

УДК 625.7/8

И.Н. Кручинин¹, А.Ю. Дедюхин²

¹Уральский государственный лесотехнический университет,
Екатеринбург, Россия

²Испытательный центр «УралДорНИИ», Екатеринбург, Россия

ПОВЫШЕНИЕ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ПОКРЫТИЙ АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ ИЗ ЩЕБЕНОЧНО- МАСТИЧНЫХ АСФАЛЬТОБЕТОНОВ

Представленная работа предназначена для анализа влияния структурных связей в щебеночно-мастичных асфальтобетонах на их транспортно-эксплуатационные характеристики. В статье проведен анализ по выявлению основных эксплуатационных характеристик современных щебеночно-мастичных асфальтобетонных покрытий. Сформулирована цель и задачи исследования. Целью исследования стала разработка требований к структурной прочности минерального остова щебеночно-мастичного асфальтобетона типа ЩМА-15 и к стабилизирующим добавкам, используемым в них. Объектом исследования стал щебеночно-мастичный асфальтобетон ЩМА-15 с минеральной структурирующей добавкой «Стилобит», изготовленной с применением хризотилового волокна. Работа содержит комплексное исследование влияния структурной прочности минерального остова на эксплуатационные показатели ЩМА и исследование влияния минеральной структурирующей добавки «Стилобит» на пластические деформации бетонов. Проведен анализ влияния структурных связей на сдвиговые характеристики асфальтобетонов по критерию межзерновой пустотности. Получены результаты влияния внешней уплотняющей нагрузки на сдвигоустойчивость минерального каркаса. Приводятся основные физико-механические свойства асфальтобетона, полученные при лабораторных испытаниях. Исследовано влияние величины добавки «Стилобит» на жесткость смеси с учетом реологических свойств асфальтовязующего. Проведен подбор и обоснование необходимого количества добавки «Стилобит» для щебеночно-мастичного асфальтобетона типа ЩМА-15. Исследовано влияние количества минеральной структурирующей добавки «Стилобит» на устойчивость асфальтобетона к колееобразованию. Установлено влияние количества структурирующей добавки «Стилобит» на устойчивость к колееобразованию. Результаты подтверждены лабораторными испытаниями на устройстве Wheel Tracking Device для образцов асфальтобетона, приготовленных на роллерном компакторе. Разработаны рекомендации по технологии уплотнения щебеночно-мастичной асфальтобетонной смеси и по использованию в них структурирующей добавки «Стилобит».

Ключевые слова: асфальтобетон, ЩМА, структурная прочность минерального остова, стабилизирующая добавка, пластические деформации в асфальтобетоне, колееобразование.

I.N. Kruchinin¹, A.Iu. Dediukhin²

¹Ural State Forest Engineering University,
Ekaterinburg, Russian Federation

²Testing Center "UralDorNII", Ekaterinburg, Russian Federation

IMPROVING THE PERFORMANCE OF COATINGS OF HIGHWAYS OF STONE MASTIC ASPHALT

This work is intended to analyze the influence of structural connections in the asphalt concrete Stone Mastic Asphalt their transport and performance. The article analyzes to identify key performance Stone Mastic Asphalt modern coating. It formulated the goal and objectives of the study. The aim of the study was to develop structural strength requirements of the core mineral Stone Mastic Asphalt type SMA-15 and stabilizing additives used in them. The object of the study was Stone Mastic Asphalt SMA-15 mineral structuring additive "Stilobit" manufactured using chrysotile fiber. The work contains a comprehensive study of the impact of the structural strength of the mineral skeleton of the performance indicators SMA, and the study of the influence of mineral structuring additive "Stilobit" on the plastic deformation of concrete. The influence of the structural characteristics of shear ties on asphalt on the criterion of intergranular emptiness. The results of influence of the external load on the sealing shear stability mineral skeleton. The basic mechanical properties of asphalt concrete obtained in laboratory tests. The influence of the magnitude of the additive "Stilobit" stiffness mixture based rheology asphalt. An selection and justification of the required amount of additives "Stilobit" for Stone Mastic Asphalt concrete type SMA-15. The effect of the amount of mineral structuring additive "Stilobit" for resistance to rutting of asphalt concrete. The effect of the amount of structuring additive "Stilobit" for resistance to rutting. The results are confirmed by laboratory tests on a device Wheel Tracking Device for asphalt concrete samples prepared on a roller compactor. Recommendations on sealing technology Stone Mastic Asphalt mix and the use of them in structuring additive "Stilobit".

Keywords: Stone Mastic Asphalt, SMA, the structural strength of the mineral core, stabilizing additive, plastic deformations in asphalt concrete rutting.

В настоящее время исследования в области повышения транспортно-эксплуатационных качеств автомобильных дорог чаще всего направлены на изучение динамических процессов в конструктивных слоях. Однако специфические условия эксплуатации щебеночно-мастичных покрытий не позволяют в полной мере использовать богатый опыт, накопленный в теории асфальтобетонов. Поэтому требования к физико-механическим характеристикам покрытий определяются задачами, связанными как с исследованием внешних эксплуатационных нагрузений, так и с процессами, которые возникают при формировании структуры ЩМА.

Целью данного исследования является разработка требований к структурной прочности минерального остова и стабилизирующим добавкам в ЩМА с учетом реологических свойств асфальтовязущего.

Основными эксплуатационными характеристиками современных щебеночно-мастичных асфальтобетонных покрытий можно считать:

- Способность сопротивляться деформациям и разрушениям, что обуславливается структурной прочностью минерального остова, а также зависит от реологических характеристик вяжущих материалов, таких как вязкость, упругость и пластичность.

- Сдвигоустойчивость. Под данной характеристикой будем понимать возможность сопротивляться необратимому пластическому деформированию при многократном приложении колесной нагрузки.

- Работоспособность и долговечность покрытий. При прогнозировании этих характеристик необходим учет реологических свойств асфальтобетона, особенно при нестационарных условиях его нагружения.

С учетом сложности поставленной задачи проблема повышения транспортно-эксплуатационных характеристик ЩМА разрабатывалась в два этапа.

На первом этапе были сформулированы основные требования к структурной прочности минерального остова, на втором – были рассмотрены реологические свойства ЩМАС.

Щебеночно-мастичный асфальтобетон (ЩМА) по сравнению с плотными асфальтобетонами по ГОСТ 9128 характеризуется максимальной величиной внутреннего трения, достигаемой в результате повышенного содержания кубовидного щебня, исключения природного песка, и минимальным значением сцепления при сдвиге вследствие высокого содержания объемного битума в составе смеси [1, 2].

Для усиления их сдвиговых качеств используют более совершенные виды вяжущих, обладающие улучшенными свойствами по сравнению с битумами по ГОСТ 2245, а также различные добавки, улучшающие свойства асфальтобетонов [3, 4].

Испытания асфальтобетонов различных видов показывают, что статический предел текучести при сдвиге зависит от структуры минерального остова, а показатель сцепления обуславливается вязкостью асфальтового вяжущего вещества [5].

Таким образом, анализ условий эксплуатации и методов измерений показателей позволил сделать вывод, что в пределах действующих стандартных требований к характеристикам сдвигоустойчивости асфальтобетонов различных типов устойчивость к колееобразованию можно целенаправленно регулировать. Эти реологические показатели определяются составом и структурой применяемого асфальтобетона и могут изменяться в широких пределах в зависимости от зернового состава и качества минеральных материалов, содержания и качества

битума, применения полимерных и минеральных структурирующих добавок в смеси.

В российской и зарубежной практике сегодня применяют многощелебистые асфальтобетоны (ЩМА по ГОСТ 31015).

Для усиления их прочностных качеств применяются кубовидные щебни. Как любой дискретный материал, они имеют структурные связи. Структура и прочность слоя из таких материалов зависит от механического взаимодействия между его составными частицами. Прочность отдельных минеральных частиц здесь играет менее важную роль, чем структурные связи между ними [2, 6].

Распределение нагрузок в минеральном остове описывается контактной теорией, которая основана Г.И. Покровским [7]. В ней принимается, что давление от одной частицы к другим передается при помощи системы точек контакта и чем их больше, тем больше сопротивление дискретного тела воздействию силы, а следовательно, меньше значение приращения относительной деформации. При этом при сжатии без бокового расширения возможно только уменьшение пористости с увеличением числа точек контакта, а при сдвиге приложение большей силы приводит к уменьшению этого числа [8, 9].

Таким образом, работа слоя из дискретного материала в асфальтобетоне будет зависеть от межзерновой пустотности, размера и формы зерен материала.

Нами были проведены исследования по оценке изменения структурной прочности минерального остова из кубовидного щебня под действием внешней нагрузки.

Внешняя нагрузка состоит из статической и динамической составляющей:

$$P = P_{\text{ст}} + P_{\text{дин}}, \quad (1)$$

где $P_{\text{ст}}$ – статическая нагрузка, кН; $P_{\text{дин}}$ – динамическая нагрузка, кН.

С точки зрения структурной прочности материала важна не только величина силового воздействия, но и время приложенного импульса.

Как показано в работе [10], время импульса от транспортных средств с учетом деформации уплотняемого материала определяется по выражению

$$t_{\text{возд}} = (0,5 \dots 1,0)T, \quad (2)$$

где T – период колебания внешнего динамического воздействия, с^{-1} .

С учетом этого можно предположить, что количество циклов воздействия на материал можно определить по выражению

$$n_{\text{ц}} = t_{\text{возд}}/T. \quad (3)$$

При этом интенсивность воздействия (нагружения) на материал

$$N = n_{\text{ц}} P_{\text{дин}}. \quad (4)$$

В процессе внешнего воздействия на минеральный остов происходит накопление деформаций. На рис. 1 представлены зависимости изменения относительной деформации от количества циклов нагружений.

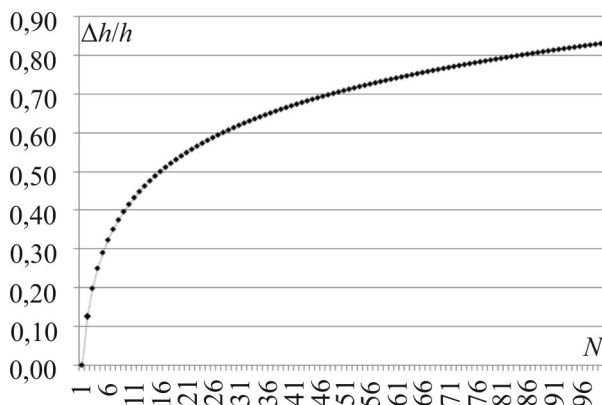


Рис. 1. Зависимость относительной деформации от количества циклов нагружений

С точки зрения структурной прочности минерального остова важно знать изменения межзерновой пустотности и ее влияние на эксплуатационные характеристики асфальтобетонов [11–13]. На рис. 2 представлены зависимости изменения межзерновой (остаточной) пустотности минерального остова из доломитового щебня марки 1200 от количества циклов внешней нагрузки.

Следует отметить, что для получения приемлемой структурной прочности минерального остова ЩМА необходимо приложить не более 50 циклов нагружений, что сопоставимо с 6–8 проходами виброкатка при уплотнении. Однако после остывания и формирования структуры ЩМА изменения структурной прочности остова не так заметны.

Начинают играть роль пластические деформации, оцениваемые реологическими свойствами вяжущих и стабилизирующих добавок [14].

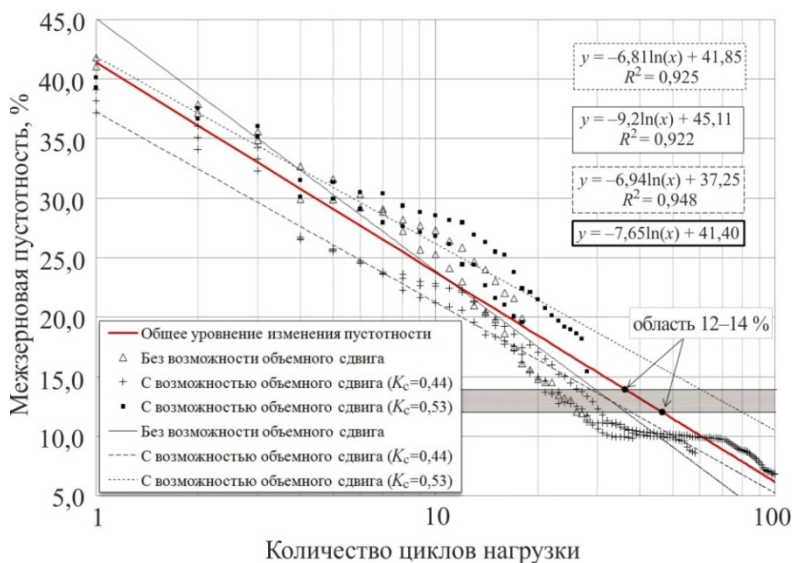


Рис. 2. Изменение межзерновой (остаточной) пустотности минерального остова из доломитового щебня марки 1200 в зависимости от количества циклов внешней нагрузки

На втором этапе был проведен комплекс лабораторно-исследовательских работ по оценке влияния стабилизирующих добавок типа «Стилобит» на комплексные физико-механические характеристики бетонов.

В испытательном центре «УралДорНИИ» исследовали влияние минеральной структурирующей добавки «Стилобит» на пластические деформации в щебеночно-мастичном асфальтобетоне. Было подобрано три смеси ЩМА-15 с процентным содержанием добавки 0,3; 0,4; 0,5 % от массы минеральной части. Все смеси прошли испытания на соответствие требованиям ГОСТ 31015–2002, ПНСТ.

Исследовали изменения важнейших стандартных физико-механических показателей асфальтобетона: пределов прочности при сжатии при температурах 20 и 50 °С; водонасыщения; трещиностойкости по пределу на растяжение при расколе при температуре 0 °С и скорости деформирования 50 мм/мин; водостойкости; сдвигоустойчивости; трещиностойкости, а также стойкости к колееобразованию прокатыванием нагруженного колеса (10 000 циклов), % по методике испытания нагруженным колесом [5].

В исследованиях применялось устройство Wheel Tracking Device (WTD) в соответствии с Европейскими нормами EN 12697-22

“Bituminous mixtures. Test methods for hot mix asphalt. Wheel tracking”. Работы проводились на квадратных плитах после их предварительного термостатирования в воздушной климатической камере при температуре 60 °С в течение не менее 4 ч. При этом осуществляется 10 000 проходов колеса. Для него были изготовлены на роллерном компакторе плиты всех трех исследуемых образцов асфальтобетонов.

По результатам испытаний выяснилась следующая закономерность. У асфальтобетонов с количеством добавки 0,4 и 0,5 % физико-механические свойства находились на одном уровне, при 0,3 % результаты были ниже, чем у асфальтобетонов с более высоким количеством добавки по таким показателям, как сцепление при сдвиге при температуре 50 °С на 17,6 %. Предел прочности при сжатии при 50 °С и коэффициент внутреннего трения были соизмеримы у всех трех образцов асфальтобетонов.

При формовке образцов исследовались характеристики уплотняемости различных смесей. Было выяснено, что величина добавки «Стилобит» оказывает влияние на ее жесткость: увеличение количества добавки повышает жесткость смеси.

После стабилизации асфальтобетонные плиты подверглись испытанию на колееобразование. По результатам испытаний выявилась следующая закономерность: при увеличении количества добавки стойкость к колееобразованию возрастает. Более того, данные о степени жесткости смеси по уплотняемости, полученные на компакторе, могут служить показателем подверженности асфальтобетона пластическим деформациям, что сопоставимо с влиянием на асфальтобетон полимерно-битумного вяжущего [15, 16].

Результаты

На эксплуатационные показатели ЩМА оказывают влияние, с одной стороны, структурная прочность минерального остова, с другой – пластические деформации асфальтовязущих.

Для повышения структурной прочности следует производить уплотнение в минимальные сроки, с возможностью боковых сдвигов зерен каменного материала. Оптимальным следует считать количество проходов не более 6–8 по одному следу.

Физико-механические свойства асфальтобетона из щебеночно-мастичной асфальтобетонной смеси ЦМА-15

Наименование показателя	Результаты испытаний			Технические требования согласно ГОСТ 31015–2002, ПНСТ
	Содержание стабилизирующей добавки/битума, %			
	0,3/5,8	0,4/5,8	0,5/5,8	
Водонасыщение, % по объему	2,45	2,54	2,23	от 1,0 до 4,0
Предел прочности при сжатии, МПа: – при температуре 50° С – при температуре 20° С	1,3 3,5	1,2 3,7	1,3 3,7	не менее 0,65 не менее 2,2
Предел прочности при сжатии после длительного водонасыщения, МПа	3,0	3,3	3,3	не нормируется
Водостойкость при длительном водонасыщении	0,86	0,89	0,89	не менее 0,85
Сдвигоустойчивость, МПа: коэффициент внутреннего трения сцепление при сдвиге при температуре 50° С	0,97 0,28	0,96 0,34	0,97 0,34	не менее 0,93 не менее 0,18
Сцепление битума с минеральной частью	выдерживает	выдерживает	выдерживает	должно выдерживать
Трещиностойкость – предел прочности на растяжение при расколе при температуре 0 °С, МПа	3,1	3,4	3,3	не менее 2,5 не более 6,0
Устойчивость смеси к расслаиванию по показателю стекания вяжущего, %	0,07	0,04	0,03	не более 0,20
Стойкость к колееобразованию прокатыванием нагруженного колеса (10 000 циклов), %	3,98	3,67	3,33	не более 5,0

Для повышения показателя сцепления асфальтобетона при сдвиге необходимо, чтобы смесь содержала стабилизирующую добавку «Стилобит» в количестве на 0,1 % больше, чем предлагает производитель добавки. При увеличении стабилизирующей добавки в асфальтобетонной смеси стойкость к колееобразованию возрастает от 7,8 до 9,2 % (таблица).

Список литературы

1. Костин В.И. Щебеночно-мастичный асфальтобетон для дорожных покрытий. – Нижний Новгород, 2009. – 256 с.
2. Кирюхин Г.Н. Сдвигоустойчивость щебеночно-мастичного асфальтобетона [Электронный ресурс] // Вестник Харьковского национального автомобильно-дорожного университета. – 2008. – Вып. № 40. –

URL: <http://cyberleninka.ru/article/n/sdvigoustoychivost-schebenochno-mastichnogo-asfaltobetona#ixzz31GLIVUNE> (дата обращения: 09.09.2015).

3. Дедюхин А.Ю., Кручинин И.Н., Еремян А.А. Структурированные минеральные порошки // Автомобильные дороги. – 2013. – № 10. – С. 54–60.

4. Илиополов С.К., Мардиросова И.В. Эффективный модификатор-стабилизатор для щебеночно-мастичных смесей // Автомобильные дороги. – 2006. – № 7. – С. 19–22.

5. Матуа В.П., Чирва Д.В., Мирончук С.А. Новое лабораторное оборудование для испытаний дорожно-строительных материалов на устойчивость к колееобразованию [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.crdtech.ru/index.php/publications/articles/48-2012-04-07-22-12-23> (дата обращения: 09.09.2015).

6. Кручинин И.Н., Дедюхин А.Ю. Применение хризотила в дорожном строительстве: монография / Урал. гос. лесотехн. ун-т. – Екатеринбург, 2011. – 152 с.

7. Клейн Г.К. Строительная механика сыпучих тел. – М.: Стройиздат, 1977. – 256 с.

8. Siripun K., Nikraz H., Jitsangiam P. Mechanical Behavior of Unbound Granular Road Base Materials under Repeated Cyclic Loads // International Journal of Pavement Research and Technology. – 2011.– No 4. – P. 56–66.

9. Lance M. Ingredients of an unbound granular pavement for a Successful Sprayed Seal. Technical Report No. TR207, VicRoads, Kew. – Victoria, Australia, 2009. – P. 22.

10. Ращектаев В.А., Кручинин И.Н., Чудинов С.А. Исследования контактных усилий частиц каменных материалов при уплотнении оснований и покрытий лесовозных автомобильных дорог [Электронный ресурс] // Современные проблемы науки и образования: научный журнал. – 2014. – № 3. – URL: www.science-education.ru/117-13370 (дата обращения: 15.07.2014).

11. Breysse D., Denis A. A new approach for investigating the permanent deformation behavior of unbound granular material using the repeated load triaxial apparatus // Bulletin Des Laboratoires Des Ponts Et Chaussées – 233. – Réf. 4359. – 2001 – P. 5–21.

12. Кручинин И.Н., Дедюхин А.Ю. Влияние минеральных порошков на эксплуатационные показатели асфальтобетонов // Актуальные вопросы проектирования автомобильных дорог: сб. науч. тр. /

ОАО «ГИПРОДОРОНИИ». – Екатеринбург: Изд-во Урал. ун-та, 2014. – Вып. 5(64). – С. 76–80.

13. Molenaar A.A.A. Road PAVING Materials. PART I: Cohesive and Non-cohesive Soils and Unbound Granular Materials for Bases and Sub-bases in Roads // Lecture Note. Delft University of Technology. – Delft, 2010. – 209 p.

14. Дедюхин А.Ю., Кручинин И.Н., Мелькумов В.Н. Применение техногенных отходов переработки хризотила в дорожном строительстве // Научный вестник ВГАСУ. Строительство и архитектура. – 2009. – Вып. 4 (16). – С. 141–148.

15. Чернов С.А., Чирва Д.В., Леконцев Е.В. Влияние полимерно-битумного вяжущего на процессы колееобразования в верхних слоях покрытий автомобильных дорог [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.crdtech.ru/index.php/publications/articles/55-2012-11-17-22-41-20> (дата обращения: 09.09.2015).

16. Чернов С.А., Каклюгин А.В., Максименко М.В. Щебеночно-мастичная асфальтобетонная смесь с повышенной долговечностью и энергосбережением [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.crdtech.ru/index.php/publications/articles/60-shchebenochnomastichnaya-asfaltobetonnayasmesspovyshennoydolgovechnostyuienergoberezheni-ye> (дата обращения: 09.09.2015).

References

1. Kostin V.I. Shchebenochno-mastichnyi asfal'tobeton dlia dorozhnykh pokrytii [Stone mastic asphalt for road surfaces]. Nizhnii Novgorod, 2009. 256 p.

2. Kiriukhin G. N. Sdvigoustoichivost' shchebenochno-mastichnogo asfal'tobetona [Shear stability stone mastic asphalt concrete]. *Vestnik Khar'kovskogo natsional'nogo avtomobil'no-dorozhnogo universiteta*, 2008, no. 40, available at: <http://cyberleninka.ru/article/n/sdvigoustoichivost-schebenochno-mastichnogo-asfaltobetona#ixzz3lGLIVUHE> (accessed 09 September 2015).

3. Dediukhin A.Iu., Kruchinin I.N., Eremian A.A. Strukturirovannye mineral'nye poroshki [Structured mineral powders]. *Avtomobil'nye dorogi*, 2013, no. 10, pp. 54-60.

4. Iliopolov S.K., Mardirosova I.V. Effektivnyi modifikator-stabilizator dlia shchebenochno-mastichnykh smesei [Effective modifier stabilizer for stone mastic mixtures]. *Avtomobil'nye dorogi*, 2006, no. 7, pp. 19-22.

5. Matua V.P., Chirva D.V., Mironchuk S.A. Novoe laboratornoe oborudovanie dlia ispytaniy dorozhno-stroitel'nykh materialov na ustoi-chivost' k koleeobrazovaniyu [New laboratory equipment for testing road-building materials for resistance to rutting], available at: <http://www.crdtech.ru/index.php/publications/articles/48-2012-04-07-22-12-23> (accessed 09 September 2015).

6. Kruchinin I.N., Dediukhin A.Iu. Primenenie khrizotila v dorozhnom stroitel'stve [The use of chrysotile in road construction]. Ekaterinburg: Uralskii gosudarstvennyi lesotekhnicheskii universitet, 2011. 152 p.

7. Klein G.K. Stroitel'naia mekhanika syuchikh tel [Structural Mechanics loose bodies]. Moscow: Stroiizdat, 1977. 256 p.

8. Siripun K., Nikraz H., Jitsangiam P. Mechanical Behavior of Unbound Granular Road Base Materials under Repeated Cyclic Loads. *International Journal of Pavement Research and Technology*, 2011, no. 4, pp. 56-66.

9. Lance M. Ingredients of an unbound granular pavement for a Successful Sprayed Seal. *Technical Report No. TR207, VicRoads, Kew*. Victoria, Australia, 2009. 22 p.

10. Rashchektaev V.A., Kruchinin I.N., Chudinov S.A. Issledovaniia kontaktnykh usilii chastits kamennykh materialov pri uplotnenii osnovanii i pokrytii lesovoznykh avtomobil'nykh dorog [Research contact forces particles of stone materials under seal bases and covers logging roads]. *Sovremennye problemy nauki i obrazovaniia*, 2014, no. 3, available at: www.science-education.ru/117-13370 (accessed 15 July 2014).

11. Breysse D., Denis A. A new approach for investigating the permanent deformation behavior of unbound granular material using the repeated load triaxial apparatus. *Bulletin Des Laboratoires Des Ponts Et Chaussées – 233. Réf. 4359*, 2001, pp. 5-21.

12. Kruchinin I.N., Dediukhin A.Iu. Vliianie mineral'nykh poroshkov na ekspluatatsionnye pokazateli asfal'tobetonov [of mineral powders on the operational performance of asphalt concrete]. *Sbornik nauchnykh trudov "Aktual'nye voprosy proektirovaniia avtomobil'nykh dorog"*. Ekaterinburg, 2014, no 5(64), pp. 76-80.

13. Molenaar A.A.A. Road PAVING Materials. PART I: Cohesive and Non-cohesive Soils and Unbound Granular Materials for Bases and Sub-bases in Roads. *Lecture Note*. Delft: Delft University of Technology, 2010. 209 p.

14. Dediukhin A.Iu., Kruchinin I.N., Mel'kumov V.N. Primenenie tekhnogennykh otkhodov pererabotki khrizotila v dorozhnom stroitel'stve [The use of technogenic waste processing of chrysotile in road construction].

Nauchnyi vestnik VGASU. Stroitel'stvo i arkhitektura, 2009, no. 4 (16), pp. 141-148.

15. Chernov S.A., Chirva D.V., Lekontsev E.V. Vliianie polimerno-bitumnogo viazhushchego na protsessy koleeobrazovaniia v verkhnikh sloiakh pokrytii avtomobil'nykh dorog [Influence of polymer-bitumen processes rutting in the upper layers of coatings of highways], available at: <http://www.crdtech.ru/index.php/publications/articles/55-2012-11-17-22-41-20> (accessed 09 September 2015).

16. Chernov S.A., Kakliugin A.V., Maksimenko M.V. Shchebenochno-mastichnaia asfal'tobetonnaia smes' s povyshennoi dolgovechnost'iu i energosberezheniem [Stone mastic asphalt concrete mixture with high durability and energy efficiency], available at: <http://www.crdtech.ru/index.php/publications/articles/60-shchebenochnomastichnayaasfaltobetonnaya-smesspovyshennoydolgovechnostyuienergoberezheniyem> (accessed 09 September 2015).

Получено 1.10.2015

Об авторах

Кручинин Игорь Николаевич (Екатеринбург, Россия) – кандидат технических наук, доцент кафедры транспорта и дорожного строительства Уральского государственного лесотехнического университета (620100, Екатеринбург, ул. Сибирский тракт, 37, e-mail: kinaa.k@yandex.ru).

Дедюхин Александр Юрьевич (Екатеринбург, Россия) – кандидат технических наук, директор Испытательного центра «УралДорНИИ» (620017, Екатеринбург, ул. Бабушкина, 5, e-mail: alex_d@uralweb.ru).

About the authors

Igor N. Kruchinin (Ekaterinburg, Russian Federation) – Ph.D. in Technical Sciences, Associate Professor, Department of Transport and Road Construction, Ural State Forestry University (37, Siberian highway st., Ekaterinburg, 620100, Russian Federation, e-mail: kinaa.k@yandex.ru).

Alexander Iu. Dediukhin (Ekaterinburg, Russian Federation) – Ph.D. in Technical Sciences, Director, Testing Center UralDorNII (5, Babushkina st., Ekaterinburg, 620017, Russian Federation, e-mail: alex_d@uralweb.ru).