

МЕТОДЫ РЕГУЛИРОВАНИЯ СВОЙСТВ ЩЕБЕНОЧНО-МАСТИЧНОГО АСФАЛЬТОБЕТОНА

В России за последние десять лет при устройстве покрытий дорог с высокой грузонапряженностью щебеночно-мастичный асфальтобетон находит все более широкое применение. Популярность этого материала обусловлена его высокими транспортно-эксплуатационными показателями по сравнению с традиционными асфальтобетонами. Основными преимуществами щебеночно-мастичного асфальтобетона являются его высокая сдвигоустойчивость, высокое значение коэффициента сцепления с колесом автомобиля, высокое сопротивление постоянной деформации, устойчивость к старению и снижение стоимости обслуживания. Выводы о хорошем состоянии покрытий из щебеночно-мастичного асфальтобетона были сделаны на основании результатов регулярных обследований состояния автомагистралей, работающих в тяжелых условиях эксплуатации, как в России, так и за рубежом.

С учетом положительного опыта Росавтодором РФ принято решение о расширенном применении щебеночно-мастичного асфальтобетона на федеральных дорогах России при условии обязательного научно-технического сопровождения строительства.

За истекший период был накоплен богатый зарубежный и отечественный опыт применения щебеночно-мастичных асфальтобетонов при устройстве верхних слоев дорожных покрытий с шероховатой поверхностью.

В работе представлены достоинства и недостатки применения щебеночно-мастичного асфальтобетона и отражены наиболее важные аспекты этого весьма перспективного направления развития дорожной технологии.

Отмечено, что для обеспечения надежного функционирования дорожных сетей и строительства новых необходимо улучшение качества дорожных покрытий, снижение стоимости производства и укладки асфальтобетонов, повышение долговечности, увеличение межремонтных сроков и сокращение расходов на ремонт и содержание автомобильных дорог. В связи с чем проведен анализ литературных источников и сделан вывод о методах модификации щебеночно-мастичного асфальтобетона. Рассмотрена возможность использования добавок-стабилизаторов для модификации структуры и свойств щебеночно-мастичного асфальтобетона.

Представлены наиболее востребованные добавки, отражен принцип их действия и основные достоинства и недостатки.

Ключевые слова: щебеночно-мастичный асфальтобетон, битум, добавки, стабилизаторы.

PROPERTY CONTROL METHODS CRUSHED STONE MASTIC ASPHALT CONCRETE

In Russia, over the past ten years, rubble-mastic asphalt concrete has been increasingly used in the construction of road surfaces with high load-tightness. The popularity of this material is due to its high transport and operational indicators compared to traditional asphalt concrete. The main advantages of crushed stone-mastic asphalt concrete are its high shear resistance, a high value of the coefficient of adhesion to the car wheel, high

resistance to constant deformation, resistance to aging and reduced maintenance costs. Conclusions about the good condition of pavements made of crushed stone-mastic asphalt concrete were made on the basis of the results of regular surveys of the state of highways operating in difficult operating conditions, both in Russia and abroad.

Taking into account the positive experience, Rosavtodor of the Russian Federation made a decision on the expanded use of crushed stone-mastic asphalt concrete on the federal roads of Russia, subject to the mandatory scientific and technical co-construction.

Over the past period, a rich foreign and domestic experience has been accumulated in the use of crushed stone-mastic asphalt concrete when arranging the upper layers of road surfaces with a rough surface.

The work presents the advantages and disadvantages of the use of crushed stone-no-mastic asphalt concrete and reflects the most important aspects of this very promising direction of development of road technology.

It was noted that in order to ensure the reliable functioning of road networks and the construction of new ones, it is necessary to improve the quality of road surfaces, reduce the cost of producing and laying asphalt concrete, increase durability, increase repair times and reduce the cost of repairing and maintaining roads. In this regard, an analysis of literary sources was carried out and a conclusion was made on the methods of modifying crushed stone-mastic asphalt concrete. Possibility of using stabilizing additives for modification of structure and properties of crushed stone-mastic asphalt concrete is considered.

The most popular additives are presented, the principle of their operation and the main advantages and disadvantages are reflected.

Keywords: *crushed stone-mastic asphalt concrete, bitumen, additives, stabilizers.*

Производство асфальтовых материалов занимает одно из ведущих мест в строительной индустрии. Около 80 % выпускаемой в России продукции используется для устройства дорожных покрытий, остальные 20 % применяются в промышленном и гражданском строительстве [1]. Покрытия из асфальтобетона составляют большую часть от протяженности всех автомобильных дорог, имеющих твердое покрытие [2]. Для обеспечения надежного функционирования дорожных сетей и строительства новых необходимо улучшение качества дорожных покрытий, снижение стоимости производства и укладки асфальтобетонов, повышение долговечности, увеличение межремонтных сроков и сокращение расходов на ремонт и содержание автомобильных дорог.

Изучению теории, структуры, свойств, составов и технологии асфальтобетонов посвящены работы многих отечественных и зарубежных ученых. В работах Богуславского А.М., Волкова М.И., Гезенцвея Л.Б., Горлышева Н.В., Королева И.В., Печеного Б.Г., Ребиндера П.А., Руденского А. В., Рыбьева И.А., Сахарова П.В. и других ученых раскрываются вопросы проектирования составов, технологии производства и применения асфальтобетонов в дорожном, промышленном и гражданском строительстве, а также разра-

ботаны основополагающие принципы теории асфальтобетона [3-18].

Свойства асфальтобетона определяются преимущественно его структурой. Изучению структуры асфальтобетона и его свойств, а также установлению их взаимосвязи посвящены работы Ковалева Я.Н., Котлярского Э.В., Рыбьева И.А. и др. [19]. Структура асфальтобетона, расположение компонентов смеси относительно друг друга и в пространстве, механизм взаимодействия между ними зависят в основном от плотности и пористости минерального остова, структуры и количества вяжущего вещества, а также от плотности упаковки зерен. Все предложенные методы расчета оптимальных структур и составов минеральной части асфальтобетона сводятся к единой цели – создание более плотных асфальтобетонных смесей, имеющих минимальный объем пор, заполненных асфальтовой мастикой [20,21].

Получение заданных технологических и строительно-технических свойств асфальтобетона, по мнению И.В. Королева [21], возможно при разрушении начальных атомных связей между минеральными частицами и обволакивание их пленкой битума заданной толщины; строгое соблюдение заданной вязкости системы на всех стадиях структурообразования; выбор технологии, при которой

в исходном материале уменьшилось бы количество «природных» дефектов и исключалось появление «наведенных» дефектов в асфальтовых системах. При перемешивании материала на поверхности щебня образуются структурированные оболочки вяжущего - битумные пленки. Вязкость, пластичность и когезионная прочность вяжущего меняются в процессе удаления от минеральной подкладки и зависят от степени пористости минеральных компонентов и количества структурированного битума [22,23].

Для повышения качества дорожных покрытий необходимо использование дорожно-строительных материалов, которые обладают плотной и однородной структурой, водонепроницаемостью, устойчивостью к сдвиговым деформациям и трещинообразованию, высокой износостойкостью. Одним из таких материалов является щебеночно-мастичный асфальтобетон.

Щебеночно-мастичной асфальтобетонной смесью (ЩМА) называется рационально подобранная смесь минеральных материалов, дорожного битума и стабилизирующей добавки, взятых в определенных пропорциях и перемешанных в нагретом состоянии [22,23].

По своему структурному строению, по соотношению и содержанию компонентов смеси, ЩМА отличается от других типов асфальтобетона, поэтому его относят к самостоятельному виду дорожностроительных материалов.

Отличием ЩМА от традиционных типов асфальтобетона является жесткая каркасная структура, благодаря которой передача нагрузки непосредственно с поверхности покрытия на нижележащие слои осуществляется через отдельные крупные частицы щебня, соприкасающиеся между собой. Именно поэтому, щебеночно-мастичный асфальтобетон менее подвержен деформациям в продольном и поперечном направлениях [24].

Недостатком применения ЩМА является появление битумных пятен на поверхности покрытия после уплотнения. Это говорит о высоком содержании вяжущего и недостаточной стабилизирующей способности использовавшихся добавок [24,25].

В Европе ЩМА используют в строительстве взлетно-посадочных полос и при ремонте цементобетонных покрытий на автобанах. Кроме того ЩМА применяется при строительстве мостовых сооружений.

В России щебеночно-мастичные асфальтобетоны по крупности щебня подразделяют на 3 основные марки: ЩМА-10, ЩМА-15,

ЩМА-20. За рубежом широко распространены марки ЩМА с максимальным размером щебня 8, 10, 11, 16, 22 мм. ЩМА рекомендуется применять при устройстве верхних слоев дорожной одежды на дорогах любых категорий и городских улицах в I-V климатических зонах, а также на аэродромах при устройстве взлетно-посадочных полос и в местах стоянки воздушных судов. Толщину устраиваемого слоя в зависимости от марки ЩМА назначают в пределах от 3 до 6 см.

В качестве вяжущих используют не только битумы нефтяные дорожные, но и полимерно-битумное вяжущее.

На сегодняшний день покрытия из ЩМА имеют более высокую долговечность, так как по основным эксплуатационным показателям качества они на много превосходят стандартные плотные асфальтобетоны. По сравнению с асфальтобетоном пористость минерального остова ЩМА выше и увеличивается пропорционально содержанию битума. Повышение количества вяжущего ведет к увеличению пористости минерального остова ЩМА. Рационально подобранный ЩМА оптимально сочетает в себе жесткость при сжатии и сдвиге, податливость и высокую деформативность при растяжении.

По сравнению с традиционными асфальтобетонами, которые имеют плотную многоуровневую структуру, ЩМА характеризуется каркасно-щелевой структурой, благодаря чему имеет высокие показатели сдвигоустойчивости, трещиностойкости, а так же устойчивость к разрушениям под действием транспорта и климатических факторов, повышенный срок службы покрытий и более низкий уровень шума при движении транспорта [20-25].

Недостатком применения ЩМА является появление битумных пятен на поверхности покрытия после уплотнения. Это говорит о высоком содержании вяжущего и недостаточной стабилизирующей способности использовавшихся добавок [20-22].

Для регулирования свойств ЩМА в настоящее время применяют ряд стабилизирующих добавок, которые являются важнейшим компонентом в составе ЩМА и оказывают структурирующее влияние на смесь, предотвращая сегрегацию и отслоение битума при высоких температурах на всех этапах производства и укладки [26]. В качестве стабилизирующих добавок изначально применяли асбест и резиновую крошку, а позднее термопласты, целлюлозные и минеральные волокна, волластонит.

На сегодняшний день наиболее распро-

страненными являются стабилизирующие добавки из целлюлозы, представленные в виде фибриллизованного волокна или гранул [9,19,24]. Одними из самых широко используемых стабилизирующих добавок на сегодняшний день являются добавки типа Viator, Technocel, Topcel, Genicel, Хризотоп, СД-3 ГБЦ, СД Арמידон, Стиллобит. Кроме целлюлозных волокон находят применение и добавки из акриловых волокон, такие как Dolanit, а так же из льна [19,24].

Применение в ЩМА в качестве стабилизирующей добавки резинового термоэластопласта (РТЭП) который представляет собой многокомпонентную смесь полиолефинового полимера и дорожного битума. Введение добавки в состав асфальтобетонных смесей повышает вязкость асфальтобетона, в том числе увеличивает трещиностойкость и долговечность на растягивающие усилия, а также длительные динамические нагрузки [19,24].

Гранулированная полимерная добавка СЕВИПАВ [24] состоит из битума и полиамидного волокна, а в качестве полимерно-армирующей добавки содержит отход гидроизоляции трубопроводов – АрмПЭВА, представляющий собой отход двухслойной ленты усадочного материала для изоляции труб, состоящий из слоя адгезионной активной композиции. Применение добавки СЕВИПАВ улучшает сопротивление смеси к расслоению, повышает прочность на сдвиг, прочность на сжатие при 50оС, прочность на растяжение при 0оС.

Еще одним представителем полимерных добавок является гранулированная добавка «ВЕСТОПЛАСТ» [19,24]. Добавка вводится в минеральную часть смеси вместе с минеральным порошком, расплавляется в смесителе при технологических температурах перемешивания, после чего адсорбируется на поверхности минеральных зерен, способствуя сохранению однородности смеси при достаточно высоком содержании битума.

Использование стабилизирующих добавок снижает сегрегацию и положительно влияет на некоторые свойства ЩМА. Например, такие добавки могут существенно повышать температуру размягчения битума и снижать его пенетрацию, а также улучшать адгезию битума и повышать устойчивость к образованию колеи [9,19,24]. Недостатком применения добавок стабилизаторов является их высокая стоимость.

В последнее время находит применение ЩМА на специально разработанном вяжущем БИТРЭК или на основе техногенного

сырья. В качестве стабилизирующих добавок применяют волокнистые отходы промышленности, при этом удешевляется производство, и повышаются некоторые физико-механические свойства асфальтобетона.

Некоторые зарубежные фирмы предлагают применять в качестве добавок отходы производства – капроновые, полиэтиленовые, полипропиленовые волокна. При их использовании наблюдается улучшение технологических и физико-механических качеств асфальтобетонов.

В Германии при строительстве отдельных участков дорог использовали ЩМА, модифицированные отходами текстильного производства с общей долей отходов в смеси до 2% [18,25,26]. Отмечалось повышение упругости, уменьшение деформативности, высокая устойчивость к влиянию низких температур. Однако наблюдалось и увеличение влагоемкости.

В США при укладке асфальтобетона и при ремонте дорог в ЩМА использовалось вяжущее с добавлением синтетических волокон длиной около 9- 10 мм [18], что положительно повлияло на трещиностойкость. В случае применения синтетических волокон необходим жесткий контроль температурного режима. При низкой температуре приготовления волокна не растягиваются и плохо перемешиваются, а при слишком высокой – рвутся.

Еще одним перспективным направлением является производство ЩМА с комплексной структурирующей добавкой, например Viator-66. Данная добавка должна содержать полимерный модификатор и стабилизирующий армирующий компонент [23]. Применение структурирующей добавки повышает качество вяжущего и стабилизацию смеси, что упростит технологию и стоимость ЩМА.

Покрытия из ЩМА благодаря своей текстуре и шероховатости отлично поглощают шум при движении транспорта и являются более безопасными. Кроме того ЩМА является более долговечным материалом и обладает лучшими характеристиками при эксплуатации и ремонте, что в значительной мере оправдывает затраты на производство.

Заключение

Рассмотренные выше способы активации ЩМА актуальны для дорожного и гидротехнического строительства. Выбор того или иного способа активации прежде всего должен быть обусловлен его экономическими характеристиками и эффективностью.

Литература

1. Давыдов, В. Н. Изготовление изделий из асфальтобетонных смесей: учеб. пособие [Текст] / В. Н. Давыдов. – М.: Издательство АСВ, 2003. – 208 с.
2. Алхимова, Н. Задача первостепенного значения [Текст] / Н. Алхимова // Автомобильные дороги. – 2006. – №11. – С. 8-11.
3. Рыбьев, И. А. Асфальтовые бетоны [Текст] / И. А. Рыбьев. – М.: Высшая школа, 1969. – 399 с.
4. Королев, И. В. Дорожно-строительные материалы [Текст] / И. В. Королев, В. Н. Финашин, Г. К. Фендер. – М.: Транспорт, 1988. – 304 с.
5. Дорожный асфальтобетон [Текст] / Н. Н. Иванов [и др.] ; под ред. Л. Б. Гезенцвей. – М.: Транспорт, 1976. – 336 с.
6. Рыбьев, И. А. Строительное материаловедение [Текст] / И. А. Рыбьев. – М.: Высшая школа, 2002. – 701 с.
7. Гезенцвей, Л. Б. Асфальтовый бетон [Текст] / Л. Б. Гезенцвей. – М.: Стройиздат, 1964. – 477 с.
8. Печеный, Б. Г. Битумы и битумные композиции [Текст] / Б. Г. Печеный. – М.: Химия, 1990. – 256 с.
9. Гезенцвей Л. Б. Асфальтовый бетон из активированных минеральных материалов [Текст]. – М.: Стройиздат, 1971. – 225 с.
10. Богуславский, А. М. Асфальтобетонные покрытия [Текст] / А. М. Богуславский, Л. Г. Ефремов. – М.: МАДИ, 1981. – 146 с.
11. Королев, И. В. Асфальтобетонные покрытия [Текст] / И. В. Королев, В. А. Золотарев, В. А. Ступивцев. – Донецк: Издательство «Донбасс», 1970. – 161 с.
12. Сюньи, Г. С. Дорожный асфальтовый бетон [Текст] / Г. С. Сюньи. – Киев: Литература по строительству и архитектуре УССР, 1962. – 235 с.
13. Волков, М. И. Асфальтобетонные покрытия [Текст] / М. И. Волков. – Донецк: Донбасс, 1970. – 162 с.
14. Богуславский, А. М. Основы реологии асфальтобетона [Текст] / А. М. Богуславский, А. А. Богуславский. – М.: Высшая школа, 1972. – 200 с.
15. Руденский, А. В. Реологические свойства битумо-минеральных материалов [Текст] / А. В. Руденский, И. М. Руденская. – М.: Высшая школа, 1971. – 131 с.
16. Стабников, Н. В. Асфальтополимерные материалы для гидроизоляции промышленных и гидротехнических сооружений [Текст] / Н. В. Стабников. – Л.: Стройиздат, 1975. – 146 с.
17. Stabnikov, N. V. Besonderheiten beim Bau von Asphaltbetondeckungen für wasserbauten in der Sowjetunion [Text] / N. V. Stabnikov, S. N. Poptchenko, G. V. Bousow // Wissenschaftliche Zeitschrift der Hochschule für Architektur und Bauwesen. – Weimar 21 jahragang. – 1974.
18. Ковалев, Я. Н. Активационные технологии дорожных композиционных материалов (научно-практические основы) [Текст] / Я. Н. Ковалев. – Мн.: Беларуская Энцыклапедыя, 2002. – 334 с.
19. Панина, Л. Г. К вопросу об однородности структуры конгломератов из битумо-минеральных смесей [Текст] / Л. Г. Панина // Сб. научн. тр.: Пути экономии материальных и энергетических ресурсов при ремонте и реконструкции автомобильных дорог. – М: ЦБНТИ Минавтодора РСФСР. 1989. – Вып. 1 – С. 11- 20.
20. Королев, В. И. Принципы направленного структурообразования асфальтобетона [Текст] / В. И. Королев // Управление структурообразованием, структурой и свойствами дорожных бетонов: материалы докладов всесоюзной конференции. – Харьков, 1983. – С. 8-9.
21. Руденская, И. М. Органические вяжущие для дорожного строительства [Текст] / И. М. Руденская, А. В. Руденский. – М.: Транспорт, 1984, – 229 с.
22. Кучма, М. И. Поверхностно-активные вещества в дорожном строительстве [Текст] / М. И. Кучма. – М.: Транспорт, 1980. – 191 с.
23. Королев, И. В. Строение и свойства граничных слоев битума на минеральном зерне [Текст] / И. В. Королев, Т. А. Ларина // Асфальтобетонные и черные облегченные покрытия автомобильных дорог: материалы Всероссийского совещания дорожников. – М.: Союздорнии, 1981. – С. 38-40.

24. Splittmastixasphalt mint Zusatz von synthetischen Fasern. Schumacher Gunter, Bullinger Ludvig, Lehdrich Jürgen Bitumen [Text]. – 2002. – №4. – P. 157-158.
25. Brawn, E. R. Performance of Stone Matrix Asphalt (SMA) mixtures in the United States [Text] / E. R. Brawn, J. E. Haddock, R. B. Mallick. – National Center for Asphalt Technology, 1997. – 32 p.

References

1. Davydov, V.N. Making products from asphalt concrete mixtures: educational special [Text] / V.N. Davydov. – M.: DIA Publishing House, 2003. – 208 p.
2. Alkhimova, N. The task of paramount importance [Text] / N. Alkhimova // Highways. – 2006. – №11. – P. 8-11.
3. Rybyev, I. A. Asphalt concretes [Text] / I. A. Rybyev. – M.: Higher School, 1969. – 399 p.
4. Korolev, I.V. Road-building materials [Text] / I.V. Korolev, V.N. Finashin, G.K. Fender. – M.: Transport, 1988. – 304 p.
5. Road asphalt concrete [Text] / N. N. Ivanov [and others]; ed. L. B. Gesenzwei. – M.: Transport, 1976. – 336 p.
6. Rybyev, I. A. Construction materials science [Text] / I. A. Rybyev. – M.: Higher School, 2002. – 701 p.
7. Gesenzwei, L.B. Asphalt Concrete [Text] / L.B. Gesenzwei. – M.: Stroyizdat, 1964. – 477 p.
8. Pecheny, B. G. Bitumen and bitumen compositions [Text] / B. G. Pecheny. – M.: Chemistry, 1990. – 256 p.
9. Gesenzwei L. B. Asphalt concrete made of activated mineral materials [Text]. – M.: Stroyizdat, 1971. – 225 p.
10. Boguslavsky, A.M. Asphalt concrete coatings [Text] / A.M. Boguslavsky, L. G. Efremov. – M.: MADI, 1981. – 146 p.
11. Korolev, I.V. Asphalt concrete coatings [Text] / I.V. Korolev, V.A. Zolotarev, V.A. Stupitvsev. – Donetsk: Donbass Publishing House, 1970. – 161 p.
12. Xiunyi, G. S. Road asphalt concrete [Text] / G. S. Xiunyi. – Kyiv: Literature on the construction and architecture of the Ukrainian SSR, 1962. – 235 p.
13. Volkov, M.I. Asphalt concrete coatings [Text] / M.I. Volkov. – Donetsk: Donbass, 1970. – 162 p.
14. Boguslavsky, A.M. Fundamentals of asphalt concrete rheology [Text] / A.M. Boguslavsky, A. A. Boguslavsky. – M.: Higher School, 1972. – 200 p.
15. Rudensky, A. V. Rheological properties of bitumomineral materials [Text] / A. V. Rudensky, I. M. Rudenskaya. – M.: Higher School, 1971. – 131 p.
16. Stabnikov, N.V. Asphalt polymer materials for waterproofing of industrial and hydraulic structures [Text] / N.V. Stabnikov. – L.: Stroyizdat, 1975. – 146 p.
17. Stabnikov, N. V. Besonderheiten beim Bau von Asphaltbetondichtungen für wasserbauten in der Sowjetunion [Text] / N. V. Stabnikov, S. N. Poptchenko, G. V. Bousow // Wissenschaftliche Zeitschrift der Hochschule für Architektur und Bauwesen. – Weimar 21 Jahrgang. – 1974.
18. Kovalev, Y.N. Activation technologies of road composite materials (scientific and practical foundations) [Text] / Y.N. Kovalev. – Mn.: Belarusskaya Entsiklopedyya, 2002. – 334 p.
19. Panina, L. G. To the question of the homogeneity of the structure of conglomerates from bitumomyperal mixtures [Text] / L. G. Panina // Sat. scientific tr.: Ways to save material and energy resources during the repair and reconstruction of motor roads. – M.: TsBNTI Minavtodor of the RSFSR. 1989. – № 1- P. 11- 20.
20. Korolev, V. I. Principles of directed structure formation of asphalt concrete [Text] / V. I. Korolev // Management of structure formation, structure and properties of road concretes: materials of reports of the All-Union Conference. – Kharkov, 1983. – P. 8-9.
21. Rudenskaya, I. M. Organic binders for road construction [Text] / I. M. Rudenskaya, A. B. Rudensky. – M.: Transport, 1984, – 229 p.
22. Kuchma, M.I. Surfactants in road construction [Text] / M.I. Kuchma. – M.: Transport, 1980. – 191 p.
23. Korolev, I.V. The structure and properties of the boundary layers of bitumen on mineral grain [Text] / I.V. Korolev, T.A. Larina // Asphalt concrete and black lightweight pavements

of roads: materials of the All-Russian meeting of road workers. – М.: Soyuzdornia, 1981. – P. 38-40.

24. Splittmastixasphalt mit Zusatz von synthetischen Fasern. Schumacher Gunter, Bullinger Ludvig, Lehdrich Jürgen Bitumen [Text]. – 2002. – №4. – P. 157-158.

25. Brawn, E. R. Performance of Stone Matrix Asphalt (SMA) mixtures in the United States [Text] / E. R. Brawn, J. E. Haddock, R. B. Mallick. – National Center for Asphalt Technology, 1997. – 32 p.

Мясникова А.А.,

к.т.н., доцент кафедры Архитектура, Южно-Уральский государственный университет, г. Челябинск, Россия. E-mail: aakirsanova@susu.ru

Myasnikova A.A.

Ph.D., as. professor of the Department of Architecture, South Urals State University, c. Chelyabinsk, Russia. E-mail: aakirsanova@susu.ru

Поступила в редакцию 19.09.2023