

На правах рукописи



Ахмед Гамал Махмоуд Морси

**ИССЛЕДОВАНИЕ СВОЙСТВ АСФАЛЬТОБЕТОНА С ДОБАВКОЙ
ИЗМЕЛЬЧЕННОЙ ШИННОЙ РЕЗИНЫ**

(05.23.05 - Строительные материалы и изделия)

А в т о р е ф е р а т
диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Москва 2005

Работа выполнена на кафедре «Дорожно-строительные материалы» Московского государственного автомобильно-дорожного института (государственного технического университета).

Научный руководитель	- кандидат технических наук, доцент Быстров Н. В.
Официальные оппоненты	- доктор технических наук, профессор Руденский А. В. - кандидат технических наук, доцент Лупанов А. П.
Ведущая организация	- ФУАД «Центральная Россия »

Защита состоится «15» декабря 2005 г. в 12 часов на заседании диссертационного совета Д 212.126.02 ВАК РФ в Московском автомобильно-дорожном институте (государственном техническом университете) по адресу:

125319, Москва, Ленинградский проспект, 64, ауд. 42.

Телефон для справок (095): 155-93-24.

Отзывы в двух экземплярах, заверенные печатью, просьба высылать по адресу: 125319, Москва, Ленинградский проспект, 64.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке МАДИ (ГТУ).

Автореферат разослан «15» ноября 2005 г.

Ученый секретарь
диссертационного совета



Борисюк Н. В.

007-4
1959

237 9609

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность работы. Увеличение транспортных нагрузок приводит к росту пластических деформаций на асфальтобетонных покрытиях. Эта проблема актуальна для всех стран с высокими летними температурами воздуха, в том числе и для России.

Сложность задачи усугубляется тем, что на территории России наблюдаются и низкие зимние температуры, что требует повышения трещиностойкости асфальтобетона.

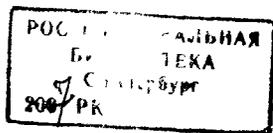
К числу апробированных методов решения данной проблемы относится применение полимерно-битумных вяжущих на основе блоксополимеров класса СБС.

Однако это решение может быть реализовано не во всех случаях из-за экономических факторов или отсутствия необходимого оборудования для приготовления ПБВ. Например, в Египте эта технология не получила пока развития именно из-за недостатка финансовых средств.

Дорожное асфальтобетонное покрытие должно отвечать эксплуатационным требованиям, обеспечивающим долговечность покрытия. Для повышения долговечности асфальтобетонных покрытий предлагается добавлять в их состав резиновую крошку нормированного зернового состава, получающуюся в результате специального измельчения изношенных шин, с целью изменения структуры и физико-механических свойств асфальтобетонов в необходимом направлении.

В настоящее время апробированы два различных метода введения переработанной резиновой крошки (РК) в асфальтобетон. Первый метод (сухой процесс) состоит в добавлении резиновой крошки в асфальтобетон, при котором добавка резины производится в состав минеральной части смеси. Второй метод (влажный процесс) состоит в добавлении резиновой крошки в битум.

Качество асфальтобетона с добавкой резиновой крошки определяется целым рядом факторов: свойствами битума, физическими и химическими свойствами резиновой крошки,



зерновыми составами минеральной части и резиновой крошки, методом получения резиновой крошки, определяющим характер ее поверхности, способом приготовления асфальтобетонной смеси, в том числе температурой и временем перемешивания.

Актуальными вопросами при строительстве автомобильных дорог с асфальтобетонным покрытием являются: повышение упруго-эластических свойств асфальтобетона, его теплостойкости, морозоустойчивости, уменьшение старения. Важнейшая задача увеличение срока службы и повышение безопасности дорожного движения. В последние годы все большее внимание уделяется снижению шума на автомобильных дорогах. Применение асфальтобетона с добавкой резиновой крошки в определенной степени позволяет улучшить эти свойства.

Цель работы - разработка составов асфальтобетонной смеси с добавкой измельченной шинной резины, обладающей повешенными физико-механическими свойствами.

Научная новизна работы заключается в обосновании возможности повышение качества асфальтобетона при введении в его состав измельченной шинной резины определенного зернового состава.

На защиту выносятся:

теоретический анализ влияния резиновой крошки на структуру и свойства асфальтобетона;

составы асфальтобетона с оптимальной дозировкой резиновой крошки;

результаты испытаний асфальтобетона с резиновой крошкой, подтверждающих возможность ряда его физико-механических свойств;

результаты опытно-производственных работ, показавших хорошие технологические свойства материала.

Достоверность исследований и выводов работы обеспечена комплексом стандартных и нестандартных испытаний, сходимостью полученных результатов.

Практическая значимость работы. Получены основные зависимости, позволяющие оценить влияние измельченной шинной

резины из свойства асфальтобетона, показана возможность повышения его физико-механических свойств

Внедрение результатов работы. В результате выполненной работы было построено два опытных участка асфальтобетонного покрытия с добавлением резиновой крошки на автомобильных дорогах М-9 «Балтия» и М-8 «Холмогоры».

Апробация работы. Основные положения и результаты диссертационной работы были доложены на заседаниях кафедры «Дорожно-строительные материалы» МАДИ (ГТУ), на 62-й (2004 г.) и 63-й (2005 г.) научно-методической и научно-исследовательской конференциях МАДИ (ГТУ).

Публикации. По материалам диссертации опубликовано 2 работы.

Структура и объём работы. Диссертационная работа состоит из введения, пяти основных глав, выводов и приложения. Работа изложена на 172 стр., содержит 41 рис., 46 таб., библиографию из 118 ссылок и приложения.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении обосновывается актуальность темы диссертации, определяются цели работы, объект и предмет исследования, научная новизна и практическая значимость.

В первой главе даются сведения о важности использования добавки в производстве асфальтобетона, а также важность и история использования резины в производстве асфальтобетона. Первая глава включает системный обзор по использованию резины из изношенных автомобильных шин в асфальтобетонных дорожных одеждах. Обобщаются данные по методам переработки резиновой крошки, технологическим особенностям измельчения, технологиям приготовления асфальтобетона с добавкой резиновой крошки и применения этих модифицированных материалов при строительстве и ремонте покрытий из асфальтобетона. Сопоставляются различные технологии измельчения автомобильных шин, рассматриваются преимущества и недостатки ряда методов.

Рассматриваются два способа добавления измельченной резины в асфальтобетонную смесь – влажный и сухой. При сухом способе добавка резины производится в состав минеральной части смеси, и при влажном способе добавка резины производится в битум. В первой главе обобщается российский опыт работы с резиновой крошкой, который изложен в трудах А.В. Руденского, Б.М. Слепой, В.И. Микрина, И.М. Руденской, Л.Б. Гезенцева, Н.В. Смирнова, и иностранный опыт работы с различными асфальтобетонами и технологиями приготовления асфальтобетонных смесей; рекомендуются составы смесей, процентное содержание резиновой крошки и вяжущего. Первая глава содержит сведения по методам применения переработанной резиновой крошки при производстве дорожных работ.

Выполненный обзор литературы показывает, что основными факторами, влияющими на свойства асфальтобетона с добавкой резиновой крошки, являются: марка битума и его групповой состав, химические свойства шинной резины, зерновой состав минеральной части смеси, зерновой состав резиновой крошки, количество резиновой крошки в смеси, пористость минеральной части, температура и время приготовления смеси.

Во второй главе рассматриваются теоретические предпосылки повышения долговечности асфальтобетонных покрытий при введении в их состав резиновой крошки.

Исследования по физико-механике и материаловедению асфальтобетонов как композиционных материалов (работы А.В. Руденского, Б.М. Слепой, И.А. Рыбьева, И.В. Королева, И.М. Руденской, Л.Б. Гезенцева, Н.В. Горельшева и других), опыт и исследования иностранных специалистов-дорожников показали, что существует ряд фундаментальных функциональных характеристик, которые обеспечивают долговечность дорожного асфальтобетонного покрытия и его надлежащее состояние в период эксплуатации.

В данной работе с целью повышения долговечности дорожных покрытий, улучшения их функциональных характеристик предлагается добавлять в состав асфальтобетонных смесей резиновую крошку,

получающуюся в результате дробления изношенных автомобильных шин. Такое решение, как следует из приведенных в обзоре опубликованных данных, дает возможность изменить структуру и физико-механические свойства асфальтобетонов для улучшения ряда их функциональных характеристик.

При введении шинной резиновой крошки в асфальтобетонную смесь в любом случае в начальный период происходит ее набухание в жидких углеводородных фракциях битума. Этот процесс осуществляется легче и быстрее в присутствии большего количества ароматических соединений.

При смешивании минеральной части асфальтобетонной смеси с резиновой крошкой и битумом окислению воздухом и деструкции первоначально подвергается изопреновый компонент резины как самый неустойчивый и легкоокисляемый. Как любая топохимическая реакция, этот процесс происходит на внешней поверхности частиц резины. На поверхности частиц появляется липкий, адгезионно-активный слой с внедренными полярными химическими группами. В результате возрастает общая адгезионная способность вяжущего. В случае резин с отсутствием или малым содержанием изопренового или натурального каучука общая адгезионная активность битумного вяжущего падает.

При взаимодействии с битумом в составе асфальтобетонной смеси частично деструктированная резиновая крошка должна в течение определенного времени набухать в жидких фракциях, тем самым меняя групповой состав оставшегося битума. Так как резина поглощает в основном неполярные фракции, то концентрация полярных соединений в битуме возрастает, что в какой-то мере увеличивает его адгезионную активность.

Остывание смеси, произошедшее за достаточно короткий период времени от ее смешения до уплотнения, приводит к тому, что крошка не успевает достигнуть необходимой степени набухания при высокой температуре. Уже в покрытии идет процесс постепенного замедленного поглощения резиновой крошкой жидкоподобных фракций битума. В структуре асфальтобетона развиваются высокие напряжения, вызванные давлением набухания и превышающие предел прочности

асфальтобетона, что ведет к разуплотнению покрытия и его ускоренному разрушению.

В случае, когда имеется достаточно времени для набухания частиц резины в битуме, уплотнение смеси и ее последующее охлаждение приводит к созданию напряженно-деформированного, внутренне сжатого упрочненного состояния структуры асфальтобетона. Более или менее однородное распределение таких частиц резиновой крошки в объеме смеси придает асфальтобетону вполне определенные характеристики композиционного материала с различными по своим механическим свойствам составляющими. Фактически асфальтобетон посредством резиновой крошки армируется дисперсным компонентом, имеющим на порядки меньший модуль упругости и обладающим свойством высокоэластичности. Вводимый таким образом резиновый порошок создает в асфальтобетоне развитую систему центров эластичности, способствующую существенному улучшению его структурно-механических свойств (Л.Б. Гезенцевей). Считается также, что добавление резиновой крошки в состав асфальтобетона, возможно, воздействует как упругая минеральная часть, улучшающая упругие свойства асфальтобетонов и устойчивость против образования деформации (Н.В. Takallou, R.G. Hicks and D.C. Esch; Michael Heitzman).

Частицы резины в горячей асфальтобетонной смеси набухают, поглощая жидкие фракции, увеличивая вязкость остающегося битума. Если процесс набухания прошел до равновесного состояния при данной температуре, то при уплотнении и остывании асфальтобетона часть жидких углеводородных фракций выходит из объема резины в объем асфальтобетона, повышая его деформативность. Целесообразно не доводить процесс набухания до равновесия при производстве смеси. Тогда резина в составе асфальтобетона становится элементом автоматического регулирования его деформативности в зависимости от эксплуатационных температур. При повышенных температурах растворимость увеличивается, и жидкие фракции поглощаются, деформативность асфальтобетона уменьшается. При понижении температуры происходит обратный

процесс – выход жидких масляных и парафино-нафтенных фракций в структуру асфальтобетона, т.е. его деформативность растет. Этот весьма положительный для асфальтобетонных покрытий эффект связан с обратимым характером набухания объемнонабухающих полимеров в низкомолекулярных растворителях при изменении внешней температуры и очень полезен для расширения климатических зон применения асфальтобетонов с добавкой резиновой крошки.

Помимо обычной устойчивости к трещинообразованию за счет низкотемпературной пластичности тонких пленок жидкоподобной части битума, существует еще один механизм трещиностойкости. Он проявляется в композиционных материалах, имеющих в своем составе достаточное количество неоднородных включений с резко отличающимися от основного материала упругими свойствами. Частицы резиновой крошки по своему характеру являются элементами структуры асфальтобетона, демпфирующими внутренние и внешние нагрузки. Включения дисперсной фазы резины служат центрами торможения и остановки распространения трещин различной этиологии. Этот механизм, по-видимому, дает значительно больший вклад в устойчивость к трещинообразованию при применении в составе асфальтобетонов крошки шинной резины.

По своей природе резиновая крошка обладает высокой устойчивостью к воде и солевым растворам. Ее введение способствует повышению устойчивости асфальтобетонной смеси к старению под действием факторов окружающей среды, ультрафиолетового излучения, значительному снижению водопоглощения, увеличению водостойкости. Частицы резины способствуют повышению в асфальтобетоне доли закрытой пористости (рис 1), а это значит, что добавление резиновой крошки может улучшать коррозионную устойчивость асфальтобетона. В работе рассматривается «сухой» способ введения резиновой крошки

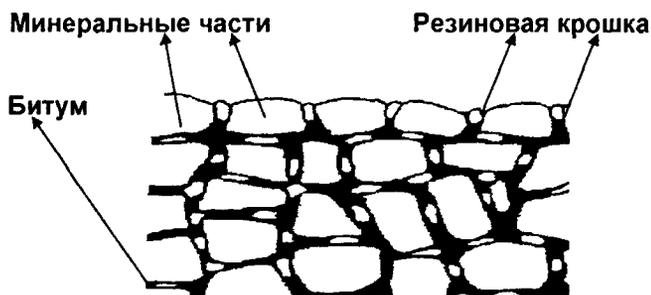


Рис 1. Структура асфальтобетона с добавкой резиновой крошки после уплотнения при укладке

В третьей главе определяются характеристики исходных материалов, производится расчет зернового состава асфальтобетонных смесей, определяются процессы смешивания и уплотнения асфальтобетонных смесей в лаборатории и программы экспериментальных исследований. Зерновые составы материалов (щебня, песка, минерального порошка и резиновой крошки) представлены в табл. 1. В качестве вяжущего применялся битум БНД 60/90.

Таблица 1

Зерновые составы щебня, песка, минерального порошка и резиновой крошки

Сито, мм	щебень, %	песок, %	минеральный порошок, %	резиновая крошка, %
25,0	99,51	100	100	100
20,0	92,91	100	100	100
15,0	68,13	100	100	100
12,5	54,02	100	100	100
10,0	40,47	94,87	100	100
5,00	12,14	88,11	100	98,76
3,00	0,00	80,81	100	63,54
1,25		66,31	100	31,18
0,63		45,28	100	16,44
0,315		17,22	96,44	7,26
0,140		4,27	89,56	2,7
0,071		2,3	76,32	1,18

Резиновую крошку получают при дроблении покрышек автомобильных шин, происходящем по технологии теплового измельчения при температуре окружающей среды. Резиновая крошка должна иметь размеры частиц менее 1,2мм и отвечать требованиям технических условий ТУ 38.108035-97. Резиновую крошку следует хранить в сухом помещении, защищающем ее от увлажнения. Для эксперимента использовали резиновую крошку с максимальным размером частиц 0,8; 1,2; и 2,0 мм. Дальнейшие исследования показали более высокую эффективность крошки с максимальным размером частиц 1,2 мм. Физико-механические свойства резиновой крошки даны в табл. 2. В соответствии с требованиями СТО 2511-001-58146599-2004 химические свойства резиновой крошки показаны в табл. 3. Зерновые составы асфальтобетонных смесей представлены в табл. 4.

Таблица 2

Физико-механические свойства резиновой крошки

Физико-механические свойства	Значение	Норма	Метод испытания
Влажность, %	≈0 00 %	не более 1,5%	ТУ38.1080 35-97
Содержание волокон, %	≈0.00 %	не более 7%	
Содержание металлов, %	≈0.00 %	не более 0,2%	

Таблица 3

Химические свойства резиновой крошки

Химические свойства	Значение	Норма	Метод испытания
Содержание зольности, %	7,6	не более (8-9)	СТО 2511-001- 58146599-2004
Содержание углерода, %	35	35±1	
Каучуковое вещество, %	42	не менее 40	

Таблица 4

Зерновые составы асфальтобетонных смесей, %

Асфальтобетон типа Б	Щебень	Песок	Минеральный порошок	Резиновая крошка	Полный состав
Первый состав. обычный асфальтобетон					
При 0,0% РК.	44	42	14	0,0	100
Второй состав: асфальтобетон с резиновой крошкой					
При 1% РК.	44	41	14	1	100
При 1,5% РК	44	40,5	14	1,5	100
При 2,5% РК	44	39,5	14	2,5	100
При 3,5% РК	44	38,5	14	3,5	100
При 4,5% РК	44	37,5	14	4,5	100
При 5,5% РК	44	36,5	14	5,5	100

Процесс смешивания асфальтобетонных смесей с добавкой резиновой крошки в лаборатории

При приготовлении смесей асфальтобетона с добавкой резиновой крошки в лаборатории в соответствии с требованиями ГОСТ 12801-98 минеральные материалы в количествах, заданных по составу, отвешивают в емкость, нагревают, периодически помешивая до температуры 165...175 °С, добавляют требуемое количество ненагретого минерального порошка и нагретого в отдельной емкости до температуры 160 °С битума. Длительность перемешивания минеральных материалов до подачи битума составляет 15.. 30 с, а полное время перемешивания смеси минеральных материалов с битумом 120 ..180 с. После этого смеси асфальтобетона нужно нагревать до температуры 175 °С в течение не менее 30 мин до подачи резиновой крошки. Длительность перемешивания смеси асфальтобетона с резиновой крошкой 3 - 5 мин.

В четвертой главе изучалось влияние добавления резиновой крошки на физико-механические свойства асфальтобетона, определялось оптимальное содержание битума и оптимальное содержание резиновой крошки в смеси асфальтобетона типа Б. Результаты экспериментов, определяющих физико-механические свойства смесей асфальтобетонов, представлены в табл. 5.

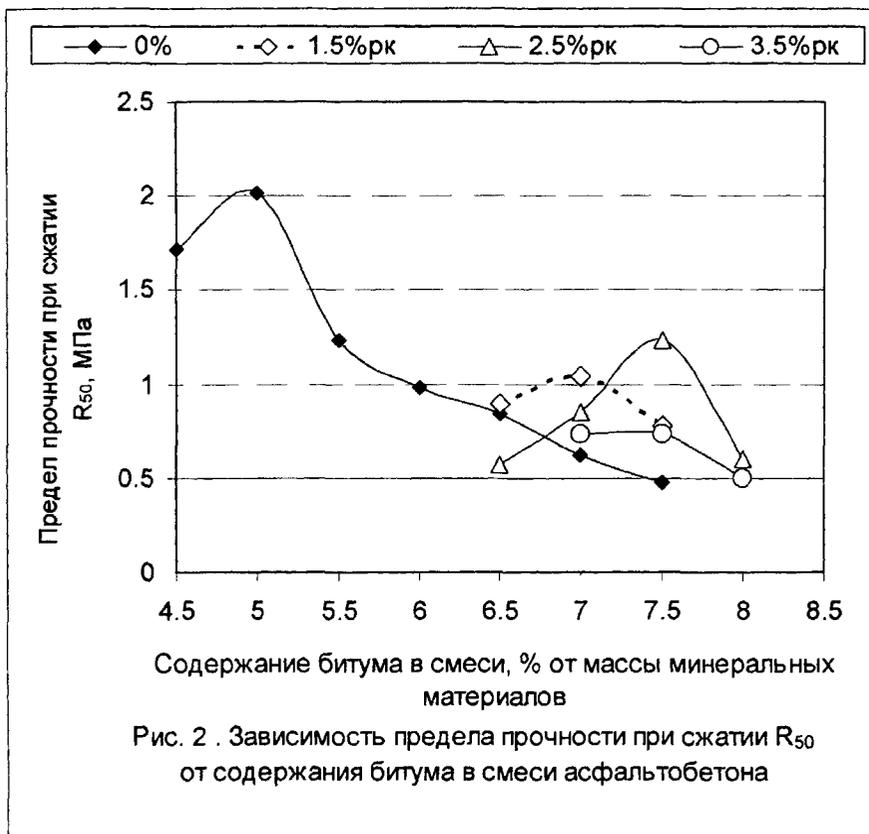
Таблица 5

Физико-механические свойства асфальтобетонов типа Б

Битум, %	Резиновая крошка, %	Средняя плотность образца, г/см ³	Водонасыщение W, % от объема	Пористость минеральной части, %	Остаточная пористость, %	Предел прочности, МПа,			Водостойкость	Водостойкость при длительном водонасыщении	Предел прочности при расколе, МПа, при 0°С
						R ₅₀	R ₂₀	R ₀			
Первый состав: обычный асфальтобетон											
4.5	0	2.397	2.00	15.35	5.48	1.72	5.34	10.9	0.96	0.86	2.78
5.0	0	2.411	1.57	15.28	4.29	2.02	5.97	10.9	0.97	0.92	2.81
5.5	0	2.421	0.67	15.31	3.24	1.07	4.57	10.6	0.98	0.93	3.49
6.0	0	2.414	0.21	15.98	2.9	1.05	4.43	9.83	0.99	0.93	3.56
6.5	0	2.399	0.21	16.86	2.87	0.84	4.41	9.29	0.92	0.92	3.11
7.0	0	2.391	0.07	17.56	2.61	0.63	3.13	7.87	0.96	1.02	2.96
7.5	0	2.375	0.06	18.45	2.62	0.48	2.30	6.79	0.86	1.01	2.30
Второй состав: асфальтобетон с резиновой крошкой											
5.0	1.0	2.225	8.10	21.29	11.14		3.30		1.01	0.83	
5.5	1.0	2.348	3.06	17.31	5.63	1.67	4.28	9.67	0.86	0.98	2.7
6.0	1.0	2.337	3.00	18.09	4.77	0.96	3.84	9.10	0.99	0.89	3.09
6.5	1.5	2.347	0.58	17.61	3.93	0.89	3.33	7.62	0.92	0.94	2.95
6.5	2.5	2.079	9.53	26.09	13.95	0.58	1.76	4.50	1.01	0.67	1.81
7.0	1.5	2.367	0.31	17.31	2.51	1.04	3.92	7.68	0.91	0.94	2.86
7.0	2.5	2.301	1.22	18.59	4.16	0.85	2.95	6.19	0.99	1.01	2.38
7.0	3.5	2.205	4.23	20.97	7.2	0.73	2.86	5.34	0.99	0.74	1.66
7.0	4.5	2.225	4.51	19.29	5.36	0.50	2.79	4.62	0.98	0.56	1.18
7.0	5.5	2.063	7.70	24.24	11.35						
7.5	1.5	2.341	0.21	18.58	2.98	0.78	2.85	7.89	0.99	1.11	2.51
7.5	2.5	2.323	0.61	18.17	2.68	1.23	2.97	6.25	1.15	1.12	2.44
7.5	3.5	2.237	3.24	20.21	5.29	0.73	2.87	6.23	0.95	0.79	2.11
7.5	4.5	2.202	4.16	20.50	5.78	0.71	1.73	5.18	1.05	0.79	1.86
8.0	2.5	2.309	0.15	19.05	2.7	0.60	3.58	7.44	0.95	1.07	2.57
8.0	3.5	2.244	1.49	20.32	4.43	0.35	3.00	5.52	0.87	0.92	1.96

Рисунок 2 показывает влияние увеличения количества битума на предел прочности при сжатии смеси асфальтобетона при температуре 50°С. Из рисунка видно, что во всех смесях асфальтобетонов увеличение количества битума для обычного асфальтобетона с 4,5 до 5%, для асфальтобетона с добавкой 1,5%

резиновой крошки с 6,5 до 7%, для асфальтобетона с добавкой 2,5% резиновой крошки с 6,5 до 7,5% повышает предел прочности при сжатии образцов асфальтобетона до наибольшей величины. При дальнейшем увеличении количества битума предел прочности при сжатии уменьшается.



На рисунке 3 приведено влияние увеличения количества битума на предел прочности при сжатии смеси асфальтобетона при температуре 20°C. Из рисунка видно, что во всех смесях асфальтобетонов увеличение количества битума: для обычного

асфальтобетона с 4,5 до 5%, для асфальтобетона с добавкой 1% резиновой крошки с 5 до 5,5%, для асфальтобетона с добавкой резиновой крошки (1,5 и 2,5% РК) с 6,5 до 7% повышает предел прочности при сжатии образцов асфальтобетона до наибольшей величины. При дальнейшем увеличении количества битума предел прочности при сжатии уменьшается.

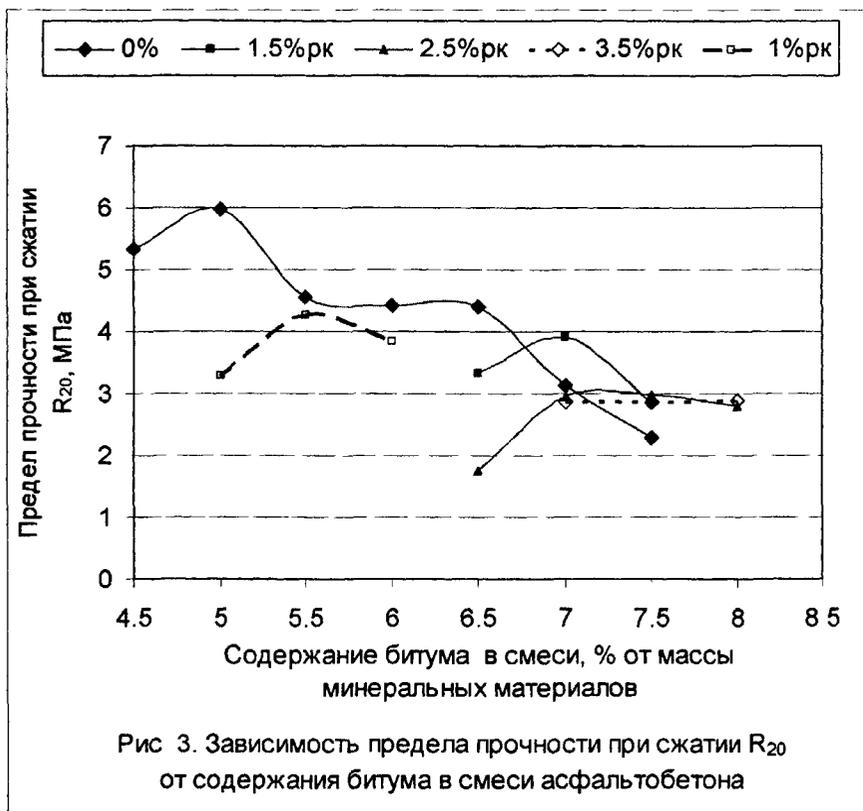


Рисунок 4 показывает влияние увеличения количества битума на предел прочности при сжатии смеси асфальтобетона при температуре 0°C. Из рисунка видно, что все асфальтобетоны, содержащие резиновую крошку, показали меньшую прочность при 0°C

при одинаковом содержании битума (например, 7%), чем обычный асфальтобетон. Этот ожидаемый результат характеризует возможность повышения трещиностойкости асфальтобетона.

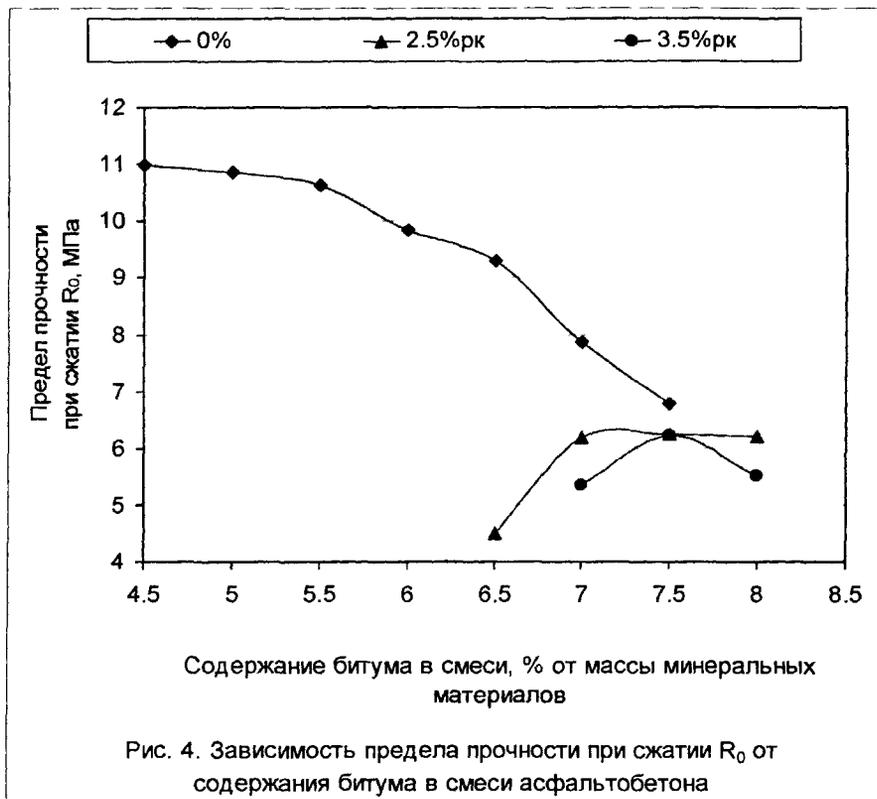


Рисунок 5 показывает влияние увеличения количества битума на водостойкость при длительном водонасыщении. В нашем случае водостойкость, равная 1, обеспечивается при 1,5 и 2,5% резиновой крошки и 7 и 7,5% битума соответственно. Эти результаты подтверждают предыдущие опыты по определению оптимального содержания битума при различном содержании резиновой крошки.

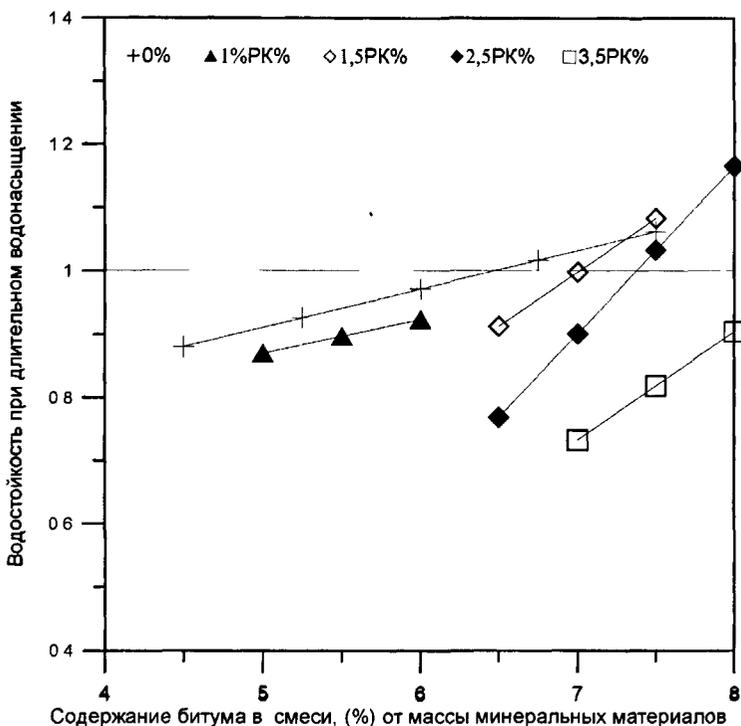


Рис. 5 Зависимость водостойкости при длительном водонасыщении от содержания битума в смеси асфальтобетона

Рисунок 6 показывает влияние увеличения количества битума на предел прочности на растяжение при расколе для смеси асфальтобетона при температуре 0°С. Для обычного асфальтобетона оптимальное содержание битума составляет 5,5.. 6%. Для асфальтобетона, содержащего 2,5% резиновой крошки, увеличение количества битума до 7,5% увеличивает предел прочности при расколе образцов асфальтобетона, что соответствует предыдущим опытам.

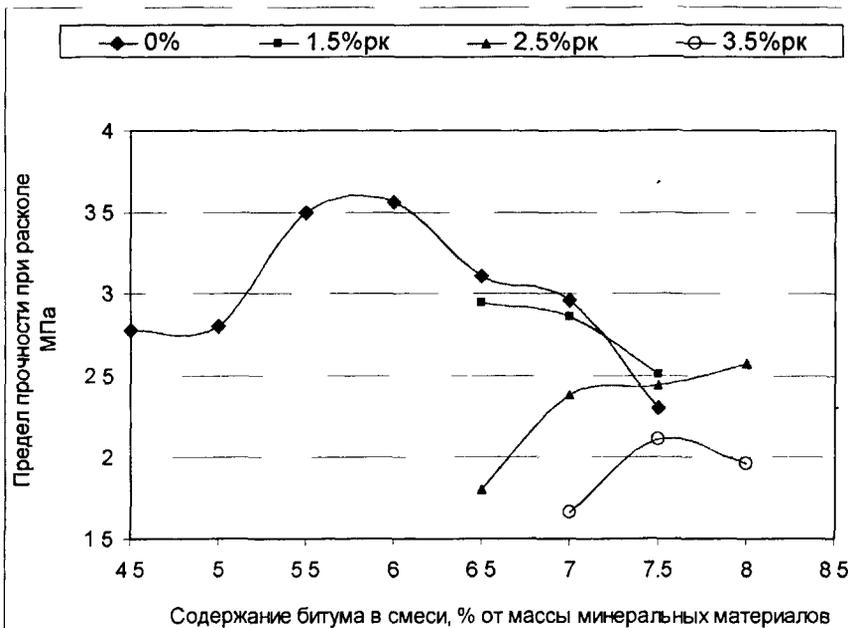


Рис. 6. Зависимость предела прочности при расколе при температуре 0°C от содержания битума в смеси асфальтобетона

Из табл. 5 видно, что традиционная асфальтобетонная смесь при 5% содержании битума удовлетворяет всем требованиям, предъявляемым к горячему асфальтобетону по ГОСТ 9128-97.

Асфальтобетонная смесь, содержащая 7,5% битума (сверх 100%) и 2,5% резиновой крошки, удовлетворяет всем требованиям, предъявляемым к горячему асфальтобетону по ГОСТ 9128-97. Добавление 2,5% резиновой крошки в асфальтобетонную смесь при содержании 7,5% битума уменьшает прочность при сжатии при 20 и 50°C, снижает предел прочности при растяжении при расколе при 0°C, уменьшает предел прочности при сжатии при 0°C, понижает водонасыщение и повышает водостойкость по сравнению с водостойкостью традиционного асфальтобетона

Однако это не дает возможности однозначно оценить характер эффекта от введения резиновой крошки в состав асфальтобетона.

Оценка коэффициента теплоустойчивости асфальтобетонов дала следующие результаты.

Асфальтобетон с добавкой резиновой крошки показывает улучшение теплоустойчивости (R_{20}/R_{50}): 2,4 для асфальтобетона с добавкой резиновой крошки и 3,0 для обычного асфальтобетона

Таким образом, введение резиновой крошки позволяет снизить влияние температуры на физико-механические свойства асфальтобетона.

Стандартные испытания асфальтобетона не в полной мере отражают реальные условия работы асфальтобетона в покрытии.

В табл. 6 приведены результаты исследования деформативных свойств традиционного асфальтобетона и асфальтобетонов с добавкой резиновой крошки при температурах -20 , 0 , $+20^{\circ}\text{C}$. Образцы в виде балочек размером $4 \times 4 \times 16$ см подвергались изгибу под действием центрально приложенной сосредоточенной нагрузки.

При температуре -20 и 0°C минимальное значение модуля деформации показал асфальтобетон с добавкой резиновой крошки, наибольшим модулем деформации обладает обычный асфальтобетон. При температуре $+20^{\circ}\text{C}$ минимальное значение модуля деформации показал асфальтобетон с добавкой резиновой крошки.

Из табл. 6 видно, что добавление резиновой крошки в смеси асфальтобетона снижает модуль деформации. Рис. 7 показывает зависимость модуля деформации асфальтобетона от его температуры испытания. Из рисунка видно, что при увеличении температуры испытания асфальтобетонов всех типов модуль деформации снижается. Наименьшим коэффициентом теплоустойчивости (E_0/E_{20}) обладает асфальтобетон с добавкой резиновой крошки 3,43, за ним следует обычный асфальтобетон 4,16.

Следует отметить, что модули деформации двух сравниваемых асфальтобетонов отличаются при 20°C на 8,9%, а при -20°C на 45,6%. Таким образом, при отрицательных температурах асфальтобетон с

добавлением резиновой крошки существенно более деформативен, а при 20°C свойства двух асфальтобетонов близки. Это наглядно представлено на рис. 8, где приведены значения относительной деформации двух асфальтобетонов.

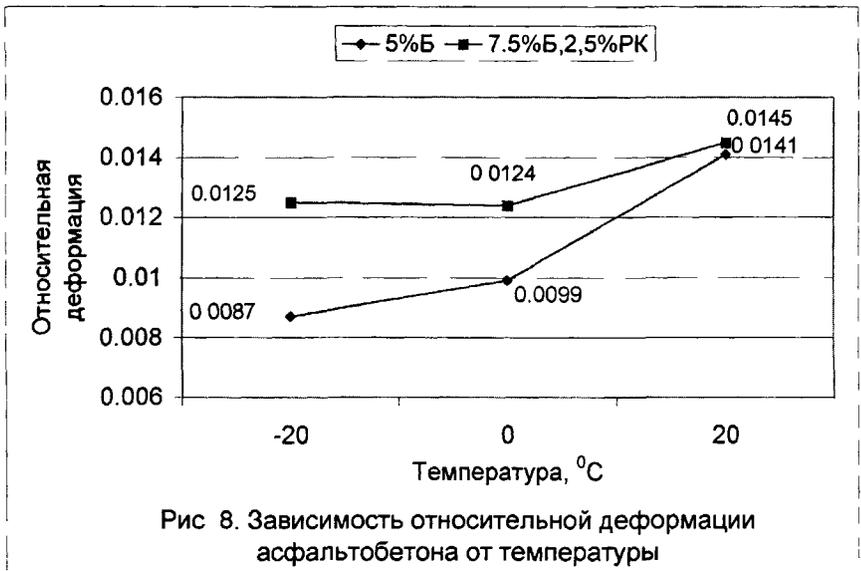
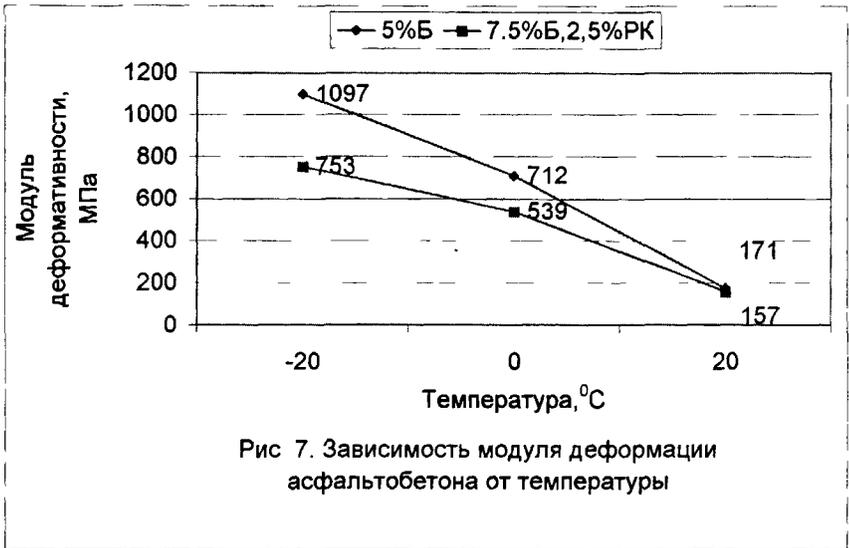
При температуре -20, 0°C максимальное значение относительной деформации показал асфальтобетон с добавкой резиновой крошки, и самую меньшую относительную деформацию показал обычный асфальтобетон.

Таблица 6

Результаты определения предела прочности на растяжение при изгибе и показателей деформации

Температура испытания, °С	Показатель	Тип асфальтобетона	
		обычный асфальтобетон (5%Б)	асфальтобетон с РК (7,5%Б+2,5%РК)
-20	Предел прочности при изгибе, МПа	9,52	9,27
	Относительная деформация	$8,7 \cdot 10^{-3}$	$12,5 \cdot 10^{-3}$
	Модуль деформации, МПа	1097	753
0	Предел прочности при изгибе, МПа	7,05	6,68
	Относительная деформация	$9,9 \cdot 10^{-3}$	$12,4 \cdot 10^{-3}$
	Модуль деформации, МПа	712	539
20	Предел прочности при изгибе, МПа	2,45	2,24
	Относительная деформация	$14,1 \cdot 10^{-3}$	$14,5 \cdot 10^{-3}$
	Модуль деформации, МПа	171	157
20	Модуль деформации при усталостном испытании, МПа*	299	267
	Деформации соответственно, мм	0,32	0,3

*Нагрузки 100 циклами при постоянной деформации, равной 30% от максимальной деформации при испытании по определению предела прочности на растяжение при изгибе.



С целью оценки влияния резинового порошка на деформативные свойства были проведены испытания балочек на изгиб. При этом оценивались свойства материала как при однократном нагружении до разрушения, так и при многократном нагружении

Для определения показателей деформативности при усталостном испытании было решено нагрузить образцы асфальтобетонов 100 циклами при постоянной деформации, равной 30% от максимальной деформации.

Результаты измерений модуля деформации при усталостном испытании для асфальтобетонов показаны в табл. 6.

Из таблицы видно, что модуль деформации при температуре 20°C при усталостном испытании для обычного асфальтобетона и асфальтобетона с добавкой резиновой крошки увеличивается в сравнении с модулем деформации до нагружения.

Модуль деформации обоих асфальтобетонов после 100 циклов нагружения возрастает, однако, этот прирост у асфальтобетона с добавкой резиновой крошки на 12% меньше, чем у обычного асфальтобетона. Это свидетельствует о том, что изменение структуры материала, ведущее к увеличению прочности и, следовательно, хрупкости, у асфальтобетона с добавкой резиновой крошки происходит медленнее.

В целом проведенные испытания позволяют сделать следующие выводы о свойствах предлагаемого асфальтобетона по сравнению с традиционным.

1. Добавление 2,5% резиновой крошки требует повышения количества битума с 5 до 7.. 7,5%. В результате уменьшается остаточная пористость с 4,3 до 2,7%; уменьшается водонасыщение в 2,6 раза (с 1,6 до 0,6 %); повышается водостойкость при длительном водонасыщении до $K=1$; уменьшается, что положительно, предел прочности при сжатии при 0°C на 42,4% с 10,9 до 6,25 МПа; в пределах стандарта уменьшается предел прочности при сжатии при 50°C; уменьшается предел прочности при расколе при 0°C на 13%.

2. Резиновый асфальтобетон показывает улучшение теплоустойчивости (R_{20}/R_{50}): 2,4 для асфальтобетона с добавкой резиновой крошки по сравнению с 3 для обычного асфальтобетона. В диапазоне температур 0..50 °С теплоустойчивость асфальтобетона с добавкой резиновой крошки также лучшая (5 и 5,4).
3. При температуре -20 и 0°С добавление резиновой крошки в смеси асфальтобетона снижает модуль деформации на 31 и 24% соответственно.
4. При усталостном испытании величина прироста модуля деформации для обычного асфальтобетона больше, чем для асфальтобетона с добавкой резиновой крошки на 12%.

В пятой главе приведены результаты опытно-производственных работ и оценка экономической эффективности применения резиновой крошки в составе асфальтобетона.

Были построены два опытных участка асфальтобетонных покрытий на автомобильных дорогах М-8 «Холмогоры» и М-9 «Балтия». В ходе работ была подтверждена технологичность асфальтобетонных смесей с добавкой резиновой крошки, включая уплотняемость.

Показана возможность достижения экономического эффекта за счет увеличения межремонтных сроков покрытий.

ОБЩИЕ ВЫВОДЫ

1. Проведенные исследования показали эффективность применения резиновой крошки с максимальной крупностью 1,2 мм в составе асфальтобетона.
2. Сопоставляя составы смесей асфальтобетона и их физико-механические свойства, не рекомендуется использовать для приготовления смесей более 2,5% резиновой крошки.
3. Добавление резиновой крошки в асфальтобетон снижает величину водонасыщения и повышает водостойкость при длительном водонасыщении за счет уменьшения пористости и адгезии между

минеральным материалом, резиновой крошкой и битумом: коррозионная устойчивость и долговечность повышаются.

4. Асфальтобетон с добавкой резиновой крошки обладает меньшей хрупкостью за счет уменьшения прочности при сжатии, снижения модуля деформации, повышения относительной деформации при пониженных температурах (-20 и 0°C). Это позволяет рекомендовать асфальтобетон с добавкой резиновой крошки для применения в условиях холодного и умеренного климата
5. При испытании на усталость при 20°C величина прироста модуля деформации обычного асфальтобетона выше, чем у асфальтобетона с добавкой резиновой крошки. Это свидетельствует о большей стабильности структуры асфальтобетона с добавкой резиновой крошки под воздействием нагрузок. Данное свойство способствует увеличению срока службы материала.
6. Продолжение исследований следует вести в направлении улучшения свойств асфальтобетона с добавкой резиновой крошки, применяемого в условиях жаркого климата, определения оптимального содержания компонентов асфальтобетона с добавкой резиновой крошки в зависимости от свойств исходных материалов и условий применения.

Список работ, опубликованных по теме диссертации

1. Ахмед Гамал Махмоуд Морси. Факторы, влияющие на свойства асфальтобетона с добавкой резиновой крошки (типа сухого процесса). Выпуск 4. – М.: МАДИ (ГТУ), 2005 – С. 58 – 63
2. Ахмед Гамал Махмоуд Морси. Современное состояние утилизации автомобильных шин в строительстве автомобильных дорог (деп в ВИНТИ № 815-В2005). – М.: МАДИ (ГТУ), 2005. – 16 с.

Для заметок

Для заметок

Заказ № 2126 Подписано в печать 10 11 2005 Тираж 130 экз Усл. п.л. 0,92

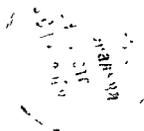


ООО "Цифровичок", тел. (095) 797-75-76, (095) 778-22-20
www.cfr.ru ; [e-mail.info@cfr.ru](mailto:info@cfr.ru)

РНБ Русский фонд

2007-4

4959



31 ЯНВ 2006