

УДК 625.878.06+691.168

## ВЛИЯНИЕ ДРОБЛЕННОЙ РЕЗИНОВОЙ КРОШКИ НА СВОЙСТВА БИТУМА И АСФАЛЬТОБЕТОНА

С.В. Оксак, доц., к.т.н.,

Харьковский национальный автомобильно-дорожный университет

*Аннотация.* 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.

*Ключевые слова:* битум, резиновая крошка, оптимальное содержание, модификация, асфальтобетон, физико-механические свойства.

## ВПЛИВ ПОДРІБНЕНОЇ ГУМОВОЇ КРИХТИ НА ВЛАСТИВОСТІ БІТУМУ ТА АСФАЛЬТОБЕТОНУ

С.В. Оксак, доц., к.т.н.,

Харківський національний автомобільно-дорожній університет

*Анотація.* Подано результати дослідження впливу дрібнодисперсної гумової крихти на властивості нафтового бітуму та асфальтобетону. Встановлено параметри оптимального режиму суміщення бітуму і гумової крихти. Визначено вплив крихти на властивості асфальтобетону на гумобітумному в'язучому і при її введенні безпосередньо під час приготування асфальтобетонної суміші.

*Ключові слова:* бітум, гумова крихта, оптимальний вміст, модифікація, асфальтобетон, фізико-механічні властивості.

## INFLUENCE OF RUBBER CRUMB ON THE PROPERTIES OF BITUM AND ASPHALT CONCRETE

S. Oksak, Assoc. Prof., Ph. D. (Eng.),

Kharkiv National Automobile and Highway University

*Abstract.* The results of influence of finely dispersed rubber crumb on the properties of petroleum bitumen and asphalt concrete are presented in the study. The parameters of the optimal regime of bitumen and rubber crumb mixing are established. The influence of the rubber crumb mixed with bitumen or added directly in the process of asphalt concrete mixing on the properties of asphalt concrete is studied.

*Key words:* bitumen, rubber crumb, optimal content, modification, asphalt concrete, physical and mechanical properties.

### Введение

Изношенные покрышки являются загрязнителем длительного воздействия на окружающую среду, вследствие высокой устойчивости к воздействию различных факторов

(температуры, кислорода воздуха, солнечной радиации и др.) [1]. Старые шины являются одним из самых многотоннажных полимерных отходов: ежегодно только в странах Европы образуется более 300 млн штук [2]. Поэтому проблема переработки изношенных

автомобильных шин имеет большое экологическое и экономическое значение для всех развитых стран мира.

В настоящее время наблюдается постоянное увеличение нагрузки на покрытие автомобильной дороги. В таких условиях асфальтобетонные слои на основе традиционного битума не могут обеспечить необходимую прочность и устойчивость дорожной одежды. Поэтому необходимо использовать технологии, улучшающие свойства битума и, соответственно, асфальтобетона, а в результате, и значительно повышающие качество дорожного покрытия и увеличивающие межремонтный период. Одной из таких технологий является применение резиновой крошки для модификации дорожных битумов и асфальтобетонов. Кроме этого, такая технология дополнительно решает также и экологическую проблему – утилизацию изношенных шин.

#### Анализ публикаций

Работы по использованию резиновой крошки при производстве асфальтобетонных смесей проводились еще с середины прошлого века [3, 4].

Наиболее простой технологией является непосредственное введение резиновой крошки при приготовлении асфальтобетонной смеси. Однако, кроме улучшения свойств, такие асфальтобетонные покрытия склонны к разрушению, вследствие набухания частиц резины уже в самом покрытии [5].

Более перспективной является технология применения резиновой крошки для предварительной модификации битума с дальнейшим выпуском асфальтобетонной смеси на модифицированном битуме [6]. Такая технология широко используется во многих странах [7, 8].

В Украине дробленая резина практически не используется в дорожном строительстве [9], даже несмотря на дешевизну и доступность сырья, а также экологическую необходимость утилизации изношенных шин.

#### Цель и постановка задачи

Целью работы является определение оптимального режима совмещения битума и ре-

зиновой крошки, изучение возможности улучшения физико-механических свойств битума и асфальтобетона за счет использования дробленной резиновой крошки.

#### Результаты исследований

Для проведения исследований использовался битум БНД 60/90 Кременчугского НПЗ (табл. 1), свойства которого отвечают требованиям ДСТУ 4044-2001. Дробленную резиновую крошку, с размером частиц до 0,1 мм, получали в лабораторных условиях из автомобильных покрышек.

Таблица 1 Технические свойства битума БНД 60/90

Показатели	Значения
1. Пенетрация, 0,1 мм, при 25 °С	77
2. Температура размягчения, °С	47,9
3. Растяжимость, см при 25 °С	80
5. Температура хрупкости, °С	-20
6. Температура вспышки, °С	302
7. Адгезия при 75 °С, %	27,9
8. Индекс пенетрации	-0,68

Совмещение нефтяного битума и резиновой крошки осуществляли на лабораторной установке (лопастном смесителе), оборудованной обогревом. Технология приготовления модифицированного вяжущего следующая: битум нагревался до 180 °С, после чего вводилась измельченная резиновая крошка в количестве 6–12 % (введение выполнялось очень осторожно, чтобы не допустить комкования резины). Скорость вращения вала мешалки составляет 1000 об/мин.

Для определения необходимого времени совмещения исследовано влияние времени перемешивания (перемешивание выполнялось в течение до 4 часов) на свойства модифицированного вяжущего: пенетрацию при 25 °С и температуру размягчения. Полученные данные указывают на то, что принципиальное изменение свойств вяжущего достигается за первый час смешения и в дальнейшем эти показатели практически не изменяются (рис. 1). Поэтому время перемешивания измельченной резины и битума при производстве асфальтобетонной смеси должно составлять не менее 1 часа. Такое незначительное время может быть обусловлено большой дисперсностью резиновой крошки, применяемой в работе модифика-

ции. Свойства битума, модифицированного резиновой крошкой указаны в табл. 2.

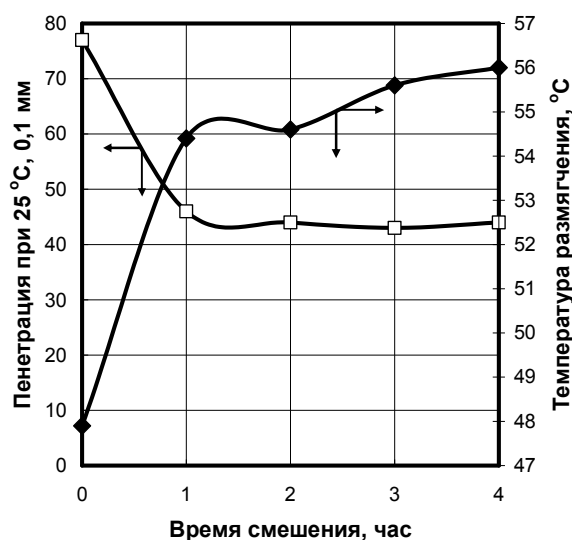


Рис. 1. Влияние времени перемешивания на пенетрацию и температуру размягчения вяжущего

Таблица 2 Влияние резиновой крошки на свойства битума

Вяжущее	П <sub>25</sub> , 0,1 мм	Т <sub>р</sub> , °С	Т <sub>хр</sub> , °С	Д <sub>25</sub> , см
БНД 60/90	77	47,9	-20	80
БНД 60/90+6 % резиновой крошки	45	55,1	-18	64
БНД 60/90+9 % резиновой крошки	40	59	-17	—
БНД 60/90+12 % резиновой крошки	34	63	-17	—

Данные табл. 2 свидетельствуют об улучшении свойств битумов, то есть повышении теплостойкости вяжущего, однако несколько

ухудшается температура хрупкости и снижается растяжимость, что может объясняться повышением вязкости (адсорбции части легких масляных фракций резиновой крошкой). Оптимальное количество резиновой крошки в вяжущем принимаем 6 %, так как дальнейшее увеличение содержания резиновой крошки (до 12 %) не приводит к существенному улучшению свойств вяжущего, но возникает угроза расслоения резинобитумного вяжущего.

С помощью оптического микроскопа Laboval 4 проведены исследования полноты совмещения битума и резиновой крошки. Была оценена форма частиц измельченной резины и их поверхность до совмещения с битумом и после (рис. 2) при 32 – кратном увеличении.

Для выделения резины из резинобитумного вяжущего использовался бензол, в котором растворялось вяжущее, и с помощью фильтровальной бумаги выделялись частицы резины.

Во время совмещения с битумом происходит пластификация и набухание частиц резины в легких фракциях битума, в результате чего образуется простейшая пространственная сетка в резинобитумном вяжущем, о чем свидетельствует образование тяжей из частиц резины. В то же время полного растворения битума и резины не наблюдается. Образованием такой сетки и объясняется изменение основных свойств битума (табл. 2) при взаимодействии с резиной.

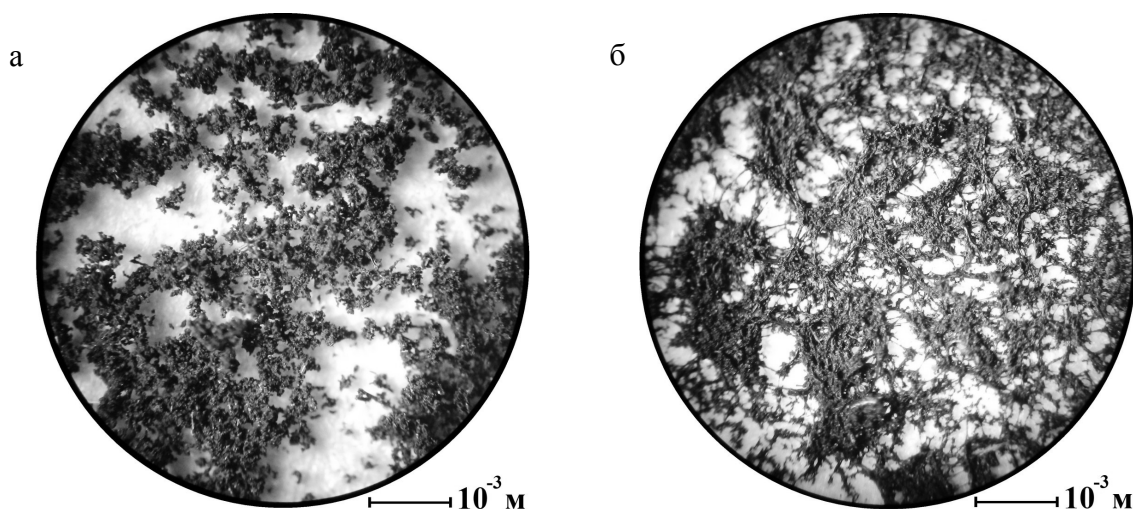


Рис. 2. Внешний вид частиц резиновой крошки до совмещения с битумом (а) и после выделения из резинобитумного вяжущего (б) (увеличение 32)

Для изучения свойств асфальтобетона принята смесь гранулометрического типа «Г» согласно [10], поскольку асфальтобетон типа «Г» не имеет в своем составе щебня и в наибольшей степени раскрывает роль вяжущего в формировании физико-механических свойств асфальтобетона.

Минеральная часть асфальтобетона состоит из гранитного отсева (92 %) и известнякового минерального порошка (8 %).

Оценка свойств выполнялась при оптимальном содержании вяжущего, которое, согласно [11], характеризуется максимальными показателями прочности асфальтобетона при 20 и 50 °С.

Оптимальное количество битума БНД 60/90 составляет 8 %; при модификации битума резиновой крошкой происходит увеличение оптимального количества вяжущего, что может быть результатом повышения вязкости вяжущего. При введении резиновой крошки непосредственно в смесь оптимальное количество вяжущего также увеличивается, но менее интенсивно – до 8,5 %, в связи с тем, что в этом случае резиновая крошка также адсорбирует легкие фракции битума, хотя и в меньшей степени, чем при прямой модификации битума.

Модификацию асфальтобетонной смеси резиновой крошкой в количестве 6 % от массы вяжущего осуществляли следующим образом: резиновую крошку вводили вместе с минеральным порошком в нагретый отсев (180 °С) и осуществляли «сухое» перемешивание в течение 2 мин, после чего добавляли

нагретый битум (160 °С). Время «мокрого» смешивания составлял 3 мин.

Физико-механические свойства асфальтобетона улучшаются как при введении резиновой крошки в битум БНД 60/90, так и при введении непосредственно во время изготовления асфальтобетонной смеси (табл. 3). Увеличение количества резиновой крошки в составе вяжущего улучшает свойства асфальтобетона (табл. 3). Прочность при 20 °С возрастает с 3,3 МПа для асфальтобетона на чистом битуме БНД 60/90 до 4,8 МПа – на битуме с добавлением 12 % резиновой крошки. Прочность при 50 °С возрастает с 1,44 МПа для асфальтобетона на чистом битуме БНД 60/90 до 2,32 МПа – на битуме с добавлением 12 % резиновой крошки. Таким образом, с увеличением количества резины в вяжущем показатели физико-механических свойств асфальтобетона улучшаются, но интенсивность увеличения показателей прочности добавки уменьшается по мере увеличения количества добавки. Оптимальным количеством добавки резины является 6 %; кроме того, при увеличении количества добавки возникает угроза расслоения резинобитумного вяжущего и, вследствие этого, – ухудшение качества асфальтобетона.

При введении резиновой крошки непосредственно при перемешивании асфальтобетонной смеси физико-механические свойства асфальтобетона имеют более низкие показатели, чем при предыдущей модификации битума. Это объясняется значительно меньшей продолжительностью взаимодействия между частицами резины и легкими фракциями битума.

Таблица 3 Физико-механические свойства асфальтобетона типа «Г»

Вид вяжущего	Количество вяжущего, %	Показатели свойств					
		$\rho$ , г/см <sup>3</sup>	W, %	Прочность на сжатие при			Коэф. длительной водоустойчивости $K_B$
				20 °С	50 °С	0 °С	
				$R_{20}$ , МПа	$R_{50}$ , МПа	$R_0$ , МПа	
1. БНД 60/90	8,0	2,29	2,9	3,30	1,44	6,94	0,96
2. БНД 60/90 + 6 % резиновой крошки	9,0	2,29	2,8	4,16	2,06	8,2	0,98
3. БНД 60/90 + 9 % резиновой крошки	9,5	2,25	3,7	4,61	2,25	8,5	0,90
4. БНД 60/90 + 12 % резиновой крошки	9,5	2,23	4,6	4,8	2,32	8,61	0,88
5. БНД 60/90+ 6 % резиновой крошки в смесь	8,5	2,28	3,5	3,54	1,62	6,82	0,94

Все асфальтобетоны по своим свойствам полностью соответствуют требованиям [10].

### Выводы

Установлена возможность использования измельченной резиновой крошки для улучшения свойств битума и асфальтобетона.

Модификация битума резиновой крошкой в количестве 6–12 % повышает консистенцию битума (снижает пенетрацию), повышает температуру размягчения и снижает растяжимость. Это приводит к улучшению теплоустойчивости битума и, соответственно, асфальтобетона.

Установлено влияние усиливающего действия резиновой крошки в составе вяжущего на сопротивление асфальтобетона на сжатие. Определена чувствительность механических показателей асфальтобетона к усиливающему действию резиновой крошки.

Применение резиновой крошки не приводит к существенному усложнению технологического процесса производства асфальтобетонных смесей, за исключением необходимости установки оборудования для модификации битума, подачи и дозирования резиновой крошки.

Применение резиновой крошки для предварительной модификации битума является более приемлемым, чем введение крошки непосредственно при приготовлении асфальтобетонной смеси. Введение крошки в смесь в незначительной степени улучшает свойства асфальтобетона; кроме этого, возможно постепенное набухание резиновой крошки уже в покрытии, что может привести к разуплотнению, шелушению и выкрашиванию крошки в процессе эксплуатации.

### Литература

1. Юнусова Г.Б. Анализ цикла обращения отходов автомобильных шин / Г.Б. Юнусова // Вестник ИГУ. – 2013. – № 35. – С. 48–53.
2. Лунёва Г.И. Старые шины – и опасный, и полезный вид отходов / Г.И. Лунёва // Рециклинг отходов. – 2008. – № 1 (13), – С. 2–10.

3. Сюньи Г.К. Опыт применения резиновых отходов в асфальтобетонных покрытиях на дорогах Украины / Г.К. Сюньи, С.В. Егоров // Автомобильные дороги. – 1956. – № 4. – С. 11–12.
4. Лысихина А.И. Применение резины для улучшения эксплуатационных качеств асфальтобетонных покрытий / А.И. Лысихина // Автомобильные дороги. – 1956. – № 8 – С. 10–11.
5. Худякова Т.С. Резиновая крошка в деле. Влияние комплексного модификатора КМА на физико-механические свойства дорожного битума / Т.С. Худякова, Н.В. Шаповалова, Л.В. Колеров, С.М. Попов // Автомобильные дороги. – 2010. – № 7 – С. 56–61.
6. Руденская И.М. Использование отходов потребления и производства технического резины в дорожном строительстве / И.М. Руденская, А.В. Руденский // ОИ ЦБНТИ Росавтодора. – 1992. – Вып. 2. – 59 с.
7. G.B. Way Asphalt-Rubber 45 Years of Progress / G.B. Way // 5th International Asphalt Rubber conference Westin Grand Hotel Munich, Germany, Oct. 23–26, 2012. – P. 121–134.
8. Свиридов В.Л. Опыт использования дробленой резины в составе асфальтобетонных смесей / В.Л. Свиридов, Е.Ю. Махров, Е.В. Дементьева // Ползуновский Вестник. – 2011. – № 1. – С. 183–191.
9. Дослідження модифікації дорожніх бітумів гумовою крихтою / Ю.Я. Хлібишин, І.Я. Почапська, О.Б. Гринишин, А.О. Нагурський // Хімія, технологія речовин та їх застосування. – 2014. – № 787. – С. 144–148.
10. Будівельні матеріали. Суміші асфальтобетонні і асфальтобетон дорожній і аеродромний: ДСТУ Б В.2.7-119:2011. – Чинний від 2012-10-01. – К.: Мінрегіон України, 2012. – 42 с. (Національний стандарт України).
11. Гезенцевей Л.Б. Асфальтовый бетон / Л.Б. Гезенцевей. – М.: Издательство литературы по строительству. – 1964. – 448 с.

Рецензент: В.А. Золотарёв, профессор, д.т.н., ХНАДУ.