

**ОСОБЕННОСТИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ АСФАЛЬТОБЕТОННЫХ ПОКРЫТИЙ  
ЛЕСНЫХ ЛЕСОВОЗНЫХ ДОРОГ НА ТЕРРИТОРИИ СЕВЕРНОГО И  
ПРИПОЛЯРНОГО УРАЛА**

**FEATURES OF ASPHALT COVERING DESIGN FOREST ROADS IN THE  
NORTHERN AND OF THE POLAR URALS**

**Ахтямов Э.Р.**, технический директор испытательного центра «Урал-НИИСтром», г. Челябинск, Российская Федерация.

**Кручинин И.Н.**, доктор техн. наук, доцент, профессор кафедры транспорта и дорожного строительства, ФГБОУ ВО «Уральский государственный лесотехнический университет», г. Екатеринбург, Российская Федерация.

**Кручинина Е.И.**, магистр кафедры транспорта и дорожного строительства, ФГБОУ ВО «Уральский государственный лесотехнический университет», г. Екатеринбург, Российская Федерация.

**Akhtyamov E.R.**, technical director of the testing center “UralNIISTrom”, Chelyabinsk, Russian Federation.

**Kruchinin I.N.**, Doctor of Tech. Sciences, Associate Professor, Professor of the Department of Transport and Road Construction, Federal State Budgetary Educational Establishment of Higher Education “Ural State Forest Engineering University”, Ekaterinburg, Russian Federation.

**Kruchinina E.I.**, Master of the Department of Transport and Road Construction, Ural State Forestry University, Yekaterinburg, Russian Federation.

**Аннотация.** Рассмотрены основные задачи по совершенствованию щебеночно-мастичных покрытий лесных лесовозных автомобильных дорог за счет использования инновационных дорожно-строительных материалов. Для подобных дорог, характерно применение материалов, способных обеспечивать основные требования по транспортно-эксплуатационному состоянию в сложных природно-климатических условиях. Известные дорожно-строительные материалы отличаются нестабильностью своих физико-механических свойств. Что вызывает значительные трудности как при проектировании, так и при эксплуатации лесных лесовозных дорог из этих материалов. Несмотря на комплекс проведенных опытно-экспериментальных исследований, задача разработки дорожных покрытий с регулируемыми эксплуатационными свойствами остается невыполненной. Таким образом, решить проблему позволит разработанная методика проектирования зерновых составов щебеночно-мастичных асфальтобетонных покрытий лесных дорог, с новыми транспортно-эксплуатационными параметрами, с учетом условий эксплуатации, что и определило цель настоящей работы. Целью исследований была разработка методов создания щебеночно-мастичных асфальтобетонных покрытий лесных лесовозных дорог, с применением теплостабилизирующей добавки из песка вспученного вермикулита. В работе была решена задача оценки степени влияния добавки песка из вспученного вермикулита на

качественные показатели щебеночно-мастичных асфальтобетонных покрытий лесных лесовозных дорог. Результатами работы было создание рецептуры щебеночно-мастичного асфальтобетона с теплостабилизирующей добавкой из вспученного вермикулита фракции от 0,5 до 1,0 мм. Учитывая достаточную адекватность опытно-экспериментальных исследований, результаты подбора смеси могут быть рекомендованы для использования в практике строительства лесных лесовозных дорог для I и II дорожно-климатических зон.

**Annotation.** The main tasks of improving the crushed stone-mastic coatings of forest timber highways through the use of innovative road-building materials are considered. Such roads are characterized by the use of materials capable of meeting the basic requirements for transport and operational conditions in difficult natural and climatic conditions. The known road building materials are distinguished by the instability of their physical and mechanical properties. This causes significant difficulties both in the design and in the operation of forest timber roads made of these materials. Despite the complex of experimental studies carried out, the task of developing road coatings with adjustable performance properties remains unfulfilled. Thus, the developed method of designing the grain composition of crushed stone-mastic asphalt concrete pavements of forest roads, with new transport and operational parameters, taking into account the operating conditions, which determined the purpose of this work, will help to solve the problem. The aim of the research was to develop methods for creating crushed-stone-mastic asphalt concrete pavements of forest timber roads, using a heat stabilizing additive from expanded vermiculite sand. In this work, the problem of assessing the degree of influence of the addition of sand from expanded vermiculite on the quality indicators of crushed stone-mastic asphalt concrete coatings of forest timber roads was solved. The results of the work were the creation of a formulation of crushed stone-mastic asphalt concrete with a heat-stabilizing additive from expanded vermiculite of fraction from 0.5 to 1.0 mm. Taking into account the sufficient adequacy of experimental research, the results of the selection of the mixture can be recommended for use in the practice of building forest timber roads for I and II road-climatic zones.

**Ключевые слова:** лесные дороги, щебеночно-мастичные асфальтобетонные дорожные покрытия, теплостабилизирующая добавка, вспученный вермикулит.

**Key words:** forest roads, crushed stone-mastic asphalt concrete road surfaces, heat stabilizing additive, expanded vermiculite.

Анализ создания транспортной инфраструктуры, при освоении лесов Северного и Приполярного Урала показал, что наибольшая часть лесотранспортной сети располагается во II и даже в I дорожно-климатических зонах [1]. Следует признать, что в настоящее время, практически все лесные лесовозные дороги строятся либо в сложных, либо в особо сложных природно-климатических условиях.

Известно, что именно эти природно-климатические условия накладывают определенные ограничения на конструктивные исполнения дорожных покрытий. Чаще всего используют устойчивые к внешним воздействиям дорожные конструкции, например, из структурированных грунтов или асфальтобетонов.

Имеются ограничения по их использованию, а именно, дороги должны не только обеспечивать бесперебойную транспортировку древесины, но и оказывать минимальное отрицательное воздействие на средообразующую функцию леса.

Опыт использования дорожно-строительных материалов, с измененными физико-механическими характеристиками для строительства лесных дорог детально рассмотрен в работах [1, 2]. Особо в работах отмечается роль щебеночно-мастичных асфальтобетонов [3].

Свойство покрытий лесных дорог из щебеночно-мастичных асфальтобетонов зависят от структурной прочности, свойств асфальто вяжущих, т.е. вязкости, упругости, пластичности и сдвигоустойчивости битумов [4].

Покрытия лесных дорог из щебеночно-мастичных асфальтобетонов будут характеризоваться значительной величиной внутреннего трения, полным исключением природного песка и более высоким содержанием битума [3, 5, 6]. В тоже время составляющие щебеночно-мастичных асфальтобетонов имеют более высокую стоимость и имеют тенденцию постоянно возрастать.

В этой связи, создание новых модифицированных щебеночно-мастичных асфальтобетонов с использованием природных компонентов для строительства лесных лесовозных дорог является актуальным направлением исследований, что и определило цель настоящей работы.

Целью работы является выработка требований к теплостабилизирующей добавке из вспученного вермикулита, используемой при приготовлении щебеночно-мастичных асфальтобетонов.

Задача исследований состояла в оценке степени влияния добавки вспученного вермикулита на качественные показатели щебеночно-мастичных асфальтобетонов.

Исследования влияния вспученного вермикулита на асфальтобетонные покрытия лесных дорог проводилась при выполнении научно-исследовательских работ Федерального Государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Уральский государственный лесотехнический университет»: FEUG-2020-0013 «Экологические аспекты рационального природопользования», в части разработки требований к лесным лесовозным дорогам расположенных в сложных природно-климатических условиях трансграничных лесов Северного и Приполярного Урала.

По своей структуре песок из вспученного вермикулита представляет собой анизотропный слоистый материал с заземленным в порах воздухом. Было выявлено, что вспученный вермикулит состоит из тончайших пластин, разделенных воздушными прослойками. В результате термообработки, в диапазоне от 1000 до 1200<sup>0</sup>С объем пластинок увеличивается в десятки раз [7]. К основным достоинствам песка из вспученного вермикулита можно отнести химическую инертность, плотность от 80 до 200 кг/м<sup>2</sup>, термостойкость, низкую теплопроводность ( $\lambda =$  от 0,48 до 0,06 Вт/м × °С), гигроскопичность, биологическую и экологическую стойкость.

В наших исследованиях, основная гипотеза использования песка из вспученного вермикулита в асфальтобетонах, заключается в предположении, что битумно-вермикулитовый композит улучшит теплотехнические и структурно-механические свойства за счет более низкой теплопроводности и структурирования битумного вяжущего. Что

существенно изменит такие показатели, как трещиностойкость асфальтобетонов при отрицательных температурах.

Битумно-вермикулитовую композицию изготавливали путем введения песка фр. От 0,6 до 1 мм из вспученного вермикулита в битум нефтяной дорожной марки БНД 70/100 производства «Газпромнефть –Битумные Материалы», нагретый до 80°C. Основные вязкостно-пластические характеристики оценивались по температуре размягчения битумов методом «Кольцо и шар», растяжимости или дуктильности, пенетрации полученных образцов битумно-вермикулитового композита. Оценка трещиностойкости полученных асфальтобетонов проводилась по отношению предела прочности при сжатии  $R_{сж}$  к пределу прочности при изгибе  $R_{из}$ . Чем ниже степень деструкции, тем выше трещиностойкость битумно-вермикулитового материала.

При разработке составов щебеночно-мастичных асфальтобетонов для лесных лесовозных дорог, песок из вспученного вермикулита был использован как теплостабилизирующая добавка. Основная функция любой стабилизирующей добавки в ЦМА заключается в стабилизации битумного вяжущего в межзерновом пространстве и создании тиксотропной структуры мастики, а также в обеспечении ее неподвижности при высоких технологических температурах. Нормативными документами обычно ограничиваются пределы по предотвращению стекания вяжущего из смесей при транспортировке или укладке в покрытия [3].

В качестве исходных материалов использовались: щебень фракционированный (фр. От 8 до 16 мм) интрузивных пород Новосмолинского месторождения; песок дробленый из интрузивных пород (фр. От 0 до 4 мм); минеральный порошок МП-2 ООО «Коелгамрамор», битум БНД 70/100 и полимерно-битумное вяжущее ПБВ 60, а также адгезионная добавка к битуму «Амдор-10».

В качестве теплостабилизирующей добавки использовался песок фракции от 0,5 до 1,0 мм, добавляемый в количестве от 0,5 до 0,75% масс. От минеральной части асфальтобетонной смеси.

В ранее проведенных нами исследованиях [1] было обосновано, что основные транспортно-эксплуатационные характеристики дорожных покрытий лесных лесовозных автомобильных дорог зависят от технологии их строительства, от вида используемого дорожно-строительного материала и от конструктивных особенностей слоев дорожных одежд. Эти исследования позволили сделать вывод, что при проектировании составов щебеночно-мастичных смесей следует особое внимание обратить на работоспособность материала при отрицательных температурах [2, 7].

Результатом экспериментальных исследований стал подбор рецепта на щебеночно-мастичную асфальтобетонную смесь с номинальным максимальным размером зерен 16 мм для устройства верхнего слоя покрытия лесовозной дороги из ЦМА 16 на основе полимерно-битумного вяжущего марки ПБВ 60. В таблице 1 приведен зерновой состав асфальтобетонной смеси. Для повышения эксплуатационных характеристик асфальтобетона, в него был введен полимер «Элвалой» [7].

Лабораторные испытания показали, что полученная щебеночно-мастичная асфальтобетонная смесь и асфальтобетон марки ЩМА 16 полностью соответствуют установленным требованиям ГОСТ 58406.1.

**Таблица 1.** Зерновой состав асфальтобетонной смеси

Наименование материала	Содержание в смеси, %	31,5	22,4	16	11,2	8,0	5,6	4,0	2,0	0,125	0,063
Щебень фр. Св.11,2 до 16 мм	28	28	28	28	4,3	0,1	0,1	0	0	0	0
Щебень фр. Св.8 до 11,2 мм	20	20	20	20	18,7	1,6	0,1	0,04	0	0	0
Щебень фр. От 4 до 8 мм	10	10	10	10	10	9,7	2,8	0,04	0	0	0
Песок из отсевов дробления	42	42	42	42	42	42	42	93,4	29,5	7,2	3,8

Так как асфальтобетонная смесь проектировалась для условий II дорожно-климатической зоны, то расход вяжущего для полимерно-битумного вяжущего типа ПБВ 60 составил 5,2% масс.

Результатом подбора по методу «Маршалла» стал состав с теплостабилизирующей добавкой из песка вспученного вермикулита. Было выявлено, что для гарантированного обеспечения стойкости щебеночно-мастичного асфальтобетона к испытанию на пластическую колею следует использовать только полимерно-битумные вяжущие [5].

Вспученный вермикулит в мастичной части щебеночно-мастичного асфальтобетона ЩМА-16 проявил свои структурно-механические свойства, как стабилизатор вяжущего. Изменились демпфирующие свойства, улучшились низкотемпературные упруго-прочностные характеристики асфальтобетонного покрытия. Рекомендуемый расход песка из вспученного вермикулита составляет от 0,3 до 0,8% масс. От минеральной части смеси. Кроме того, вспученный вермикулит, за счет слоистой пористой структуры является демпфирующей добавкой [7]. Он способен улучшать низкотемпературные свойства, такие как трещиностойкость асфальтобетонных покрытий во всех дорожно-климатических зонах в зимних условиях.

Особо рекомендуется к применению в I и II ДКЗ на лесных лесовозных автомобильных дорогах всех типов.

### Список литературы

1. Кручинин И.Н., Дедюхин А.Ю. Применение хризотила в дорожном строительстве: монография. – Екатеринбург: изд-во УГЛТУ, 2011.– 152 с.
2. Салихов М.Г., Иливанов В.Ю. Исследование долговечности модифицированного щебеночно-мастичного асфальтобетона при действии агрессивной среды / Научный

журнал «Вестник ПГТУ. Серия «Лес. Экология. Природопользование».- Йошкар-Ола: ПГТУ, 2013.- № 2.- С. 38 – 45.

3. Кирюхин, Г.Н. Покрытия из щебеночно-мастичного асфальтобетона / Г.Н. Кирюхин, Е.А. Смирнов // М.: ООО Издательство «Элит».-2009. -176 с.
4. Руденский А.В. Дорожные асфальтобетонные покрытия / А.В. Руденский. – М.: Транспорт, 1992. – 213 с.
5. Bindu C. S. et. Al. Waste plastic as a stabilizing additive in Asphalt Stone Mastic/ International Journal of Engineering and Technology Vol.2 (6), 2010, p.379-387.
6. Redelius, P. G. (2006). The structure of asphaltenes in bitumen. Road Materials and Pavement Design, 7 (sup1), p.143-162.
7. Ахтямов Э.Р. Исследование битумно-вермикулитовых мастик и асфальтобетонов для дорожного строительства / Э.Р. Ахтямов, Е.В. Кошкарлов, А.Ю. Дедюхин и В.Н. Агейкин // «Национальная Ассоциация Ученых»: ежемесячный научный журнал. – Екатеринбург: Евразийское научное изд-во. – № 34 (61). – 2020. – С. 21-26.

### References

1. Kruchinin IN, Dedyukhin A.Yu. [The use of chrysotile in road construction: monograph]. – Yekaterinburg: USLTU publishing house, 2011.– 152 p. (InRuss.)
2. Salikhov M.G., Pivanov V.Yu. [Investigation of the durability of modified crushed stone-mastic asphalt concrete under the action of an aggressive environment] Nauchnyy zhurnal «Vestnik PGTU. Seriya «Les. Ekologiya. Prirodopol'zovaniye» [Scientific journal “Bulletin of PSTU. Series “Forest. Ecology. Nature management “].- Yoshkar-Ola: PSTU, 2013.- No. 2.- P. 38 – 45. (InRuss.)
3. Kiryukhin,G.N. [Crushed-stone-mastic asphalt concrete coatings].- М.: LLC Publishing House “Elite”. [M.: LLC Publishing House “Elite”]. – 2009. 176 p. (InRuss.)
4. Rudensky A.V. [Asphalt concrete pavement] –M.: Transport [M .: Transport] 1992 .- 213 p. (InRuss.)
5. Bindu C. S. et. Al. Waste plastic as a stabilizing additive in Asphalt Stone Mastic / International Journal of Engineering and Technology Vol. 2 (6), 2010, p. 379-387.
6. Redelius, P. G. (2006). The structure of asphaltenes in bitumen. Road Materials and Pavement Design, 7 (sup1), p. 143-162.
7. Akhtyamov E.R. [Research of bitumen-vermiculite mastics and asphalt concrete for road construction] E.R. Akhtyamov, E.V. Koshkarov, A. Yu. Dedyukhin and V.N. Ageikin // «Natsion-al'naya Assotsiatsiya Uchenykh» : yezhemesyachnyy nauchnyy zhurnal [National Association of Scientists”: monthly scientific journal.]. – Yekaterinburg: Eurasian Scientific Publishing House. – No. 34 (61). – 2020 .-P. 21-26. (InRuss.)