

О.В. Яконцева¹, Л.С. Щепетева²

¹ООО «Дорожно-сервисная компания», Алапаевск, Свердловская область, Россия

²Пермский национальный исследовательский политехнический университет, Пермь, Россия

ВЛИЯНИЕ ЗЕРНОВОГО СОСТАВА АСФАЛЬТОБЕТОНА НА ПОКАЗАТЕЛИ ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ

Основным покрытием автомобильных дорог является асфальтобетон. Важной задачей является улучшение физико-механических свойств и эксплуатационных показателей.

Лабораторные исследования были проведены в аккредитованной лаборатории ООО «Дорожно-сервисная компания», расположенной в г. Алапаевске Свердловской области.

Рассмотрены теоретические основы влияния гранулометрического состава асфальтобетона на его свойства. В лабораторных условиях были рассчитаны и искусственно созданы образцы асфальтобетона с различными зерновыми составами, таким образом, чтобы гранулометрические кривые занимали различное положение в пределах допустимой области. Использовался щебень и песок из отсевов дробления Гусевогорского месторождения. Количество битума во всех составах было взято в одинаковом количестве. Определены показатели физико-механических свойств. Всего было исследовано пять составов.

В результате исследований показано, что при разработке составов асфальтобетонных смесей необходимо придерживаться средних значений зернового состава, регламентируемых ГОСТ 9128–2013, что позволяет получить асфальтобетон с наилучшими характеристиками. При расположении гранулометрической кривой зернового состава по средней линии между пределами, обозначенными в ГОСТ 9128–2013 в асфальтобетонной смеси было выявлено: лучшие показатели водостойкости, наибольшая плотность, что предопределяет лучшие прочностные характеристики; предел прочности при сжатии при всех температурных режимах показал лучшие значения, что определяет высокие свойства асфальтобетона по сдвигоустойчивости и трещиностойкости. Также при подборе состава асфальтобетона на объекте, при использовании зернового состава со средними значениями между верхним и нижним пределами по ГОСТ 9128–2013 был использован меньший процент битума, что является экономически выгодным.

Ключевые слова: асфальтобетонные смеси, структура асфальтобетона, кривые зернового состава, показатели физико-механических свойств.

O.V. Yakontseva¹, L.S. Shchepeteva²

¹Limited Liability Company "Road Service Company," Alapaevsk,
Sverdlovsk Region, Russian Federation

²Perm National Research Polytechnic University, Perm, Russian Federation

THE INFLUENCE OF THE GRAIN COMPOSITION OF ASPHALT CONCRETE ON ITS PHYSICAL-MECHANICAL PROPERTIES

The main pavement of motor roads is asphalt concrete. An important task is to improve its physical and mechanical properties and performance.

Laboratory research was carried out in the accredited laboratory of the Limited Liability Company "Road Service Company," located in the city of Alapaevsk in Sverdlovsk Region.

Theoretical bases of the influence of particle size distribution of asphalt concrete on its properties are examined. In laboratory conditions, compositions of asphalt concrete with various grain compositions were calculated and artificially created, so that the granulometric curves occupy different positions within the permissible area. Crushed stone and sand from the screenings of crushing of the Gusevogorskoye deposit were used. The amount of bitumen in all the compositions was taken in the same amount. Physical and mechanical properties were determined. A total of five compositions were investigated.

As a result of research, it was shown that when developing the compositions of asphalt concrete mixtures, it is necessary to adhere to the average values of the grain composition regulated by GOST 9128-2013, which allows obtaining asphalt concrete with the best characteristics. When the granulometric curve of the grain composition was located along the middle line between the limits indicated in GOST 9128-2013, the asphalt concrete mixture revealed: the best indicators of water resistance, the highest density, which predetermines the best strength characteristics; compression strength at all temperature conditions showed the best values, which determines high properties of asphalt concrete in terms of shear resistance and crack resistance. Also, when selecting the composition of asphalt concrete at the facility, when using grain composition with average values between the the upper and lower limits according to GOST 9128-2013, a smaller percentage of bitumen was used, which is economically profitable.

Keywords: asphalt concrete mixes, structure of asphalt concrete, grain composition curves, indicators of physical and mechanical properties.

В современном дорожном строительстве асфальтобетон – основной материал, который используется для устройства покрытий автомобильных дорог. Качество асфальтобетона определяет его устойчивость к воздействию транспортных нагрузок и природно-климатических факторов. Структура асфальтобетона формируется в результате уплотнения асфальтобетонной смеси – смеси щебня, песка, минерального порошка и битума. На прочность структуры асфальтобетона, его усталостную долговечность влияет много факторов: физико-механические свойства составляющих материалов; процентное соотношение материалов; технология приготовления асфальтобетонной смеси; способ укладки и уплотнения, режимы нагружения и др. [1–5]. Основной целью проектирования состава асфальтобетона является создание такой структуры с заранее заданными свойствами, которая бы обеспечила прочность и деформационную устойчивость асфальтобетонного покрытия в течение расчетного срока службы.

Проектировать составы горячей асфальтобетонной смеси начали в конце XIX – начале XX в. [6]. Одной из основных задач при проектировании состава асфальтобетона является подбор оптимального зернового состава. Известным методом проектирования состава асфальтобетонных смесей является метод проф. Н.Н. Иванова (метод Союздорнии) – по предельным кривым плотных смесей [7–9], который был разработан на основе исследований В.В. Охотина [10]. Н.Н. Иванов предложил применять кривые гранулометрического состава с коэффициентом сбега в пределах от 0,65 до 0,90. В данном направлении (получение наиболее плотных смесей) работали также известные ученые – П.В. Сахаров, Н.В. Горельшев, П.И. Боженков. и др. [11–14]. Этот метод подбора зерновых составов получил в России наибольшее распространение [15]. Требования к зерновому составу внесены в ГОСТ 9128 «Смеси асфальтобетонные дорожные, аэродромные и асфальтобетон. Технические условия» и на протяжении многих лет практически не меняются (табл. 1).

Таблица 1

Требования к зерновым составам по ГОСТ 9128 в разные годы

ГОСТ	Тип А									
	20	15	10	5	2,5	1,25	0,63	0,315	0,16	0,05
9128–76	95–100	78–85	60–70	35–50	24–38	17–28	12–20	9–15	6–11	4–10
9128–84	95–100	78–100	60–100	35–50	24–38	17–28	12–20	9–15	6–11	4–10
9128–97	90–100	75–100 (90–100)*	62–100 (90–100)*	40–50	28–38	20–28	14–20	10–16	6–12	4–10
9128–2009	90–100	75–100 (90–100)*	62–100 (90–100)*	40–50	28–38	20–28	14–20	10–16	6–12	4–10
9128–2013	90–100	75–100 (90–100)*	62–100 (90–100)*	40–50	28–38	20–28	14–20	10–16	6–12	4–10

* В скобках указаны требования к зерновым составам минеральной части асфальтобетонных смесей при ограничении проектной документацией крупности применяемого щебня.

Кривая фактического зернового состава должна находиться в указанных в ГОСТ 9128 пределах. При этом рекомендуется, чтобы кривая зернового состава была плавной. Фактически кривая зернового состава может быть близка как к верхней границе разрешенной зоны, так и к нижней ее границе, располагаться в средней части или переходить от верхней границы к нижней и наоборот. В этих случаях плотность асфальтобетона и показатели физико-механических свойств могут существенно отличаться, поэтому были проведены исследования по подбору состава асфальтобетонной смеси типа А с различным положением кривой зернового состава в пределах разрешенной зоны (рис. 1–5).

Результаты определения показателей физико-механических свойств асфальтобетона приведены в табл. 2.

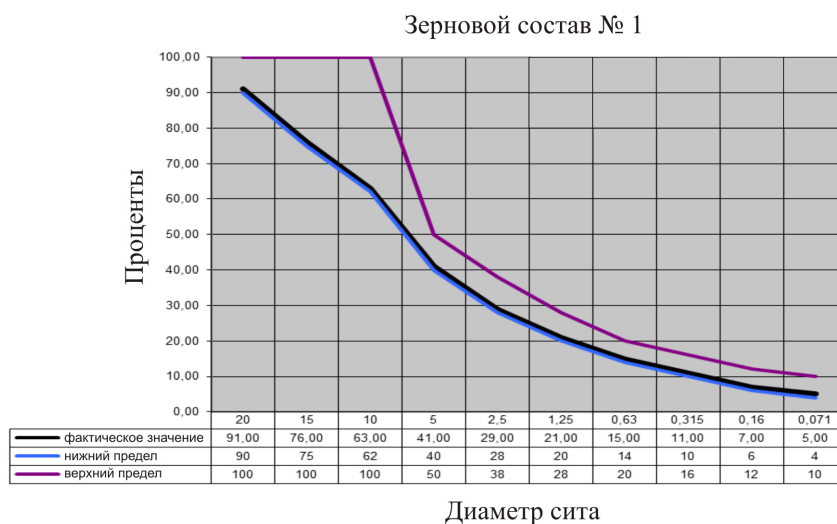


Рис. 1. Состав № 1 – на всех ситах количество материала соответствует нижнему пределу ГОСТа

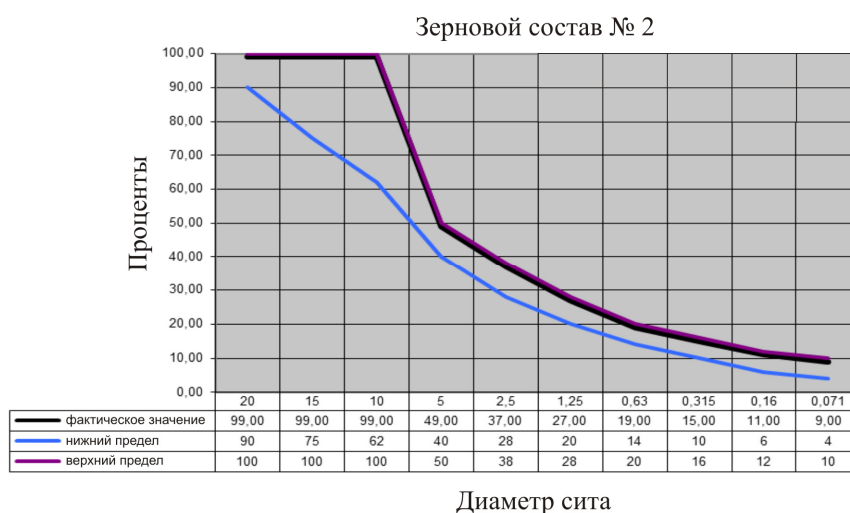


Рис. 2. Состав № 2 – на всех ситах количество материала соответствует верхнему пределу ГОСТа

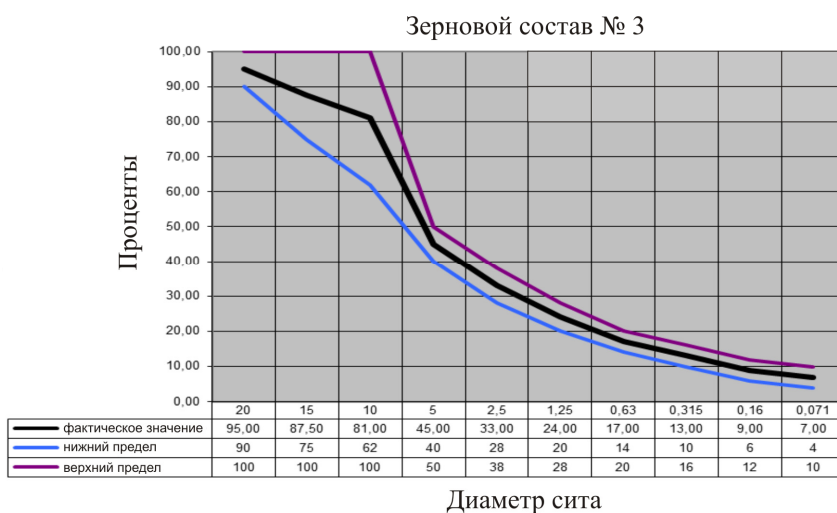


Рис. 3. Состав № 3 – на всех ситах количество материала соответствует средним значениям ГОСТа

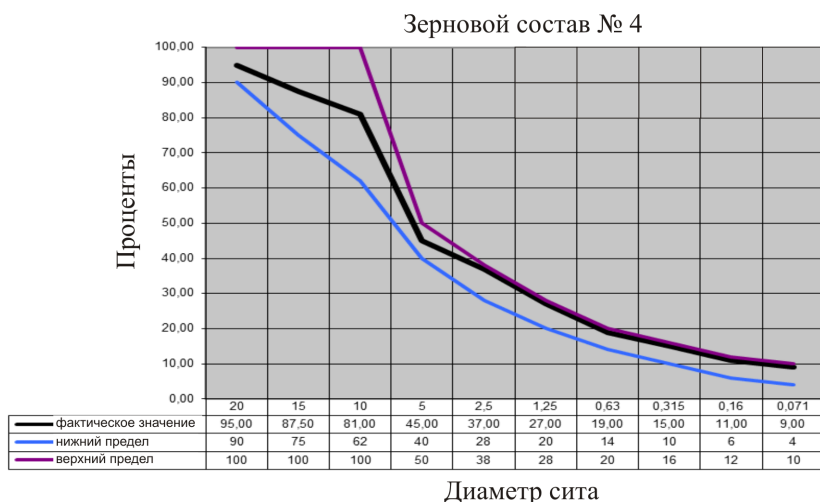


Рис. 4. Состав № 4 – содержание материала на ситах диаметром 20, 15, 10 и 5 мм – среднее значение ГОСТа, а начиная с сита с размером отверстий 2,5 мм – наибольшие значения ГОСТа

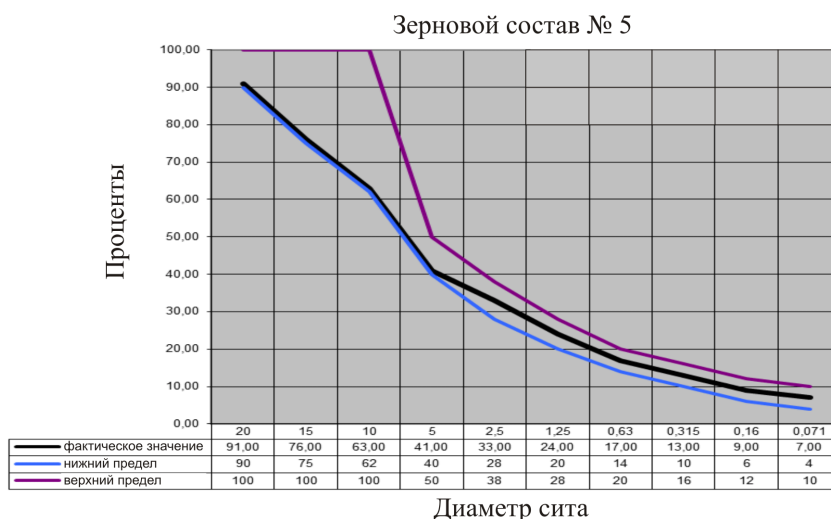


Рис. 5. Состав № 5 – содержание материала на ситах диаметром 20, 15, 10 и 5 мм – нижнее значение ГОСТа, а начиная с сита с размером ячеек 2,5 мм – средние значения ГОСТа

Таблица 2

Показатели физико-механических свойств подобранных составов асфальтобетона

Наименование показателей	Ед. изм.	Норма по ГОСТ 9128–2013	Фактические показатели				
			состав № 1	состав № 2	состав № 3	состав № 4	состав № 5
Средняя плотность	г/см ³	не нормируется	2,87	2,80	2,89	2,86	2,86
Водонасыщение по объему	%	2,0–5,0	2,62	3,49	2,88	3,35	3,24
Предел прочности при сжатии:	МПа	0,9 2,2 12,0	1,16	1,86	1,45	1,36	1,16
– при 50 °С, не менее			3,63	5,80	3,67	4,17	4,10
– при 20 °С, не менее			8,58	10,01	9,54	11,84	10,97
– при 0 °С, не более							
Сцепление при сдвиге при 50 °С, МПа, не менее		0,24	0,20	0,32	0,26	0,24	0,20
Водостойкость, не менее		0,85	0,93	0,83	1,03	0,99	0,84
Водостойкость при длительном водонасыщении, не менее		0,75	0,87	0,79	0,92	0,93	0,77

Таким образом, по результатам, представленным в табл. 2, видно, что состав № 1 и состав № 5 не соответствуют требованиям ГОСТ 9128–13 по сцеплению при сдвиге при 50 °С. В этих составах наибольшее допустимое количество щебня, мелких фракций недостаточно, чтобы равномерно заполнить пустоты между крупными частицами, конструкция получается недостаточно прочной.

Состав № 2 и состав № 5 не соответствуют требованиям ГОСТ 9128–13 по водостойкости.

В составе № 4 наименьшее допустимое количество песка, по испытаниям на предел прочности при сжатии при 0 °С прочность близка к предельному значению.

На основании проведенных исследований можно сделать вывод о том, что при проектировании гранулометрического состава асфальтобетонной смеси нужно придерживаться средних значений зернового состава по ГОСТ 9128–13, что позволяет создать оптимальную структуру асфальтобетона с наибольшей плотностью и оптимальными показателями физико-механических свойств.

Список литературы

1. Дорожный асфальтобетон / Л.Б. Гезенцвей, Н.В. Горельшев, А.М. Богуславский, И.В. Королев; под ред. Л.Б. Гезенцева. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Транспорт, 1985. – 350 с.
2. Курденкова И.Б., Чернобровкин П.В. Производство каменных материалов для дорожного строительства и современные способы улучшения их качества. – М., 2009. (Автомоб. дороги и мосты: Обзорн.информ. ФГУП «Информавтодор»; Вып. 2). – 92 с.
3. Полимерно-битумные вяжущие материалы на основе СБС для дорожного строительства / Л.М. Гохман, Е.И. Гурарий, А.Р. Давыдова, Р.К. Давыдова. – М.: Гос. служба дор. хоз-ва Мин-ва транспорта Рос. Федерации. Информавтодор, 2002. Автомобильные дороги: обзорн. информ. Вып. 4. 112 с.
4. Бонченко Г.А. Асфальтобетон. Сдвигоустойчивость и технология модифицирования полимером. – М.: Машиностроение, 1994. – 175 с.
5. Илиополов С.К., Углова Е.В. Долговечность асфальтобетонных покрытий в условиях роста динамического воздействия транспортных средств. – М., 2007. (Автомоб. дороги и мосты: Обзорн. информ. ФГУП «Информавтодор»; вып. 4). – 84 с.
6. Кирюхин Г.Н. Проектирование состава асфальтобетона и методы его испытаний // Автомоб. дороги и мосты: Обзорн. информ. / ФГУП «Информавтодор»; Вып. 6. – М., 2005. – 96 с.
7. Иванов Н.Н. Подбор наиболее плотной смеси каменных агрегатов или грунтов для дорожных одежд // Дорога и автомобиль. – 1930. – № 4–5. – 72 с.
8. Проектирование и использование заполнителей с оптимальной межзерновой пустотностью / А.И. Кудяков, А.Г. Смирнов, Г.Г. Петров, Н.П. Душенин // Известия высших учебных заведений. Строительство и архитектура. – 1987. – № 7. – С. 135–138.
9. Грушко И.М., Королёв И.В. Дорожно-строительные материалы: учебник для вузов. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Транспорт, 1991. – 357 с.
10. Охотин В.В. Лабораторные опыты по составлению дорожных грунтовых смесей по принципу наименьшей пористости. – М.: Транспечать, 1929. – 32 с.
11. Сахаров П.В. Способы проектирования асфальтобетонных смесей // Транспорт и дороги города. – 1935. – № 12. – С. 22–26.
12. Авласова Н.М., Горельшев Н.В. Гранулометрический состав минерального остова асфальтобетона // Информ. об отеч. и заруб. дор. технике. – 1959. – № 2.
13. Горельшев Н.В. Асфальтобетон и другие битумо-минеральные материалы: учеб. пособие. – М.: Можайск-Терра, 1995. – 176 с.
14. Боженков П.И. О формировании технических характеристик полидисперсных искусственных материалов // Строительные материалы. – 1992. – № 4. – С. 20–24.
15. Пособие по строительству асфальтобетонных покрытий и оснований автомобильных дорог и аэродромов / СоюздорНИИ. – М., 1991. – 161 с.

References

1. Gezentzvey L.B., Gorelyshev N.V., Boguslavsky A.M., Korolev I.V. Dorozhnyi asfal'tobeton [Road asphalt concrete] *Moscow, Transport*, 1985, 350 p.
2. Kurdenkova I.B., Chernobrovkin P.V. Proizvodstvo kamennykh materialov dlia dorozhnogo stroitel'stva i sovremennye sposoby uluchsheniia ikh kachestva [Production of stone materials for road construction and modern ways to improve their quality] *Avtomobil'nye dorogi i mosty. Obzornaya informatsiya. Federal'noe gosudarstvennoe unitarnoe predpriyatie. "Informavtodor"*, vol. 2, 2009, 92 p.
3. Gohman L.M., Gurari E.M., Davydova A.R., Davydova K.I. Polimerno-bitumnye vyazhushchie materialy na osnove SBS dlya dorozhnogo stroitel'stva [Polymer-bituminous binding materials based on SBS for road construction] *Gosudarstvennaya sluzhba dorozhnogo hozyajstva Ministerstva transporta Rossijskoj Federacii. "Informavtodor"*, vol. 4, Moscow, 2002, 112 p.
4. Bonchenko G.A. Asfal'tobeton. Sdvigoustoichivost' i tekhnologiiia modifitsirovaniia polimerom. [Asphalt. Shift stability and polymer modification technology] *Moscow, Mashinostroenie*, 1994, 175 p.
5. Iliopoulou S.K., Uglova E.V. Dolgovechnost' asfal'tobetonnykh pokrytii v usloviakh rosta dinamicheskogo vozdeistviia transportnykh sredstv [Durability of asphalt concrete coatings in the conditions of increasing dynamic impact of vehicles]. (Avtomob. dorogi i mosty: Obzornaya informatsiya. Federal'noe gosudarstvennoe unitarnoe predpriyatie. "Informavtodor", vol. 4. Moscow, 2007, 84 p.
6. Kiryukhin G.N. Proektirovanie sostava asfal'tobetona i metody ego ispytanii [Design of asphalt concrete composition and methods of its testing]. *Moscow, Avtomobil'nye dorogi i mosty. Obzornaya informatsiya. Federal'noe gosudarstvennoe unitarnoe predpriyatie. "Informavtodor"*; Iss. 6. Moscow, 2005, 96 p.
7. Ivanov N.N. Podbor naibolee plotnoi smesi kamennykh agregatov ili gruntov dlia dorozhnykh odezhd [Selection of the most dense mixture of stone aggregates or soils for road clothing] *Doroga i avtomobil'*, no. 4–5, 1930, 72 p.
8. Kudyakov A.I., Smirnov A.G., Petrov G.G., Dushenin N.P. Proektirovanie i ispol'zovanie zapolnitelej s optimal'noj mezhzernovoj pustotnost'yu [Design and use of fillers with optimal intergranular voidness] *Izvestiya vysshih uchebnykh zavedenij. Stroitel'stvo i arhitektura*, 1987, no. 7, pp. 135–138.
9. Grushko I.M., Korolyov I.V. Dorozhno-stroitel'nye materialy [Road construction materials] *Moscow, Transport*, 1991. 357 p.
10. Okhotin V.V. Laboratornye opyty po sostavleniiu dorozhnykh gruntovykh smesei po printsipu naimen'shei poristosti [Laboratory experiments on the composition of road soil mixtures based on the principle of least porosity] *Moscow, Transpechat'*, 1929, 32 p.
11. Sakharov P.V. Sposoby proektirovaniia asfal'tobetonnykh smesei [Methods of designing asphalt concrete mixes] *Transport i dorogi goroda*, no. 12. 1935, pp. 22–26.
12. Avlasova N.M., Gorelyshev N.V. Granulometricheskii sostav mineral'nogo ostova asfal'tobetona. [Granulometric composition of the mineral backbone of asphalt concrete] *Informatsiya ob otechestvennoj i zarubezhnoj dorozhnoj tekhnike*, 1959, no. 2.
13. Gorelyshev N.V. Asfal'tobeton i drugie bitumomineral'nye materialy: Ucheb. posobie [Asphalt concrete and other bituminous materials] *Moscow, Mozhaisk-Terra*, 1995, 176 p.
14. Bozhenov P.I. O formirovanii tekhnicheskikh kharakteristik polidispersnykh iskusstvennykh materialov [On the formation of technical characteristics of polydisperse artificial materials] *Stroitel'nye Materialy*, 1992, no. 4, pp. 20–24.
15. Posobie po stroitel'stvu asfal'tobetonnykh pokrytii i osnovanii avtomobil'nykh dorog i aerodromov [Handbook on the construction of asphalt concrete coatings and bases of highways and airfields] *Moscow, Soyuzdornii*, 1991, 161 p.

Получено 23.04.20

Об авторах

Яконцева Ольга Валерьевна (Алапаевск, Россия) – начальник испытательной лаборатории ООО «Дорожно-сервисная компания» (624600, г. Алапаевск, Свердловская область, ул. Ленина, д. 9, корп. 1, e-mail: yakontseva.olga@yandex.ru).

Щепетева Людмила Станиславовна (Пермь, Россия) – кандидат технических наук, доцент кафедры «Автомобильные дороги и мосты» Пермского национального исследовательского политехнического университета (614990, г. Пермь, Комсомольский пр., 29, e-mail: shls54@mail.ru).

About the authors

Olga V. Yakontseva (Alapaevsk, Russian Federation) – Head of the Testing Laboratory, Limited liability company "Road service company" (build. 1, 9, Lenin st., Alapaevsk, Sverdlovsk region, 624600, Russian Federation, e-mail: yakontseva.olga@yandex.ru).

Lyudmila S. Shchepeteva (Perm, Russian Federation) – Ph.D. in Technical Sciences, Associate Professor, Department of Highways and Bridges, Perm National Research Polytechnic University (29, Komsomolsky av., Perm, 614990, Russian Federation, e-mail: shls54@mail.ru).