, No. 5. Pp. 109–113. (in Russian)
20. Busel A.V. Dobavki etilen-vinil-atsetata dlya modifitsirovaniya dorozhnykh bitumov [Additives of ethylene-vinyl-acetate for modifying road bitumen]. Nauka i tekhnika v dorozhnoy otrasli [Science and technology in the road industry]. 1999. No. 2. Pp. 12–14. (in Russian)
21. Shirkunov A.S., Ryabov V.G., Parfenova E.V. Poluchenie dorozhnykh polimerno-bitumnykh vyazhushchikh s uluchshennoy stoykost'yu protiv stareniya na baze kompaundirovannoy bitumnoy osnovy i modifikatora "EVALOY 4170 RET" [Obtaining road polymer-bituminous binders with improved resistance to aging on the basis of a compounded bitumen base and modifier "ELVALOY 4170 RET"]. Nauchno-tekhnicheskii vestnik Povolzh'ya [Scientific and technical bulletin of the Volga region]. 2012. No. 5. Pp. 378–383. (in Russian)
22. Galieva A.M., Nasybullina A.Sh. Otsenka effektivnosti sopolimerov etilena i vinilatsetata dlya parafinistykh neftey [Evaluation of the effectiveness of ethylene and vinyl acetate copolymers for paraffinic oils]. Vestnik Kazanskogo tekhnologicheskogo universiteta [Bulletin of Kazan Technological University]. 2015. Vol. 18, No. 24. Pp. 33–37. (in Russian)
23. Puzakova E.V., Zakirova L.Yu., Vol'fson I.S., Khakimullin Yu.N., Ayupov D.A., Murafr A.V., Khozin V.G. Vliyanie sostava termoelastoplastov na svoystva modifitsirovannykh bitumov [Influence of the composition of thermoplastic elastomers on the properties of modified bitumen]. Vestnik Kazanskogo tekhnologicheskogo universiteta [Bulletin of Kazan Technological University]. 2013. Vol. 16, No. 1. Pp. 120–121. (in Russian)
24. Abdullin A.I., Emel'yanycheva E.A., Markov V.Yu., Usmanov T.K. Izuchenie vliyaniya polimernykh dobavok na svoystva bituma [Study of the effect of polymer additives on the properties of bitumen]. Vestnik Kazanskogo tekhnologicheskogo universiteta [Bulletin of Kazan Technological University]. 2012. Vol. 15, No. 9. Pp. 199–201. (in Russian)
25. Cherskov R.M. Kompleksno-modifitsirovanny dorozhnyy asfal'tobeton s povyshennoy ustoychivost'yu k transportnym i pogodno-klimaticheskim vozdeystviyam: Avtoref. dis. ... kand. tekhn. nauk [Complex-modified road asphalt concrete with increased resistance to transport and weather and climatic influences: Extended abstract of candidate's thesis]. Rostov-on-Don, 2009. 22 p. (in Russian)