

УДК 628.8

СОВРЕМЕННЫЕ МОДИФИКАТОРЫ АСФАЛЬТОБЕТОННЫХ СМЕСЕЙ

А.С. КАМЕКО

(Представлено: канд. техн. наук, доц. Л.М. ПАРФЕНОВА)

В статье представлен краткий обзор модификаторов асфальтобетонных смесей. Приведены сведения о применении в качестве модификаторов отходов полимеров, черной металлургии, резинотехнических отходов. Показано, что введение резиновой крошки в асфальтобетон позволяет повысить физико-механические характеристики. Приведены результаты сравнительного анализа физико-механических характеристик асфальтобетонов, находящихся в эксплуатации, включающих в своем составе в качестве добавки резиновую крошку и без добавок.

Современное дорожное строительство развивается стремительными темпами, что подразумевает под собой совершенствование технологии производства работ, качества и физико-механических характеристик применяемых асфальтобетонных смесей. Существуют различные пути совершенствования асфальтобетонной смеси и её компонентов, одним из которых является применение модификаторов. Рассмотрим современные разработки в области модифицирующих добавок асфальтобетонных смесей, предлагаемые отечественными и зарубежными учёными.

Введение механоактивированных органо-минеральных добавок предложено в работе [1]. Авторы исследований показали, что модифицирование битума обеспечивают значительное повышение прочности и водостойкости асфальтобетона. В научной работе [2] рассмотрен вопрос модификации нефтяных битумов полимерными материалами с целью улучшения качественных показателей получаемого дорожного вяжущего. В качестве модификатора использованы отходы полиэтилена и термоэластопласт ДСТ-30-01, адгезионная добавка «Амдор-10». Разработан оптимальный состав комплексного модификатора, проведена оценка физико-механических показателей, отмечено их улучшение. В ходе исследований [3] изучено влияние разных соотношений водонерастворимой фракции жидких продуктов быстрого пиролиза древесины и дорожного битума марки БНД60/90 на адгезионные, окислительные свойства, температурные воздействия на адгезионную прочность композиции битумного вяжущего. Отмечено, что добавка пиролизной жидкости может быть применена в качестве модификатора битумного вяжущего.

Пугин К.Г. и Юшков В.С. провели исследования по введению отходов черной металлургии в состав асфальтобетонной смеси [4], что позволило в процессе эксплуатации автомобильной дороги разделить транспортные потоки за счет цветовой гаммы покрытия. Данная работа позволила снизить аварийность при недостаточной освещённости. В работе [5] предложено определять оптимальные составы асфальтобетона с помощью методики планирования эксперимента. Их работа позволила наиболее эффективно применить в составе асфальтобетонной смеси отходы предприятий г. Новочеркаска.

Возможность модификации нефтяного дорожного битума марки БНД 70/100, который относится к категории вязких битумов и применяется для дорожных работ в теплое время года, при среднесуточной температуре не ниже +5 °С, рассмотрена в работе [6]. В качестве полимерных материалов для полимерно-битумных вяжущих (ПБВ) использовались сополимеры стирола с бутадиеном и этилена с винилацетатом. Определены их оптимальные концентрации для получения ПБВ с повышенной теплостойкостью и эластичностью. Функциональной добавкой к битумам являлись углеродные нанотрубки. Приведены физико-механические показатели модифицированных битумов и асфальтобетонных смесей на их основе. Показано, что введение в асфальтобетон даже малого количества нанотрубок приводит к повышению сдвигоустойчивости и прочности при различных температурах от 0 до 50 °С.

Отмечается [7], что наибольшими потенциальными возможностями для улучшения свойств битумных вяжущих обладает крошка из резин общего назначения, в том числе шинная. Ключевым звеном, позволяющим состыковать отдельные части означенной комплексной проблемы и решить поставленные задачи, должна стать технология соединения отходов резины с нефтяным битумом, учитывающая всю сложность и химизм происходящих процессов как в самих вяжущих, так и в конечных продуктах асфальтобетонных дорожных покрытиях при их устройстве и эксплуатации. Основываясь на приведённых выше принципах, в работе [7] была разработана технология получения резинобитумных композиций модификацией битума резиновыми отходами в виде мелкодисперсной крошки и исследованы свойства полученных композиций. В качестве сырья для получения резинобитумных композиций использовали: битум марки «Baki 85/25»; резиновую крошку размером 1 мм, полученную в результате переработки изношенных автомобильных шин; в качестве сшивающего агента серу и антиоксидант неозон Д.

Авторы статьи [8] вводили в состав битумного вяжущего резиновую крошку, что позволило увеличить интервал пластичности. Данный факт позволяет сохранять эксплуатационные свойства как при

низких, так и при высоких температурах. Данный модификатор увеличивает срок службы покрытия автомобильных дорог с 3–4 до 7–10 лет.

Углубленно изучен вопрос вторичного использования изделий из каучука авторами статьи [9]. Подробно изучен вопрос вулканизации резиновой крошки, рассмотрен вопрос выбора экологических агентов девулканизации и мягчителей, позволяющих ускорить протекание процесса. Отмечено, что физико-механические свойства, значения пенетрации и растяжимости модифицированного битума удовлетворяют нормам, так же отмечено повышение температуры размягчения и появление эластичности у вяжущего по сравнению с исходным битумом.

Метод высокотемпературной деструкции резинотехнических отходов при механических воздействиях рассматривали авторы статьи [10]. Метод предполагает смесь резиновой крошки с тяжелыми нефтяными остатками подвергать процессу термического окисления воздухом при разных температурных режимах. Полученный продукт предлагается использовать как вяжущий материал в дорожном строительстве.

Авторами статьи [11] разработан способ переработки изношенных шин и резинотехнических изделий в инертную крошку, предложена установка для переработки резинотехнических отходов при выжигании из резины легких фракций в термическом реакторе при температуре не выше 450–5000 °С и превращении оставшейся фракции в инертную крошку под воздействием вибрационных нагрузок.

Для заделки температурных швов аэродромных плит Левченко С.И., Пен В.Р. и Харьянова Е.В. предлагают в качестве эластичного наполнителя битумных мастик применять резиновую крошку [12].

Введение резиновой крошки в щебеночно-мастичный асфальтобетон позволяет повысить показатели предела прочности на сжатие при 20 и 50 °С, предела прочности на растяжение при расколе при 0 °С, сцепления при сдвиге, усталостной прочности и водостойкости, снизить показатель водонасыщения, такие результаты исследования получили авторы статьи [13]. Для получения битум-полимерной композиции в статье [14] предложено использовать резиновую крошку, производится сравнение с аналогами. Шабаев С.Н. и Вахьянов Е.М. построили графики зависимости основных физико-химических свойств вяжущего от содержания пластификатора при модификации битума резиновой крошкой [15]. В работе [16] отмечено, что технологические свойства резинобитумного вяжущего обуславливаются совокупностью: молекулярным сцеплением частиц дисперсной фазы друг с другом в местах контакта, там, где толщина прослоек дисперсионной среды между ними минимальна (лишенного фактора устойчивости). В предельном случае возможен полный фазовый контакт. Коагуляционное взаимодействие частиц вызывает образование структур с выраженными обратимыми упругими свойствами; наличие тончайшей пленки в местах контакта между частицами. Экспериментальные данные по исследованию свойств нефтяных дорожных битумов с использованием резиновой крошки приведены в работе [17].

Представлены результаты исследования влияния мелкодисперсной резиновой крошки на свойства нефтяного битума и асфальтобетона, установлены параметры оптимального режима совмещения битума и резиновой крошки, определено влияние крошки на свойства асфальтобетона на резинобитумном вяжущем и при ее введении непосредственно во время приготовления асфальтобетонной смеси в работе [18].

Авторы статьи [19] были рассмотрены свойства асфальтобетонных смесей с добавкой резиновой крошки марки РДС, марки ПР, а также резиновой крошки марки «Унирем», полученной упругодеформационным измельчением отработанной шинной резины. Предложена схема введения составляющих компонентов асфальтобетонной смеси по схеме: щебень → песок → битум → резиновая крошка «Унирем» → минеральный порошок, позволяющая сократить продолжительность перемешивания смеси и получить асфальтобетоны повышенного качества при снижении расхода добавки «Унирем».

В работе [20] отмечено, что с увеличением размера резиновой крошки должны возрастать температура и время ее растворения, также при выборе размера резиновой крошки необходимо обращать внимание на используемый пластификатор.

Анализ характеристик нефтяных дорожных битумов, применяющихся в дорожном строительстве, разработка технологии модификации битума резиновым порошком, получаемым при утилизации изношенных автомобильных шин, описывается в работе [21].

Целью экспериментальных исследований является сравнительный анализ физико-механических характеристик асфальтобетона с использованием резиновой крошки (в дальнейшем резиноасфальтобетон) и асфальтобетона марки ЩМБг20-П/2,0, находящихся в эксплуатации на автодороге (А/Д) Р-14 Полоцк – Миоры – Браслав. Верхний слой покрытия был выполнен в 2011 году. Образцы резиноасфальтобетона отобраны мост через реку Нача км. 20,598 А/Д Р-14 Полоцк – Миоры – Браслав и обозначены как – **Р₁**; **Р₂**; **Р₃**. Образцы асфальтобетона марки ЩМБг20-П/2,0 отобраны на А/Д Р-14 Полоцк – Миоры – Браслав км 16,323 и обозначены как **А₁**; **А₂**; **А₃**.

Сравнение образцов выполнялось согласно СТБ 1115-2013 по следующим показателям: средняя плотность; водонасыщение; набухание; коэффициент уплотнения, предел прочности на сжатие.

Результаты определения средней плотности образцов, водонасыщения, набухания, коэффициента уплотнения, предела прочности на сжатие приведены в таблицах 1.1; 1.2; 1.3.

Таблица 1. – Физико-механические характеристики верхнего слоя покрытия из резиноасфальтобетона

Наименование показателей, единицы измерения	Значения показателя резиноасфальтобетона для образцов		
	P_1	P_2	P_3
Масса сухого (ненасыщенного водой) образца, взвешенного на воздухе, G_0 , г.	659,23	657,30	707,50
Масса сухого образца, выдержанного 30мин. В воде и взвешенного на воздухе, G_1 , г	661,37	658,78	709,36
Масса того же образца, взвешенного в воде, G_2 , г	380,76	381,68	412,42
Масса насыщенного водой образца, взвешенного на воздухе, G_3 , г.	664,44	661,53	713,47
Масса того же образца, взвешенного в воде, G_4 , г	383,71	382,99	415,49
G_0' , г.	687,17	691,30	682,32
G_1' , г.	687,87	691,76	683,02
G_2' , г.	404,32	407,56	403,42

Примечание: G_0' ; G_1' ; G_2' – результаты измерений переформованных образцов.

Таблица 2. – Физико-механические характеристики верхнего слоя покрытия из асфальтобетона марки ЦМБг20-II/2,0

Наименование показателей, единицы измерения	Значения показателя резиноасфальтобетона для образцов		
	A_1	A_2	A_3
Масса сухого (ненасыщенного водой) образца, взвешенного на воздухе, G_0 , г.	1078,92	1085,07	1081,99
Масса сухого образца, выдержанного 30мин. В воде и взвешенного на воздухе, G_1 , г	1079,43	1086,20	1082,82
Масса того же образца, взвешенного в воде, G_2 , г	635,24	637,56	636,40
Масса насыщенного водой образца, взвешенного на воздухе, G_3 , г.	1090,73	1096,89	1093,81
Масса того же образца, взвешенного в воде, G_4 , г	646,19	647,90	647,05
G_0' , г.	668,94	673,57	673,87
G_1' , г.	669,47	674,50	674,16
G_2' , г.	396,45	399,32	399,76

Примечание: G_0' ; G_1' ; G_2' – результаты измерений переформованных образцов.

Таблица 3. – Физико-механические характеристики верхнего слоя покрытия

Наименование показателей, единицы измерения	Среднее значение показателей	
	P_{cp}	A_{cp}
Средняя плотность, ρ_m^a , г/см ³	2,37	2,42
Водонасыщение, W, %	1,80	2,65
Набухание, H, %	0,3	0,08
Средняя плотность переформованных образцов, ρ_m^a , г/см ³	2,43	2,45
Коэффициент уплотнения, K_v	0,98	0,99
Предел прочности при сжатии 50 °С, $R_{сж50}$ МПа	2,027	2,399

На основе полученных результатов лабораторных испытаний определено, что при значительном улучшении показателя водонасыщения резиноасфальтобетона сравнительно асфальтобетона марки ЦМБг20-II/2,0 (на 0,85%), наблюдается ухудшение параметра набухания (на 0,22%) и незначительное снижение предела прочности при сжатии (на 0,372 МПа).

ЛИТЕРАТУРА

1. Николаева, Л.А., Буренина, О.Н., Попов, С.Н. Дорожный асфальтобетон на основе модифицированного битумного вяжущего / Л.А. Николаева, О.Н. Буренина, С.Н. Попов // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета, 2013. – 1–10 с.
2. Беляев, П.С., Полушкин, Д.Л., Макеев, П.В., Фролов, В.А. Модификация нефтяных дорожных битумов полимерными материалами для получения асфальтобетонных покрытий с повышенными эксплуатационными характеристиками / П.С. Беляев, Д.Л. Полушкин, П.В. Макеев, В.А. Фролов // Вестник Тамбовского государственного технического университета, 2016. Том 22. № 2 – 264–271 с.
3. Файзрахманова, Г.М., Забелкин, С.А., Грачев, А.Н., Башкиров, В.Н. Разработка технологии получения органического вяжущего для дорожного строительства с использованием продуктов термической переработки биомассы дерева / Г.М. Файзрахманова, С.А. Забелкин, А.Н. Грачев, В.Н. Башкиров // Вестник Приамурского государственного университета им. Шолом-Алейхема, № 2(19)2015. – 79–85 с.
4. Пугин, К.Г., Юшков, В.С. Разработка асфальтобетонной смеси с использованием отходов производства / К.Г. Пугин, В.С. Юшков // Вестник МГСУ 6/2014 – 99–104 с.
5. Шкуланов, Е.И., Глушко, Н.А. Методика определения оптимальных составов асфальтобетона / Е.И. Шкуланов, Н.А. Глушко // Известия высших учебных заведений. Северо-Кавказский регион. Технические науки. 2005. № 3 – 77–81 с.
6. Котенко, Н.П., Щерба, Ю.С., Евфорицкий, А.С. Влияние полимерных и функциональных добавок на свойства битума и асфальтобетона / Н.П. Котенко, Ю.С. Щерба, А.С. Евфорицкий // Известия вузов. Северо-кавказский регион. Технические науки. №1.2019 – 94–99 с.
7. Шыхалиев, К.С., Алиева, З.Н. Модификация битума с полиэтиленовыми отходами / К.С. Шыхалиев, З.Н. Алиева // Проблемы современной науки и образования. – 14–17 с.
8. Вахьянов, Е.М., Лукьянова, М.А. Обоснование рационального состава битумных вяжущих модифицированных резиновой крошкой / Е.М. Вахьянов, М.А. Лукьянова // Вестник Кузбасского государственного технического университета – 143–146 с.
9. Беляев, П.С., Маликов, О.Г., Меркулов, С.А., Фролов, В.А. Решение проблемы утилизации отходов резинотехнических изделий путем модификации дорожных вяжущих / П.С. Беляев, О.Г. Маликов, С.А. Меркулов, В.А. Фролов // Вестник Воронежского государственного университета инженерных технологий №2, 2014 – 129–131 с.
10. Дроздов, С.П., Вейсвер, Т.Г., Кутаков, В.В. Метод высокотемпературной деструкции резинотехнических отходов для получения резинобитумных модификаторов / С.П. Дроздов, Т.Г. Вейсвер, В.В. Кутаков // Решетневские чтения 2017 – 409–411 с.
11. Павлов, Г.И., Кочергин, А.В., Ситников, О.Р., Галимова, А.И., Шакуров, Р.Ф., Кочергина, К.А., Гармонов, С.Ю. Переработка изношенных шин и резинотехнических изделий в инертную крошку при использовании установок пульсирующего горения / Г.И. Павлов, А.В. Кочергин, О.Р. Ситников, А.И. Галимова, Р.Ф. Шакуров, К.А. Кочергина, С.Ю. Гармонов // Вестник Казанского технологического университета с. – 174–179 с.
12. Левченко, С.И., Пен, В.Р., Харьянова, Е.В. Использование резиновой крошки в качестве эластичного наполнителя битумных мастик / С.И. Левченко, В.Р. Пен, Е.В. Харьянова // Решетневские чтения. 2017. – 44–45 с.
13. Хафизов, Э.Р., Семенов, Д.Ю. Повышение качества дорожных покрытий путем введения в щебеночно-мастичную асфальтобетонную смесь добавок резиновой крошки / Э.Р. Хафизов, Д.Ю. Семенов // Известия Казанского государственного архитектурно-строительного университета. 2017, № 2 (40). – 305–311 с.
14. Аюпов, Д. А., Мурафа, А.В., Хакимуллин, Ю.Н., Хозин, В.Г. Современные способы регенерации резин и возможности использования их в строительной отрасли / Д.А. Аюпов, А.В. Мурафа, Ю.Н. Хакимуллин, В.Г. Хозин // Известия Казанского государственного архитектурно-строительного университета. 2017, № 2 (40). – 260–263 с.
15. Шабаев, С.Н., Вахьянов, Е. М. Обоснование оптимального содержания пластификатора в битумах, модифицированных резиновой крошкой / С.Н. Шабаев, Е.М. Вахьянов // Вестник Кузбасского государственного технического университета – 113–114 с.
16. Покладий, Я.Н., Папин, А.В., Иванов, С.А. Химизм процесса улучшения физико-химических параметров полимерно-битумного вяжущего на основе резиновой крошки / Я.Н. Покладий, А.В. Папин, С.А. Иванов // Вестник Кузбасского государственного технического университета – 147–151 с.
17. Сибгатуллина, Р.И., Абдуллин, А.И., Емельянычева, Е.А., Идрисов, М.Р., Бикмухаметова, Г.К., Мустафина, А.М. Изучение свойств нефтяных дорожных битумов, модифицированных резиновой крошкой / Р.И. Сибгатуллина, А.И. Абдуллин, Е.А. Емельянычева, М.Р. Идрисов, Г.К. Бикмухаметова, А.М. Мустафина // Вестник технологического университета. 2017. Т.20, №1 – 76–79 с.
18. Оксак, С.В. Влияние дробленной резиновой крошки на свойства битума и асфальтобетона / С.В. Оксак // Вестник Харьковского национального автомобильно-дорожного университета. вып. 79, 2017 – 133–137 с.
19. Асельдеров, Б.Ш., Лернер, М.И., Печень, Б.Г. Влияние режимов приготовления асфальтобетонных смесей с резиновой крошкой «унирем» на свойства асфальтобетонов / Б.Ш. Асельдеров, М.И. Лернер, Б.Г. Печень // Вестник Дагестанского государственного технического университета. Технические науки. № 21, 2011 – 131–137 с.
20. Шабаев, С.Н., Иванов, С.А., Вахьянов, Е.М. Оценка технологических параметров растворения резиновой крошки при получении резинобитумного вяжущего / С.Н. Шабаев, С.А. Иванов, Е.М. Вахьянов // Вестник Кузбасского государственного технического университета – 106–107 с.
21. Беляев, П.С., Маликов, О.Г., Забавников, М.В., Соколов, А.Р. Повышение качества нефтяных битумов путем модификации продуктами переработки изношенных автомобильных шин / П.С. Беляев, О.Г. Маликов, М.В. Забавников, А.Р. Соколов // Вестник Тамбовского государственного технического университета – 63–69 с.