

УДК 625.7

Хафизов Э.Р. – кандидат технических наук, доцент

E-mail: hafizov@kgasu.ru

Вдовин Е.А. – кандидат технических наук, доцент

E-mail: vdovin@kgasu.ru

Фомин А.Ю. – кандидат технических наук, доцент

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

Мавлиев Л.Ф. – кандидат технических наук, старший преподаватель

E-mail: lenarmavliev@yandex.ru

Буланов П.Е. – ассистент

E-mail: f_lays@mail.ru

Казанский государственный архитектурно-строительный университет

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

Современные методы оценки эксплуатационных свойств дорожных асфальтобетонов

Аннотация

Постановка задачи. Исследовать дорожные асфальтобетоны на участках покрытий имеющих дефекты в виде выбоин, колеи, трещин, шелушения.

Результаты. Проведенный сопоставительный анализ компонентов в асфальтобетонах показал, что составы применяемых битумов характеризуется повышенным содержанием асфальтенов. Также установлено, что структура пород входящих в состав крупных минеральных заполнителей асфальтобетонов имеет дефекты и содержит вредные примеси. Выявленные отклонения от требований нормативной документации могут влиять на снижение долговечности асфальтобетона и преждевременное его разрушение.

Выводы. Современные методы контроля эксплуатационных свойств асфальтобетонов должны опираться на изучение компонентного состава битумов и сырья для его производства, а также структуры заполнителей и наличия в их составе вредных примесей методами петрографии на стадии геологической разведки в карьерах, что должно повысить транспортно-эксплуатационные показатели асфальтобетонов и их долговечность.

Ключевые слова: автомобильная дорога, битум, щебень, асфальтобетон, дефект.

В последние годы одной из проблем дорожной отрасли Российской Федерации и ряда зарубежных стран является преждевременное разрушение покрытий автомобильных дорог и улично-дорожной сети. Под воздействием многократных нагрузок фактически происходит накопление необратимых деформаций. Это связано с тем, что многие дорожно-строительные материалы в расчетных условиях обладают упруго-вязко-пластичными свойствами. Кроме того, возможны и структурные разрушения материала. Образующиеся при этом дефекты способствует процессу разрушения дорожных покрытий, сужению их межремонтных сроков, снижению скорости и безопасности движения, производительности автотранспорта и прочих показателей транспортно-эксплуатационного состояния дорог.

К основным факторам образования дефектов асфальтобетонных покрытий относятся: качество применяемых материалов и подбора составов дорожных смесей, условия движения (интенсивность, скорость, состав потока), наличие пересечений, спусков и подъемов, участков кривых, геометрические параметры проезжей части, нормативная база, качество выполненных дорожно-строительных работ, климатическое воздействие, состав и качество применяемых противогололедных материалов и т.д. [1-7].

Опыт обследования автомобильных дорог в период эксплуатации показал, что накопление остаточных деформаций в покрытии и последующее разрушение могут проявляться в конструкциях дорожных одежд различных типов, в том числе с жестким основанием. Как показывает практика, даже при подборе асфальтобетонов высокого качества сложно спрогнозировать образование трещин, выбоин, колеи и иных дефектов,

снижающих сроки службы покрытий. Установлено, что наибольшее количество дефектов на дорожных покрытиях наблюдается в районах сегрегации асфальтобетона, технологических стыков, пересечений, на участках подъема и спуска, что неразрывно связано с погодными-климатическими факторами и с действием сил трения в зоне контакта колеса автомобиля с поверхностью дорожного покрытия [8-10].

В этой связи изучение процессов, влияющих на разрушение асфальтобетонного покрытия под воздействием колес автомобилей, а также прочих факторов располагающих к образованию дефектов является актуальной задачей.

В лаборатории дорожно-строительных материалов ИДНПЦ ИТС КГАСУ были проведены исследования образцов верхних слоев покрытий на участках дорог, имеющих различные дефекты. Так, исследования проводились на образцах-кернах щебеночно-матичного асфальтобетона (ЩМА) марок 10 и 15 (рис. 1).



Рис. 1. Образцы кернов из асфальтобетонного покрытия (верхний слой)

Предварительный анализ паспортов качества всех материалов, применяемых в составе данных асфальтобетонов – битума, щебня, песка и минерального порошка, а также готовых асфальтобетонных смесей показал, что все они соответствуют требованиям соответствующих ГОСТ.

Порядок исследования образцов осуществлялся в следующей последовательности. На первом этапе проводился химический анализ битума с целью установления возможности его термоокислительного старения на стадии производства асфальтобетонной смеси, в условиях воздействия высоких температур (160-180 °С).

Для этого был проведен анализ компонентного состава битумов методом хроматографии. Сущность заключалась в выделении из битума асфальтенов гексаном или петролейным эфиром, с последующим отделением их фильтрованием. Масла и смолы, растворенные в фильтрате, адсорбировались на силикагеле и затем последовательно десорбировались различными растворителями. Затем было проведено хроматографическое разделение деасфальтизированной нефти на масла и смолы.

Образцы-керы асфальтобетона предварительно измельчались до получения размера частиц 5-7 мм, которые далее помещались в аппарат Сокслета, широко применяемого для разделения различных веществ. Промывку проводили бензолом до полного обесцвечивания истекающего растворителя. Затем от образовавшегося экстракта отгоняли растворитель, а полученный битум доводили до постоянной массы в вакуум-сушильном шкафу.

Проведенный сопоставительный анализ компонентного состава экстрагированных органических составляющих образцов асфальтобетонов показал, что составы большинства битумов (образцы № 1, 3, 5, 7) в составах асфальтобетонов, характеризуется повышенным содержанием асфальтенов и пониженным содержанием смол (табл. 1).

Высокое содержание асфальтенов в составе битума способствует повышению его прочности, температуры хрупкости, снижению пластических свойств, что косвенно подтверждает вероятность прохождения процесса термоокислительного старения битума на стадии производства асфальтобетона. Асфальтобетоны, содержащие в составе такой битум менее стойки к многократным воздействиям динамических транспортных нагрузок, что вероятно является одним из факторов, влияющих на образование дефектов.

Таблица 1

Компонентный состав битумов исследуемых проб щебеночно-мастичных асфальтобетонов

Марка ЩМА, номер пробы	Содержание битума, мас. %	Компонентный состав битума, мас. %			
		асфальтенов	смола	масел (углеводородов)	твердых парафинов
ЩМА-10, Проба 1	7,2	37,6	20,8	38,3	3,3
ЩМА-15, Проба 2	7,7	31,1	23,1	42,6	3,2
ЩМА-15, Проба 3	7,6	36,7	16,8	43,4	3,1
ЩМА-10, Проба 4	6,6	23,7	26,0	49,8	2,5
ЩМА-10, Проба 5	9,0	40,0	29,1	26,8	4,1
ЩМА-15, Проба 6	7,7	33,7	36,0	24,8	5,5
ЩМА-15, Проба 7	7,1	30,2	31,3	35,1	3,4
ЩМА-10, Проба 8	8,3	29,8	27,6	38,8	3,8

На втором этапе исследований была проведена оценка минералогического состава щебня, входящего в состав асфальтобетона, а также изучена структура его частиц.

Важным условием обеспечения долговечности асфальтобетона, в частности щебеночно-мастичного, являются прочностные показатели и минералогический состав материалов, применяемых в качестве крупного заполнителя минеральной части смеси, поскольку его свойства и определяют степень прочности каркаса макроструктуры асфальтобетона, обеспечивающего как его высокие прочные показатели, так устойчивость к сдвиговым деформациям, выраженную в показателе сдвигоустойчивости. Установлено, что в составе исследованных ЩМА использовался щебень, имеющий сравнительно высокий показатель марки по дробимости 1200-1400 (табл. 2).

Таблица 2

Характеристика материалов щебеночно-мастичных асфальтобетонов

№ п/п	Марка ЩМА, номер пробы	Характеристика материалов щебеночно-мастичного асфальтобетона	
		марка битума и его дозировка	марка щебня
1	ЩМА-10, Проба 1, 4, 5, 8	БНД 60/90, дозировка битума – 6 %	1200
2	ЩМА-15, Проба 2, 3, 6, 7	ПБВ-60, дозировка ПБВ – 5,6 %	1400

Визуальное исследование зерен щебня с использованием линзы позволило оценить степень однородности породы, ее цвет, текстурные характеристики (сланцеватость, полосчатость, массивность) и др. Главной особенностью структуры породы является степень ее измененности, то есть наличие в структуре минералов, отличных по составу от основной породы.

Для ее оценки были проведены петрографические исследования зерен щебня. Проводились они на прозрачных шлифах (пластинках) с использованием поляризационного микроскопа «ПОЛАМ Л-213» со специальными насадками для фотографирования и комплектом компьютерных программ для обработки полученной информации.

Для этого из частиц щебня изготавливались тонкие пластины толщиной 2-3 мм. Далее они шлифовались, полировались и закреплялись на предметном стекле с помощью

клея. Далее верхняя часть пластины дополнительно стачивалась до толщины 30-35 мкм. При данных условиях было возможно произвести весь комплекс петрографических исследований, в том числе: определить минералогический состав пород, размерность зерен породообразующих минералов, вторичных и акцессорных минералов, их взаимоотношения между собой (прорастания, замещения).

В нашей работе эта методика позволила получить следующие характеристики: тип породы, ее минералогический состав и степень измененности, количественное содержание вредных минеральных примесей и т.п.

Результаты исследований пород сопоставлялись с требованиями ГОСТ 32703-2014.

Было установлено, что щебень в составе ЦМА по составу соответствовал проектной документации и представлен породами титаномагнетитовой руды, габбро-диабаз и его переходными разновидностями. При этом некоторые породы имеют дефекты структуры и вредные минеральные примеси, в количестве до 35 % по объему (табл. 3).

Таблица 3

Исследование петрографического состава пород щебня в составе асфальтобетонного покрытия

Номер пробы	Марка щебня по истираемости	Генезис и тип горной породы по паспортным данным	Соответствие паспортных данных петрографическому анализу	Вредные минеральные примеси, %
Проба 1, 2	И-1	Интрузивная порода титаномагнетитовые руды	соответствует	от 14 до 17
Проба 3, 4	И-1	Интрузивная порода габбро-диабаз	соответствует	от 16 до 20
Проба 5	И-1	Интрузивная порода габбро-диабаз, диорит-диабаз, диабаз-диорит	соответствует	от 8 до 12
Проба 6			соответствует	от 18 до 35
Проба 7			соответствует	от 10 до 35
Проба 8	И-1	Интрузивная порода габбро-диабаз	соответствует	от 8 до 28

Ранее, содержание таких соединений не регламентировалось, но в соответствии с введенным в действие ГОСТ 32703-2014 их количество в составе щебня не должно превышать 15 %.

В табл. 3 приведены результаты петрографических исследований щебня, выделенного из проб-кernов асфальтобетонов, отобранных с дефектных участков. Приведен минералогический состав, а также количество вредных минеральных примесей в процентах от объема.

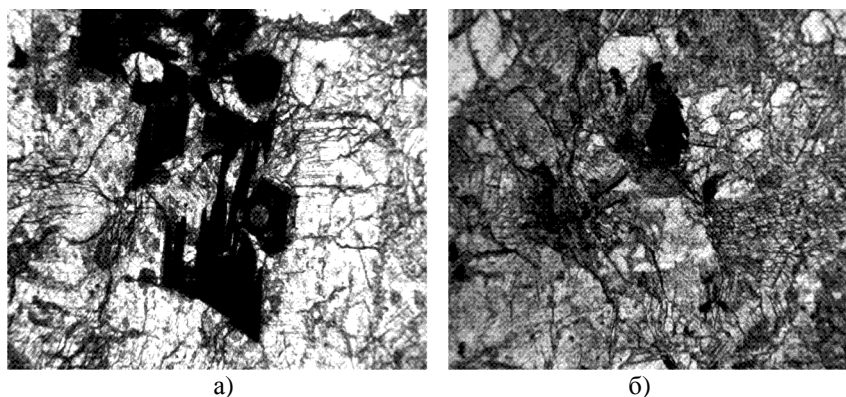


Рис. 2. Структура микрошлифа щебня, выделенного из kernов щебеночно-мастичного асфальтобетона (проба 1 и 2 соответственно): а) участок с дефектами покрытия; б) участок без дефектов покрытия

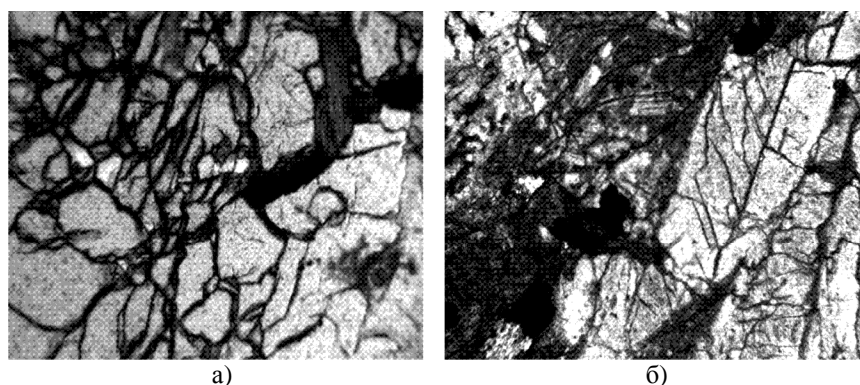


Рис. 3. Структура микрошлифа щебня, выделенного из кернов щебеночно-мастичного асфальтобетона (проба 3 и 4 соответственно): а) участок с дефектами покрытия; б) участок без дефектов покрытия

На рис. 2 и 3 приведены изображения микрошлифов поверхности частиц щебня. В области приведенных структур визуально наблюдаются трещиноватые новообразования неоднороднозернистых пород, что свидетельствует об образовании в основном породообразующем минерале частиц слабых пород и вредных примесей и, как следствие, приводит к преждевременному разрушению щебня в составе ЩМА.

Таким образом, в ходе проведенных экспериментов было показано, что преждевременному разрушению асфальтобетонных покрытий автомобильных дорог может способствовать изменение группового состава битума и минералогического состава горных пород, с образованием вредных примесей. Поэтому, при подборе материалов для составов асфальтобетонов необходимо учитывать, что интенсивность старения битума определяется компонентным составом сырья, а также характером и длительностью температурного воздействия на него, а степень измененности горной породы для производства щебня характеризуется ее возрастом.

По нашему мнению, в производственных условиях, необходимо разрабатывать и внедрять экспресс-методики по оценке группового состава битумов на стадии входного контроля качества, с целью выявления их склонности к термоокислительному старению и определения содержания парафинов, отрицательно влияющих на адгезионные свойства. Также современные методы контроля эксплуатационных свойств асфальтобетонов должны опираться на изучение структуры заполнителей и наличия в их составе вредных примесей методами петрографии на стадии разведывательных работ в карьерах, что должно повысить транспортно-эксплуатационные показатели асфальтобетонов и их долговечность.

Стоит отметить, что немаловажное значение имеет также совершенствование контроля за технологией и качеством производства работ.

Список библиографических ссылок

1. Углова Е. В. Моделирование деформирования нежестких дорожных конструкций при воздействии движущего транспорта // Известия вузов. Строительство. 2009. № 34. С. 31–35.
2. Юшков Б. С., Сергеев А. С., Бажуков Н. М. Причины возникновения колеи на автомобильных дорогах // Экология и научно-технический прогресс. Урбанистика. 2015. № 1. С. 401–407.
3. Костельов М. П., Перевалов В. П., Пахаренко Д. В. Практика борьбы с колеями асфальтобетонных покрытий может быть успешной // Дорожная техника. 2011. С. 54–70.
4. Подольский В. П., Нгуен В. Л., Черноусов Д. И. Причины колееобразования на асфальтобетонных покрытиях и методы повышения их деформативной устойчивости в условиях Южного Вьетнама // Научный вестник ВГАСУ. Строительство и архитектура. 2013. № 1 (29). С. 57–65.

5. Хафизов Э. Р., Фомин А. Ю. Применение модифицированных битумов для дорожного строительства Республики Татарстан // Известия КГАСУ. 2014. № 4 (30). С. 303–307.
6. Хафизов Э. Р., Фомин А. Ю. Применение полимерасфальтобетонных покрытий на автомобильных дорогах Республики Татарстан // Известия КГАСУ. 2015 № 4 (34). С. 312–316.
7. Хафизов Э. Р., Вдовин Е. А., Ильина О. Н., Фомин А. Ю. Исследование физико-механических свойств многощебенистых асфальтобетонов с использованием полимерно-битумных вяжущих // Известия КГАСУ. 2016. № 1 (35). С. 211–215.
8. Nakseok K. Development of a Practical Rutting Characterization Method for Bituminous Mixtures // Journal of the Korea Society of Disaster Information. 2014. Vol. 10, № 1. P. 25–32.
9. Kerboua Mohammed, Megnounif A., Benguediab M., Benrahou Kh., Kaoulala F. Bituminous Materials with a High Resistance to Flow Rutting // American Journal of Civil Engineering and Architecture. 2014. Vol. 2, № 1. P. 1–11.
10. Jason P., Tremblay M. S., Jennifer M. V., Fitch P. E. Impacts of Studded Tires on Pavement and Associated Socioeconomics Final Report // Federal Highway Administration Division Office Federal Building Montpelier, VT 05602, February, 2011.

Khafizov E.R. – candidate of technical sciences, associate professor

E-mail: hafizov@kgasu.ru

Vdovin E.A. – candidate of technical sciences, associate professor

E-mail: vdovin@kgasu.ru

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

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

Mavliev L.F. – assistant

E-mail: lenarmavliev@yandex.ru

Bulanov P.E. – post-graduate student

E-mail: f_lays@mail.ru

Kazan State University of Architecture and Engineering

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

Modern methods of assessment of operating ability of road asphalt concrete

Problem statement. To investigate road asphalt concrete on sites of the coverings having defects in the form of hollows, track, cracks of peeling.

Results. The carried-out comparative analysis of components in asphalt concrete has shown what compositions of the applied bitumens are characterized by the increased maintenance of asfalten. It is also found that the structure of the breeds included in the major mineral aggregates of bituminous concrete has defects contain harmful impurities.

The revealed deviations from requirements of normative documentation can influence the decrease in durability of asphalt concrete and its premature destruction.

Conclusions. Modern inspection methods of operating ability of asphalt concrete have to rely on studying of component composition of bitumens and raw materials for its production, and also the structure of fillers and existence in their composition of harmful impurity by petrography methods at the stage of prospecting works in the pits that has to raise transport and operational indicators of asphalt concrete and their durability.

Keywords: highway, bitumen, crushed stone, asphalt concrete, defect.

References

1. Uglova E. V. Modeling of deformation of nonrigid road designs at influence of driving transport // Izvestiya vuzov. Stroitel'stvo. 2009. № 34. P. 31–35.
2. Yushkov B. S., Sergeyev A. S., Bazhukov N. M. The causes of a track on highways // Ekologiya i nauchno-texnicheskij progress. Urbanistika. 2015. № 1. P. 401–407.

3. Kostelyov M. P., Pakharenko V. P., Pakharenko D. V. Practice of fight against rutting of asphalt concrete coverings can be successful // *Dorozhnaya texnika*. 2011. P. 54–70.
4. Podolsk V. P., Nguyen V. L., Chernousov D. I. The reasons of rut forming on asphalt concrete coverings and methods of increase of their deformative stability in the conditions of the Southern Vietnam // *Nauchnyj vestnik VGASU. Stroitelstvo i arhitektura*. 2013. № 1 (29). P. 57–65.
5. Khafizov E. R., Fomin A. Y. Application of the modified bitumens for the travelling building of the Republic of Tatarstan // *Izvestiya KGASU*. 2014. № 4 (30). P. 303–307.
6. Khafizov E. R., Fomin A. Y. Application the polymer asphaltic concrete of coverings on highways of the Republic of Tatarstan // *Izvestiya KGASU*. 2015. № 4 (34). P. 312–316.
7. Khafizov E. R., Vdovin E. A., Ilina O. N., Fomin A. Y. Research of physicomechanical properties of crushed stone asphalt concrete with use of polymeric and bituminous knitting // *Izvestiya KGASU*. 2016. № 1 (35). P. 211–215.
8. Nakseok K. Development of a Practical Rutting Characterization Method for Bituminous Mixtures // *Journal of the Korea Society of Disaster Information*. 2014. Vol. 10, № 1. P. 25–32.
9. Kerboua Mohammed, Megnounif A., Benguediab M., Benrahou Kh., Kaoulala F. Bituminous Materials with a High Resistance to Flow Rutting // *American Journal of Civil Engineering and Architecture*. 2014. Vol. 2, № 1. P. 1–11.
10. Jason P., Tremblay M. S., Jennifer M. V., Fitch P. E. Impacts of Studded Tires on Pavement and Associated Socioeconomics Final Report // *Federal Highway Administration Division Office Federal Building Montpelier, VT 05602*, February, 2011.