

УДК 691.168

Николаев А.Г. – аспирант

E-mail: sashaurban@mail.ru

Фомин А.Ю. – кандидат технических наук, доцент

E-mail: fomin-al.78@mail.ru

Хозин В.Г. – доктор технических наук, профессор

E-mail: khozin@kgasu.ru

Казанский государственный архитектурно-строительный университет

Адрес организации: 420043, Россия, г. Казань, ул. Зеленая, д. 1

Исследование долговечности асфальтобетона на основе малопрочного щебня укрепленного серой

Аннотация

Разработан состав асфальтобетона на основе малопрочного щебня осадочного происхождения, обработанного технической серой – побочным продуктом нефтепромышленности. Применение такого щебня, обладающего сравнительно высокой прочностью, гидрофобностью, водостойкостью в составе асфальтобетона позволяет получить материал удовлетворяющий нормативным требованиям. Показано, что полученный асфальтобетон обладает высокими усталостной прочностью и морозостойкостью.

Ключевые слова: асфальтобетон, сера, щебень, морозостойкость, усталостная прочность, долговечность.

Введение

Сера в строительстве как связующий материал известна уже давно. В основном применяется в качестве основы серного вяжущего (серного цемента), а также в виде наполнителя [1]. Наиболее известным направлением применения серы в дорожном строительстве является модификация ею битума. При этом наряду с положительными эффектом введения серы в битум (повышение теплостойкости вяжущего, прочности при эквивалентом сокращении расхода битума на 20-40 %), наблюдается и отрицательная сторона данного способа. Сера ограничено совмещается с битумом и при охлаждении совместного расплава выделяется в отдельную фазу, играя роль дисперсного наполнителя [2], снижающего пластичность битума [3, 4]. Кроме того, при совмещении серы с расплавленным битумом происходит выделение токсичного сероводорода, что сильно ухудшает санитарно-гигиенические показатели процессов производства и укладки асфальтобетона. В этой связи поиск практических путей применения серы в дорожном строительстве остается актуальной задачей.

Также актуальным является вовлечение в дорожно-строительные технологии, и в том числе производство асфальтобетонов, местных маловостребованных материалов. На территории Республики Татарстан имеются значительные запасы пород осадочного происхождения (около 70 месторождений). Согласно требованиям действующего СП 34.13330.2012 и дорожно-строительной классификации щебень, производимый из них, малопригоден для целей дорожного строительства, даже для дорог IV и V технических категорий. Особенно невостребованным является осадочный щебень фракций 5-10 и 10-20 мм.

В нашей работе была исследована возможность укрепления щебня данных фракций путем поверхностной обработки его зерен расплавом серы. В результате его кристаллизации в порах щебня на поверхности зерен образуется плотный градиентный слой, что обеспечивает эффект упрочнения и гидрофобизацию. Так, марка по дробимости щебня увеличивается до М600 в сравнении с исходной М300 (рис. 1).

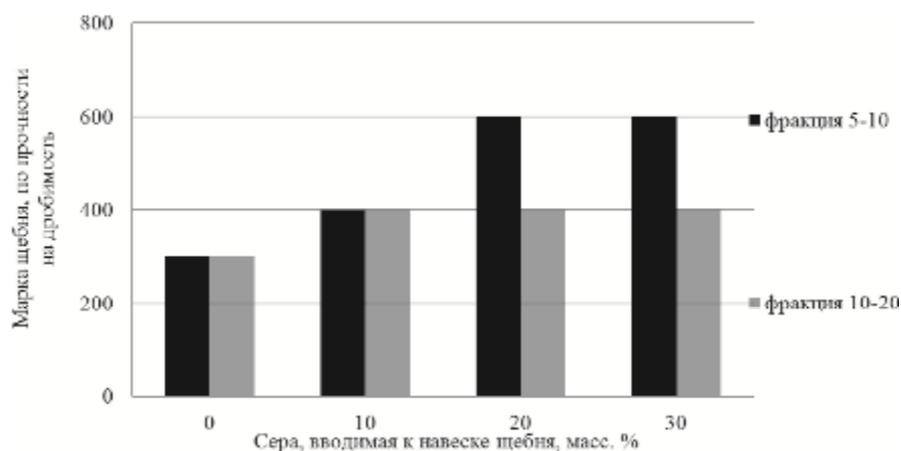


Рис. 1. Концентрационная зависимость прочности щебня

На изменение прочности в значительной степени оказывает капиллярная пористость зерен щебня и количество серы необходимое для ее максимального заполнения. Опытным путем установлено, что превышение объема серы более 20 масс. % не приводит к существенному изменению свойств щебня.

Проведенными ранее исследованиями установлено что асфальтобетон на основе осадочного щебня, обработанного серой обладает хорошими физико-механическими характеристиками [5]. Однако анализ традиционных показателей физико-механических свойств асфальтобетона (прочности при сжатии при 20°C, 50°C, 0°C, плотности, водонасыщении и т.д.) не позволяет судить о его долговечности [6].

В нашей работе для оценки долговечности асфальтобетонов использовался метод оценки усталостной прочности и морозостойкости, так как изучение морозостойкости по мнению многих ученых является наиболее надежным методом оценки способности конструкции противостоять воздействию эксплуатационных факторов [7, 8, 9].

Для изучения усталостной прочности и морозостойкости были подобраны составы асфальтобетона на основе щебня, обработанного серой. Исследования проводились на наиболее применяемом в строительстве региональных дорог Республике Татарстан мелкозернистом асфальтобетоне типа Б. Составы готовились на щебне обработанном серой, вводимой в смесь в количестве 10...30 масс. %. В качестве контрольных образцов исследовались асфальтобетоны на основе осадочного щебня марки 300 и гранитного щебня марки 1200.

Таблица 1

Состав и свойства асфальтобетонов типа Б

Асфальтобетонная смесь	Свойства			
	R_{20} , МПа	R_{50} , МПа	R_0 , МПа	W , %
Серия 1. Горячая плотная асфальтобетонная мелкозернистая смесь типа Б II на осадочном щебне (М300)	2,65	0,50	5,27	9,10
Серия 2. Горячая плотная асфальтобетонная мелкозернистая смесь типа Б II на гранитном щебне (М 1200)	3,80	1,50	8,20	2,05
Серия 3. Горячая плотная асфальтобетонная мелкозернистая смесь типа Б II на осадочном щебне, обработанном 10 масс. % серы	3,30	1,20	8,0	3,75
Серия 4. Горячая плотная асфальтобетонная мелкозернистая смесь типа Б II на осадочном щебне, обработанном 20 масс. % серы	3,90	1,60	9,30	1,50
Серия 5. Горячая плотная асфальтобетонная мелкозернистая смесь типа Б II на осадочном щебне, обработанном 30 масс. % серы	3,70	1,45	7,00	0,80

Определение морозостойкости проводили по стандартной методике изложенной в пособии, разработанным Союздорнии для строительства асфальтобетонных покрытий и оснований автомобильных дорог. После предварительного водонасыщения, образцы асфальтобетона подвергались попеременным циклам замораживания и оттаивания в пределах температур $-20...20\text{ C}^0$.

Степень морозостойкости оценивали по изменению прочности при 20 C^0 с последующим расчетом коэффициента морозостойкости по формуле:

$$K_{\text{мрз}20}^n = R_{20}^n / R_{20}^0,$$

где R_{20}^0 – предел прочности при сжатии при 20 C^0 ; n – количество циклов попеременного замораживания и оттаивания, R_{20}^n – предел прочности при сжатии при 20 C^0 на n цикле.

Кинетическая зависимость изменения коэффициента морозостойкости асфальтобетонов представлена на рисунке 2. Состав асфальтобетона на исходном осадочном щебне, в виду его высокого водонасыщения, обладает сравнительно низким коэффициентом, который после прохождения 15 циклов составил 0,75, а после 50 циклов равен 0,57. По результатам исследования данный показатель является минимальным и свидетельствует о нарушении целостности структуры асфальтобетона. Наиболее высоким коэффициентом морозостойкости обладает состав асфальтобетона на осадочном щебне, обработанном 20 масс. % серы ($K_{\text{мрз}20}^{50} = 0,94$).

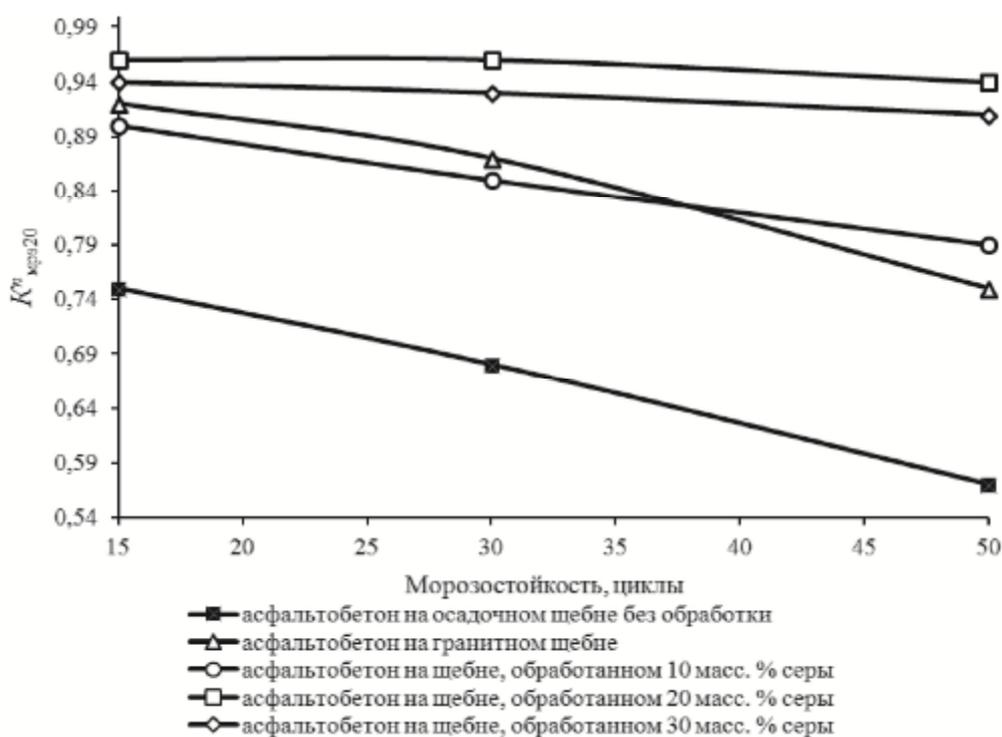


Рис. 2. Коэффициент морозостойкости асфальтобетонов

Испытания на усталостную прочность проводились по методике изложенной в ГОСТ 9128-20013. Из представленных в таблице 2 данных видно, что усталостная прочность асфальтобетона, на обработанном серой щебне, не уступает аналогичному составу асфальтобетона на щебне гранитном. При этом минимальным показателем усталостной прочности обладает состав на необработанном слабом щебне. Полученные данные коррелируют с результатами исследования морозостойкости асфальтобетонов и свидетельствуют о положительном влиянии серы на формирование структуры осадочного щебня и свойства асфальтобетона на его основе.

Таблица 2

Усталостная прочность асфальтобетона

Асфальтобетонная смесь	Усталостная прочность, циклов
Серия 1. Горячая плотная асфальтобетонная мелкозернистая смесь типа Б II на осадочном щебне (М300)	2-3
Серия 2. Горячая плотная асфальтобетонная мелкозернистая смесь типа Б II на гранитном щебне (М 1200)	5-6
Серия 3. Горячая плотная асфальтобетонная мелкозернистая смесь типа Б II на осадочном щебне, обработанном 10 масс.% серы	5-6
Серия 4. Горячая плотная асфальтобетонная мелкозернистая смесь типа Б II на осадочном щебне, обработанном 20 масс.% серы	7-8
Серия 5. Горячая плотная асфальтобетонная мелкозернистая смесь типа Б II на осадочном щебне, обработанном 30 масс.% серы	8-9

Полученные результаты позволяют сформулировать основные выводы:

1. Асфальтобетон на основе осадочного щебня, обработанного серой обладает высокими морозостойкостью и усталостной прочностью, не уступает аналогичным составам на гранитном заполнителе;
2. Оптимальная концентрация серы, вводимой для обработки щебня составляет 20 масс. %;
3. В дальнейших исследованиях планируется изучение эффекта повышения морозостойкости асфальтобетона на основе щебня обработанного серой.

Список библиографических ссылок

1. Фомин А.Ю., Хозин В.Г., Козлов В.С. К вопросу об эффективности использования серосодержащих дорожно-строительных материалов // Сборник трудов научно-практической конференции. – Казань, 2008. – С. 332-335.
2. Руденский А.В. // Дорожные асфальтобетонные покрытия. – М.: Транспорт, 1992. – 253 с.
3. Королев И.В. Пути экономии битума в дорожном строительстве. – М.: Транспорт, 1986. – 149 с.
4. Илиополов С.К., Мардиросова И.В., Углова Е.В. // Органические вяжущие для дорожного строительства. – Ростов-на-Дону: Изд-во «Юг», 2003. – 428 с.
5. Николаев А.Г., Фомин А.Ю., Хозин В.Г., Баженов Н.П. Эффективный сероасфальторбетон на местном заполнителе // Сб. научных трудов «Материалы Международной научно-практической конференции, посвященной 95-летию ФГБОУ ВПО «ГГНТУ им. акад. М.Д. Миллионщикова» в 2-х томах, Т. 1. – Грозный, 2015. – С. 640-645.
6. Золотарев В.А. Долговечность асфальтобетона при совместном действии нагрузок и агрессивных сред // Дорожная техника'11. – СПб., 2011. – С. 30-39.
7. Шестоперов С.В. Дорожно-строительные материалы, Ч. 1.– М.: Высшая школа, 1976. – 256 с.
8. Котлярский Э.В., Кондратьев М.С. Роль эксплуатационных воздействий в изменении параметров асфальтобетонного покрытия // Сб. статей и докладов ежегодной научной сессии Ассоциации исследователей асфальтобетона. – М.: МАДИ, 2010. – С. 107-117.
9. Котлярский Э.В. Морозостойкость асфальтобетона // Строительные материалы, 2011, № 5. – С. 81-83.

Nikolaev A.G. – post-graduate student

E-mail: sashaurban@mail.ru

Fomin A.U. – candidate of technical sciences, associate professor

E-mail: fomin-al@mail.ru

Khozin V.G. – doctor of technical sciences, professor

E-mail: khozin@kgasu.ru

Kazan State University of Architecture and Engineering

The organization address: 420043, Russia, Kazan, Zelenaya st., 1

Durability of asphalt concrete on low-strength rubble with sulfur

Resume

In the Republic of Tatarstan there is a large number of weak rubble sedimentary origin, which is not suitable for use. As every year the volume of associated sulfur – waste oil and gas industry, the use of which has not yet been found. To solve these problems, a method of producing asphalt concrete on the basis of sedimentary rubble treated molten sulfur. It was shown that the strength of the weak rubble after sulfur treatment increases, and asphalt on the basis of such material becomes suitable for use in the construction of the roadway. Studied aspects of durability obtained asphalt. Experimentally established its high frost-resistance. Also studied the fatigue strength of asphalt concrete, which reaches a relatively high value and exceeds the indicator of the same asphalt on the basis of high granite rubble. Based on these studies we can conclude that the obtained asphalt has relatively good performance in fatigue strength and cold resistance, which indirectly characterizes its high durability.

Keywords: asphalt, sulfur, crushed stone, frost resistance, fatigue resistance, durability.

Reference list

1. Fomin A.Y., Khozin V.G., Kozlov V.S. The question about use efficient sulfur-containing road construction materials // The collection of proceedings the scientific-practical conference. – Kazan, 2008. – P. 332-335.
2. Rudenskiy A.V. The asphalt road coating. – M.: Transport, 1992. – 253 p.
3. Korolev I.V. Ways to save bitumen for road construction. – M.: Transport, 1986. – 149 p.
4. Heliopolis S.K., Mardirosova I.V., Uglova E.V. Organic binders for road construction. – Rostov-on-Don: Publishing house «Yug», 2003. – 428 p.
5. Nikolaev A.G., Fomin A.J., Khozin V.G., Bazhenov N.P. The effective sulfur asphalt at local aggregate // The collection of proceedings «International scientific-practical conference dedicated to the 95th anniversary of VPO» GGNTU them. acad. M.D. Millionshtchikov in 2 volumes, V.1. – Grosnuy, 2015. – P. 640-645.
6. Zolotarev V.A. The durability of asphalt concrete under combined action of loads and corrosive environments // Road Works '11. – SPb., 2011. – P. 30-39.
7. Shestopopov S.V. Road-construction materials, P. 1. – M.: Higher School, 1976. – 256 p.
8. Kotlyarskii E.V., Kondratiev M.S. The role of operational actions in changing the parameters of asphalt concrete pavement // The collection of proceedings of annual scientific conference of Association «Researchers of asphalt concrete». – M.: MADI, 2010. – P. 107-117.
9. Kotlyarskii E.V. Frost-resistance of asphalt concrete // Stroitelnye materialy, 2011, № 5. – P. 81-83.