

УДК 625.731.813

*М.Г. Салихов, А.А. Криворотов*

Марийский государственный технический университет

Салихов Мухаммет Габдулхаевич родился в 1945 г., окончил в 1968 г. Уральский лесотехнический институт, доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой автомобильных дорог Марийского государственного технического университета. Имеет 145 печатных работ в области строительства автомобильных дорог, исследования строительных материалов и изделий, физико-химических процессов при производстве и применении ДСМ.  
E-mail: salichov@mail.ru



Криворотов Александр Анатольевич родился в 1984 г., окончил в 2006 г. Марийский государственный технический университет, аспирант кафедры автомобильных дорог МарГТУ, ведущий специалист отдела технического надзора за строительством ГУ «Марийскавтодор». Имеет 14 печатных работ в области строительства автомобильных дорог, изучения физико-химических процессов при производстве и применении ДСМ.  
E-mail: roxtio@rambler.ru



## **ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ДОБАВОК АСФАЛЬТОВОГО ГРАНУЛЯТА НА СВОЙСТВА ХОЛОДНОГО АСФАЛЬТОБЕТОНА ДЛЯ ПОКРЫТИЙ ЛЕСОВОЗНЫХ ДОРОГ**

Представлены результаты исследований холодных асфальтобетонов с добавками асфальтовых гранулятов. Наилучшие показатели получены при добавках 5...7 % по массе.

*Ключевые слова:* фрезерование, асфальтовый гранулят, холодный асфальтобетон, физико-механические свойства.

Целью работы является поиск путей повышения эффективности строительства асфальтобетонных покрытий лесовозных дорог. Для ее достижения исследуется комплекс физико-механических свойств образцов асфальтобетона при различном содержании асфальтогранулятов холодного фрезерования. При этом предполагается улучшение эксплуатационных характеристик покрытия, экономия в необходимых исходных материалах и снижение энергоемкости работ.

В настоящее время до 80...85 % всех дорог общего пользования с усовершенствованными покрытиями выполнены из асфальтобетонов, которые после эксплуатационного срока требуют замены. В последние десятилетия начали использовать способ «холодного фрезерования». Образующийся при этом асфальтовый гранулят (АГ) является ценным продуктом, представляющим смесь черных дробленых минеральных материалов разных фракций. Для примера покажем зерновой состав АГ дорожного покрытия на пр. Ленина г. Йошкар-Олы и участке автомобильной дороги Йошкар-Ола – Зеленодольск, полученного после фрезерования ресайклером ROADTEC-700 (RX-700) (табл. 1). Среднее содержание битума составляет 2,3 % по массе.

Таблица 1

## Зерновой состав АГ

Крупность, мм	Содержание, %	Крупность, мм	Содержание, %
0...40	100,00	1,25...2,50	5,31
20...40	4,51	0,63...1,25	16,43
15...20	5,21	0,28...0,63	10,83
10...15	13,96	0,14...0,28	1,86
5...10	22,37	0,08...0,14	0,20
3...5	10,50	< 0,08	0,13
2,5...3,0	3,73		

Ранее, когда объемы работ были относительно небольшими, удаленный раздробленный асфальтобетон преимущественно использовали в качестве ремонтного материала в основаниях дорожных одежд [7]. Позднее предложено в горячие асфальтобетоны добавлять асфальтогранулят типов А, Б, Э, М, К [6]. В данной работе представлены результаты исследований холодных асфальтобетонов (ХАБ) с добавками АГ.

В соответствии с требованиями ГОСТ 9128–97 [1] ХАБ непрерывной granulometрии состояли из смеси щебня М 1200 фракций 5...15 мм (32,56...26,10 %) и 0...5 мм (55,68...44,57 %), дробленого песка изверженных пород фракции 0...5 мм (1,38...1,11 %), известнякового минерального порошка (10,38 %), разжиженного битума марки СГ 70/130 (5,63...8,30 %) и добавок АГ в количестве 0...20 %. Жидкий битум готовили, разжижая вязкий битум БНД 90/130 керосином. Подогретые навески компонентов (кроме добавок АГ) формовали и испытывали по стандартной методике ГОСТ 12801–98 [2]. Некоторые результаты экспериментов представлены в табл. 2. Для сравнения приводим требования ГОСТа 9128–97 без использования добавок АГ: пористость минеральной части – 18...21 %, остаточная – 6...10 %, водонасыщение – 5...9 %, предел прочности при сжатии при температуре +20 °С – 0,5...2,0 МПа.

Как видно из табл. 2, добавки АГ приводят к изменению всех рассмотренных показателей образцов ХАБ. Возрастают средняя плотность, предел прочности при сжатии, водостойкость и теплостойкость, уменьшается остаточная пористость и водонасыщение. При добавках АГ 5...7 % значения свойств ХАБ максимальны.

Таблица 2

## Физико-механические свойства ХАБ с добавками АГ

№ образца	Добавка АГ, %	Средняя плотность ХАБ, г/см <sup>3</sup>	Пористость минеральной части, %	Остаточная пористость, %	Водонасыщение, %	Предел прочности при сжатии, МПа, при T, °С			Коэффициент водостойкости	Коэффициент теплостойкости
						+20	+50	±0		
1	0	2,30	20,3	10,0	7,8	1,4	1,0	–	0,71	Нетепло-

2	3	2,32	19,2	6,8	4,9	5,1	4,0	1,8	0,78	стойкий
3	5	2,30	20,2	8,0	7,1	6,5	5,1	2,4	0,78	0,35
4	7	2,29	20,5	8,4	6,9	7,7	6,0	2,5	0,78	0,37
5	10	2,32	19,4	7,2	4,9	4,9	3,8	1,2	0,78	0,32
6	20	2,37	17,4	5,2	1,5	4,0	3,1	1,1	0,78	0,24
										0,28

Для объяснения закономерностей, происходящих внутри процессов, рассмотрим изменения площади внешних поверхностей ( $S_B$ ) – наиболее мелких дисперсных частиц осадочного происхождения (известнякового минерального порошка), поскольку они являются наиболее активными структурообразующими элементами системы (табл. 3, масса образца 660 г). При этом приняты следующие исходные данные:

- 1) вокруг микрочастиц образуются пленки битума, состоящие из прочносвязанных слоев толщиной 0,45 мкм [4, 5];
- 2) вязкий битум, внесенный в состав АГ, является полностью структурированной системой;
- 3) удельная площадь поверхности частиц размером 0,071 мм составляет в среднем 6000 см<sup>2</sup>/г [3];
- 4) плотность битума в ориентированных слоях равна 1,0 г/см<sup>3</sup>.

Таблица 3

## Динамика изменения структурообразующих элементов в ХАБ при добавлении АГ

$Q_{AG}$		$Q_{M.P.}$ Г	$S_B \cdot 10^{-3}$ , см <sup>2</sup>	$Q_{B(CF\ 70/130)}$ , Г	$Q_{Bд.}$ , Г	$Q_{B.общ.}$ , Г	$Q_{B.пр.св}$		$Q_{B.пр.св}/$ $Q_{B.общ}$
Г	%						Г	%	
0	0	68,67	412	39,67	0	39,67	18,61	5,63	0,47
21	3	66,67	400	38,33	0,48	38,81	18,47	5,77	0,48
35	5	65,33	392	37,67	0,70	38,45	18,43	5,81	0,48
49	7	63,67	382	37,00	1,14	38,14	18,29	5,76	0,48
70	10	61,67	370	35,67	1,57	37,24	18,22	5,62	0,49
140	20	55,00	330	31,67	3,15	34,81	18,00	5,17	0,52

Примечание.  $Q_{B.общ} = Q_{B(CF\ 70/130)} + Q_{Bд.}$ ;  $Q_{B.пр.св} = Q_{ж.пр.св} + Q_{Bд.}$ ;  $Q_{Bд.}$  – масса прочносвязанного битума, внесенного в составе добавок асфальтогранулята;  $Q_{B.пр.св}$  – общая масса прочносвязанного битума;  $Q_{ж.пр.св}$  – масса прочносвязанного битума, сформированного за счет дополнительно внесенного жидкого битума.

Как видно из табл. 3, при добавлении в ХАБ до 20 % АГ ( $Q_{AG}$ ) содержание минерального порошка ( $Q_{M.п.}$ ) уменьшается на 19,91, разжиженного битума ( $Q_B$ ) – на 20,17 %. При этом общее содержание битума ( $Q_{B.общ}$ ) несколько снижается, а его структурированность ( $Q_{B.пр.св}/Q_{B.общ}$ ) улучшается, несмотря на уменьшение внутренних пор ХАБ. Это говорит о повышении устойчивости асфальтобетона против внешних воздействий в целом. Такой вывод подтверждается также небольшим возрастанием коэффициентов водостойкости и теплостойкости образцов ХАБ при увеличении добавок АГ. Уменьшаются содержание тонкодисперсных частиц и, соответственно, пористость минеральной части и остаточная пористость ХАБ. Следствием этого является тенденция снижения водонасыщения ХАБ.

На основе проведенных исследований можно сделать следующие выводы.

1. Добавление асфальтогранулятов холодного фрезерования в количестве 0...20 % по массе приводит к повышению средней плотности, пределов прочности при сжатии при +20 и +50 °С, коэффициентов водостойкости и теплостойкости. Одновременно снижаются пористость минеральной части, остаточная пористость, водонасыщение и предел прочности при сжатии при ±0 °С. Наилучшие результаты для всех показателей достигаются при добавках 5...7 % по массе.

2. Добавки АГ позволяют экономить до 6,9...7,0 % прочного щебня фракций 5...15 мм и по 19...20 % песка дробленого, минерального порошка и жидкого битума.

Дальнейшие исследования следует направить на обоснование долговечности и надежности получаемого материала в агрессивных средах, уточнение области его использования, разработку регламента на производство и применение в дорожных одеждах автомобильных дорог.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. ГОСТ 9128–97. Смеси асфальтобетонные дорожные, аэродромные и асфальтобетон. Технические условия [Текст]. – Введ. 1999–01–01. – М., 1999.
2. ГОСТ 12801–98. Материалы на основе органических вяжущих для дорожного и аэродромного строительства. Методы испытаний [Текст]. – Введ. 1999–01–01. – М.: Госстрой России, 1999.
3. *Королев, И.В.* Удельная поверхность компонентов плотных минеральных смесей [Текст] / И.В. Королев // Улучшение качества каменных материалов при их производстве, способы укрепления каменных материалов: тр. СоюзДОРНИИ. – М., 1972. – Вып. 53. – С. 88–98.
4. *Королев, И.В.* Пути экономии битума в дорожном строительстве [Текст] / И.В. Королев. – М.: Транспорт, 1986. – 149 с.
5. *Салихов, М.Г.* Разработка научно-практических основ объемной пропитки малопрочных каменных материалов [Текст]: автореф. дис. ... д-ра техн. наук / М.Г. Салихов. – М.: МАДИ (ГТУ), 1999. – 38 с.
6. СТП 5718-001-04000633-2006. Смеси асфальтобетонные дорожные аэродромные, приготовленные с добавкой гранулята старого асфальтобетона. Технические условия [Текст]. – Введ. 2007–01–01. – М., 2007.
7. *Тимофеев, А.А.* Использование и переработка старого асфальтобетона [Текст] / А.А. Тимофеев. – М.: Стройиздат, 1976. – 74 с.

Поступила 10.03.09

*M.G. Salikhov, A.A. Krivorotov*  
Mari State Technical University

**Study of Asphalt Granulate Influence on Properties of Cold Asphalt Concrete for Forest Roads Coating**

The study results of cold asphalt concrete with additives of asphalt granulates are provided. The best performance is obtained with additives making 5...7 % of the total weight.

Keywords: milling, asphalt granulate, cold asphalt concrete, physical-mechanical properties.

---