

*Мардиросова И. В., канд. хим. наук, доц.
Ростовский государственный строительный университет
Леконцев Е. В., мл. науч. сотр.
ДорТрансНИИ РГСУ,
Каклюгин А. В., канд. техн. наук, доц.
Ростовский государственный строительный университет*

АСФАЛЬТОВОЕ ВЯЖУЩЕЕ ДЛЯ ВИБРОЛИТЫХ АСФАЛЬТОБЕТОННЫХ СМЕСЕЙ С ПОВЫШЕННОЙ СТОЙКОСТЬЮ К ПРОЦЕССАМ СТАРЕНИЯ

Isabellavm@rambler.ru

В работе рассмотрена актуальная проблема повышения долговечности дорожных покрытий путем замедления процессов старения асфальтового вяжущего, которые во многом определяются структурой и свойствами применяемых органических вяжущих. Для повышения устойчивости асфальтового вяжущего к процессам старения предложен комплексный модификатор из резинового термоэластопласта РТЭП и резиновой крошки.

Ключевые слова: асфальтовое вяжущее, коэффициенты старения вяжущего, битум, асфальтобетон

Одной из самых актуальных проблем современного дорожного строительства является повышение долговечности асфальтобетона, которая во многом зависит от структуры и свойств применяемых органических вяжущих веществ и, прежде всего, их склонности к старению. Наиболее объективным методом оценки влияния битума на структурно-механические свойства асфальтобетона и процессы его старения является исследование свойств асфальтового вяжущего (смеси битума с минеральным порошком). Диспергированные частицы минерального порошка могут изменять структуру битума в тонких слоях, образуя с ним коллоидную систему, подобно системе цемент-вода и для правильного проектирования составов смесей важно знать не только свойства исходного битума, но и то, как они влияют на свойства асфальтового вяжущего.

Кроме межмолекулярных сил и коллоидных образований на структуру битума в асфальтобетонных смесях оказывают влияние и химические реакции, протекающие на границе битум-минеральный материал в результате взаимодействия асфальтогеновых кислот битумного вяжущего с минеральными частицами порошка, особенно основного характера. Определенный интерес в этом отношении представляет проведение исследований процессов старения асфальтового вяжущего разработанной в ДорТрансНИИ РГСУ модифицированной вибролитой асфальтобетонной смеси II типа, предназначенной для нового строительства и капитального ремонта дорожных покрытий, что и определило цель и задачи настоящей работы [1,2].

Основными причинами вызывающими старение битума являются несоблюдение технологических режимов при приготовлении, укладке и уплотнении асфальтобетонных смесей, а также

воздействие кислорода воздуха и солнечной радиации при эксплуатации покрытий в жаркое время года. Под влиянием этих факторов, в битуме происходит глубокая полимеризация и окислительная полимеризация асфальтенов, смол и масел, сопровождаемая необратимыми изменениями фазового состава органического вяжущего. В результате чего, битум теряет упруго-пластичные свойства, приобретает хрупкость, понижается его адгезия к поверхности минеральных составляющих асфальтобетона. Все это, в конечном итоге, приводит к снижению водо-, морозо- и трещиностойкости асфальтобетона и его преждевременному разрушению.

Отечественными и зарубежными исследователями накоплен значительный опыт по направленному регулированию структурно-реологических свойств битума и повышению его стойкости к старению за счет применения различных модифицирующих добавок типа эластомеров (натурального и синтетического каучуков), резины, серы, полиолефинов, минеральных порошкообразных и волокнистых отходов промышленных производств и т.п. [1–2].

В этих целях для приготовления асфальтового вяжущего в настоящем исследовании использовали известняковый минеральный порошок, битум марки БНД 60/90, модифицированный комплексной добавкой из резинового термоэластопласта РТЭП и резиновой крошки. Соотношение минерального порошка и битума в асфальтовом вяжущем составляло 1,3:1.

Модифицирующая добавка РТЭП вводилась в вяжущее в количестве 0,3 %, а резиновая крошка от 0,9 до 1,3%, с шагом через 0,2% %. В больших количествах РТЭП и резиновая крошка не вводились, т.к. это приводило к затруднению процессов изготовления, укладки и уплотнения асфальтобетонного слоя. Последнее

связано со значительными изменениями показателей: повышения температуры размягчения и понижения глубины проникания иглы модифицированного битума (см. табл. 1), что делает невозможным строительство асфальтобетонного слоя.

Модифицирующая добавка термоэластопласт РТЭП выпускается научно-производственным предприятием ООО «Юж-ДорНИИ» г. Ростов-на-Дону, согласно ТУ 5718-001-79259416. Он имеет вид гранул темного цвета, неправильной сферической формы. Размер гранул составляет 2-6 мм, насыпная плотность их $-0,3-0,4 \text{ г/см}^3$. Температура размягчения добавки не выше 140°C . Увеличение температуры размягчения и эластичность битума с 5-ти процентным содержанием добавки в битуме БНД 60/90 имеют соответственно значения не менее: 15% и 40% (см. ОДМ 218.3.001-2006). Добавка содержит полиолефиновый компонент, резиновую крошку размером до 1,0 мм, антиоксиданты и битум. Такая комплексная композиция обладает значительным количеством ненасыщенных связей, свойственных полиолефиновым и резиносодержащим соединениям. Особенно эффективно используется РТЭП в районах с континентальным климатом, а также на участках дорог с повышенными динамическими воздействиями на покрытие, например на полосах примыкающих к трамвайным путям [3]. Модификатор обладает повышенной износ- и морозостойкостью, растворяется в углеводородах, битуме, хлороформе, четыреххлористом углероде и т.п. Вредных веществ не содержит.

В работе использовалась резиновая крошка, получаемая дроблением шинной резины из изношенных автомобильных шин и покрышек. Размер частиц резиновой крошки не превышал 1 мм.

Для повышения адгезионных свойств используемых отечественных битумов, особенно при применении минеральных материалов кислых пород в работе использовалась поверхностно-активная добавка аминного типа КАКЭМ-ВТ. Указанный реагент изготавливается в соответствии с ТУ 2482-009-04706205-03. Это вещество катионного типа, представляет собой продукт синтеза сложных полиаминов с жирными кислотами. При введении добавки в разогретый битум она хорошо растворяется, равномерно распределяясь в нем при перемешивании, создавая условия повышенной адгезии вяжущего к минеральному материалу. Количество вводимого адгезива в работе составляло 0,2-0,4 мас. %.

При исследовании составов приготавливаемого асфальтового вяжущего до и после старения устанавливали: глубину проникания иглы

при 25°C (P и P^c), 0,1 мм; растяжимость при 25°C (R и R^c), см; эластичность ($ЭЛ$ и $ЭЛ^c$), % температуру хрупкости (T_x и T_x^c), $^\circ\text{C}$; температуру размягчения (T_p и T_p^c), $^\circ\text{C}$; изменение температуры размягчения после прогрева, $^\circ\text{C}$.

Влияние процесса старения на свойства асфальтовяжущего исследовали по американской методике TFOT (Thin Film Oven Test) согласно стандарту ASTM D 1754. Асфальтовяжущее подогревали в тонком слое толщиной 3,2 мм в формах диаметром 140мм и высотой 9,5 мм, которые находились на вращающейся со скоростью 6 оборотов/мин. полке термостата с циркуляцией воздуха.

Для более объективной оценки влияния процесса старения на свойства битума использовались коэффициенты старения, введенные в работе [3], характеризующие изменения свойств вяжущего в процессе старения: $K_{п}^c$, $K_{Тр}^c$, $K_{Тх}^c$, $K_{д}^c$: соответственно коэффициенты глубины проникания иглы при 25°C (%), температуры размягчения, температуры хрупкости, растяжимости при 25°C . Коэффициенты рассчитывались из соотношения разности данного показателя до и после старения асфальтового вяжущего отнесенной к одноименному показателю асфальтового вяжущего до старения.

Так, например: $K_{п}^c = \Delta P / P \cdot 100 \%$, где $\Delta P = P^c - P$

P – глубина проникания иглы до старения

P^c – глубина проникания иглы после старения. Результаты испытаний приведены в таблице 1, а рассчитанные коэффициенты изменения важнейших физико-химических показателей исследованных составов в процессе старения – в таблице 2.

Представленные данные показывают, что предлагаемый комплексный модификатор, состоящий из резинового термоэластопласта и резиновой крошки оказывает заметное структурирующее влияние на свойства асфальтовяжущего. Модифицированное вяжущее по сравнению с исходным характеризуется меньшей глубиной проникания иглы и растяжимостью при 25°C , большей температурой размягчения, эластичностью и пониженной температурой хрупкости.

Вяжущее становится более вязким и характеризуется пониженными коэффициентами старения, что свидетельствует о замедлении процессов его старения по сравнению с не модифицированным. Однако, полностью комплексный модификатор не исключает процесс старения битума (табл. 1, 2).

Глубина проникания иглы, как следует из данных табл.1, при введении в асфальтовое вяжущее добавки понижается, что свидетельствует

о повышении вязкости материала, обеспечивая асфальтобетону необходимые эксплуатационные свойства. Так, коэффициенты старения глубины проникания иглы (K_{II}^c) для составов содержащих по 0,3 % РТЭП и резиновой крошки до 1,3% имеют невысокие значения, понижаясь, по сравнению с вяжущим без добавок, от 26,3 % до составов с добавками до 15,2%. Снижение этого показателя с увеличением концентрации резиновой крошки указывает на замедление процессов старения асфальтового вяжущего в присутствии модификатора.

Как показали проведенные исследования использование РТЭП и резиновой крошки в составе асфальтового вяжущего вызывает значительное понижение растяжимости (табл.1). Однако, в данном случае это можно считать вполне приемлемым. В ряде работ [4,5], отмечается, что показатель растяжимости, оказывается мало пригодным для оценки качества вяжущего и не позволяет судить о его поведении в асфальтобетоне в условиях динамических воздей-

ствий. Высокие значения растяжимости указывают лишь на однородность вяжущего, но могут стать причиной снижения сдвигоустойчивости покрытия. Однако, как показали исследования установлено, что повышение концентрации резиновой крошки в составе смеси выше 1,1 % не целесообразно, т.к. при этом наблюдается значительное понижение показателя растяжимости (табл.1).

Показатель старения растяжимости K_d^c значительно понижается с ростом концентрации резиновой крошки, что следует также отнести подобно показателю K_{II}^c к числу положительных влияний резиновой крошки на свойства асфальтового вяжущего. Так, коэффициент K_d^c вяжущего, не содержащего модифицирующую добавку, составлял 24,5%, в то время, как у состава с добавкой 0,3 % РТЭП и 1,1% резиновой крошки, он понизился до 9,3 %, т.е. более, чем в 2,5 раза и при больших ее концентрациях наблюдается дальнейшее его понижение.

Таблица 1

Зависимость физико-механических показателей асфальтовяжущих, модифицированных добавкой 0,3 % резинового термоэластопласта от содержания резиновой крошки (до и после старения)

Наименование проб	Глубина проникания иглы при		Растяжимость, мм, при 25°C	Температура, °C	
	25°C	0°C		размягчения	хрупкости
1. Битум БНД 60/90					
до старения	74,0	8,0	66,3	47,0	-17,0
после старения	50,0	8,1	40,1	53,0	-14,0
2. Асфальтовяжущее (А.В.)					
до старения	57,0	25,0	38,2	54,0	-15,0
после старения	42,0	21,0	29,3	60,0	-13,0
3. А.В.+ 0,3% РТЭП					
до старения	43,0	22,0	28,9	62,0	-17,0
после старения	33,0	14,0	24,7	68,0	-15,0
4. А.В.+ 0,3% РТЭП+0,9%РК					
до старения	41,0	20,0	25,4	68,0	-26,0
после старения	32,0	27,0	22,8	73,0	-24,0
5. А.В.+ 0,3% РТЭП+1,1%РК					
до старения	37,0	20,0	24,6	76,0	-27,0
после старения	30,0	17,0	22,3	81,0	-25,0
6. А.В.+ 0,3% РТЭП+1,3%РК					
до старения	33,0	18,0	16,3	86,0	-22,0
после старения	28,0	16,0	14,9	90,0	-21,0

Температура размягчения асфальтового вяжущего при введении РТЭП и резиновой крошки с ростом содержания резиновой крошки заметно повышается. При содержании РТЭП в количестве 0,3 % и резиновой крошки 1,1 % в процессе старения температура размягчения повышается по сравнению с не модифицированным вяжущим от 54 °C до 76 °C. Коэффициент старения при этом K_{Tr}^c характеризуется невысокими значениями: асфальтовое вяжущее без до-

бавок имеет значение K_{Tr}^c 11,1 %, у модифицированного вяжущего, он составляет 6,6 %, т.е. процесс старения также сокращается в 1,7 раза.

Следует отметить и положительные изменения температуры хрупкости наблюдаемые в процессе старения асфальтового вяжущего. Добавки РТЭП и резиновой крошки введенные в состав асфальтового вяжущего в количестве соответственно 0,3 % и 1,1 % обеспечили понижение температуры хрупкости на 10 °C (табл.1).

Коэффициент старения асфальтового вяжущего $K_{Тх}^c$ в этом случае снизился от 13,3 % до 7,4 %, т.е. процесс старения модифицированного вяжущего (табл.2) по этому показателю по сравнению с не модифицированным замедлился в 1,8 раза, что благоприятно сказывается на повышении работоспособности асфальтобетона в зимних условиях.

Таблица 2
Зависимость коэффициентов старения K^c асфальтового вяжущего с добавкой 0,3% РТЭП от крошки

Наименование проб	$K_{п}^c$, % при 25 °С	$K_{д}^c$	$K_{х}^c$	$K_{р}^c$
1. Битум БНД 60/90	32,4	39,5	17,6	12,8
2. Асфальтовяжущее (А.В.)	26,3	24,5	13,3	11,1
3. А.В.+ 0,3% РТЭП	23,3	14,5	11,8	9,7
4. А.В.+ 0,3% РТЭП+0,9%РК	22,0	10,2	7,7	7,4
5. А.В.+ 0,3% РТЭП+1,1%РК	18,9	9,3	7,4	6,6
6. А.В.+ 0,3% РТЭП+1,3%РК	15,2	8,6	4,5	4,7

Использование поверхностно-активной добавки КАДЭМ-ВТ позволило во всех случаях улучшить адгезионные свойства вяжущего.

Понижение значений описанных выше коэффициентов старения асфальтового вяжущего объясняется, прежде всего, наличием в его составе РТЭП, и резиновой крошки, содержащей антиоксиданты, значительно замедляющих протекание процессов старения. В условиях повышенных температур эти добавки способствуют также структурированию асфальтового вяжущего. Частицы резиновой крошки являются более в этом случае активными адсорбентами, а следовательно и структурными центрами. За счет увеличения удельной поверхности минеральной части асфальтового вяжущего количество структурированного битума значительно возрастает. Структурированный битум, находящийся в ультратонких сольватных оболочках резиновой крошки отличается повышенной стойкостью к старению по сравнению со свободным [6].

ВЫВОДЫ

В работе рассмотрена актуальная проблема - повышение долговечности дорожных покрытий путем замедления процессов старения асфальтового вяжущего, которые во многом определяются структурой и свойствами применяемых органических вяжущих. Для улучшения структурно-механических свойств асфальтобетона и повышения его устойчивости к процессам старения в работе предложен комплексный модификатор из резинового термоэластопласта РТЭП и резиновой крошки. В условиях повы-

шенных температур модификатор способствует протеканию процессов структурирования асфальтового вяжущего. При этом частицы резиновой крошки являясь более активными адсорбентами выступают в роли структурных центров. За счет увеличения удельной поверхности минеральной части асфальтового вяжущего количество структурированного битума значительно возрастает. Структурированный битум, находящийся в ультратонких сольватных оболочках резиновой крошки отличается повышенной стойкостью к старению по сравнению со свободным.

Для оценки процессов старения асфальтового вяжущего использовались коэффициенты старения: глубины проникания иглы при 25 °С $K_{п}^c$, температуры размягчения $K_{тр}^c$, температуры хрупкости $K_{Тх}^c$ и растяжимости при 25 °С, $K_{д}^c$. Отмечено заметное понижение всех перечисленных коэффициентов, указывающего на положительное влияние разработанного комплексного модификатора на замедление процессов старения асфальтового вяжущего, что безусловно скажется в дальнейшем на долговечности покрытия.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Мелик-Багдасаров М.С., Гноев К.А., Мелик-Багдасарова Н.А. Строительство и ремонт дорожных асфальтобетонных покрытий /М.С. Мелик-Багдасаров, К.А. Гноев, Н.А. Мелик-Багдасарова. – Белгород. изд-во, 2007. – 158 с.
2. Мелик-Багдасаров М.С. Исследование жесткого литого асфальтового бетона с целью применения в покрытиях городских дорог: дис. ... канд. техн. наук. – Союз ДорНИИ, 1975.
3. Иваньски М., Урьев Н.Б. Асфальтобетон как композиционный материал (с нанодисперсным и полимерным компонентами). Под общей редакцией профессора, доктора химических наук Н.Б. Урьева. – М.: Техполиграфцентр, 2007. -668с.
4. Руденский А.В., Смирнов Н. Для всех климатических зон. Композиционные резинобитумные материалы широкого применения /А.В.Руденский, Н.В. Смирнов // Дороги России XXI века. – 2002. – № 3. – С. 86-88.
5. Руденская И.М., Руденский А.В. Органические вяжущие для дорожного строительства. – М.: Транспорт, 1984. – 229 с.
6. Мардиросова И.В., Леконцев Е.В., Сараев Д.С. Плотная вибролитая асфальтобетонная смесь для строительства и а автомобильных дорог // М.: Дороги и мосты.