

Интернет-журнал «Транспортные сооружения» <https://t-s.today>

Russian journal of transport engineering

2019, №3, Том 6 / 2019, No 3, Vol 6 <https://t-s.today/issue-3-2019.html>

URL статьи: <https://t-s.today/PDF/11SATS319.pdf>

DOI: 10.15862/11SATS319 (<http://dx.doi.org/10.15862/11SATS319>)

Ссылка для цитирования этой статьи:

Кабанов А.В., Колос И.В., Черняева В.А., Ильин А.А., Медведева О.А., Семенов И.В. Актуализация инновационных технологий в автодорожном строительстве // Интернет-журнал «Транспортные сооружения», 2019 №3, <https://t-s.today/PDF/11SATS319.pdf> (доступ свободный). Загл. с экрана. Яз. рус., англ. DOI: 10.15862/11SATS319

For citation:

Kabanov A.V., Kolos I.V., Chernyaeva V.A., Ilin A.A., Medvedeva O.A., Semenov I.V. (2019). Actualization of innovative technologies in road construction. *Russian journal of transport engineering*, [online] 3(6). Available at: <https://t-s.today/PDF/11SATS319.pdf> (in Russian). DOI: 10.15862/11SATS319

УДК 625.8

ГРНТИ 67.13.69

Кабанов Александр Васильевич

ФГБОУ ВО «Петербургский государственный университет путей сообщения Императора Александра I»
Санкт-Петербург, Россия
Доцент
Кандидат технических наук, доцент
E-mail: avkabanov07@yandex.ru
РИНЦ: https://elibrary.ru/author_profile.asp?id=512887

Колос Ирина Владимировна

ФГБОУ ВО «Петербургский государственный университет путей сообщения Императора Александра I»
Санкт-Петербург, Россия
Доцент
Кандидат технических наук
E-mail: irina_kolos70@bk.ru
РИНЦ: https://elibrary.ru/author_profile.asp?id=348050

Черняева Виктория Андреевна

ФГБОУ ВО «Петербургский государственный университет путей сообщения Императора Александра I»
Санкт-Петербург, Россия
Доцент
Кандидат технических наук
E-mail: vika2023339@yandex.ru
РИНЦ: https://elibrary.ru/author_profile.asp?id=684944

Ильин Алексей Анатольевич

ФГБОУ ВО «Петербургский государственный университет путей сообщения Императора Александра I»
Санкт-Петербург, Россия
Старший преподаватель
E-mail: alekil@list.ru
РИНЦ: https://elibrary.ru/author_profile.asp?id=730024

Медведева Ольга Алексеевна

ФГБОУ ВО «Петербургский государственный университет путей сообщения Императора Александра I»
Санкт-Петербург, Россия
Старший преподаватель
E-mail: olia.medvede@yandex.ru

Семенов Игорь Владимирович

Асфальтобетонный завод-1, Санкт-Петербург, Россия

Инженер

E-mail: igor-semenov1711@rambler.ru

Актуализация инновационных технологий в автодорожном строительстве

Аннотация. В данной статье затрагиваются проблемы, которые возникают в процессе эксплуатации дорожных конструкций. Одной из важнейших является колееобразование. Показатели стойкости к колееобразованию зависят от метода проектирования нежестких дорожных одежд и эксплуатационных параметров, которые позволяет получить применяемая методика объемного проектирования асфальтобетонной смеси «Supergrave» (SP-19), которая в нашей стране получила название «СПАС». Авторы, совместно с сотрудниками лаборатории Асфальтобетонного завода-1 проводили мониторинг асфальтобетонных смесей, спроектированных по системе «Supergrave» на асфальтосмесительной установке. Затем проводились испытания по методике ПНСТ 181-2016 на восприимчивость асфальтобетонных материалов к сдвиговым деформациям, возникающей под действием повторяющихся проходов нагруженного колеса при температуре окружающего воздуха. Результат исследования колееобразования показал, что смеси SP-19 имеют преимущественно перед традиционным. Более подробные результаты исследований представлены в настоящей статье. На основании данных, полученных по результатам, были сформулированы выводы: Выполненные исследования показывают, что методика «Суперпейв» актуализируется требованиям технического надзора на объектах автодорожного комплекса РФ. В заключение авторами были сформулированы выводы по проведенным исследованиям: сравнение физико-механических показателей асфальтобетонной смеси SP-19 по ПНСТ 114 и мелкозернистой асфальтобетонной смеси типа А марки I показывает, что сдвиговая устойчивость по показателю средней глубине колеи выше для марки SP-19 на 38 %; установлена необходимая температура смешивания и уплотнения асфальтобетонной смеси по системе «Суперпейв»; выпуск опытно-промышленной партии асфальтобетонной смеси марки SP-19 на производственной площадке ОАО «АБЗ-1» показал, что рецепт, подобранный в лабораторных условиях, воспроизводится на АБЗ; отобранные в рамках технического надзора из экспериментального покрытия керны и испытанные в лабораторных условиях показали соответствующие требованиям ОДМ 218.4.038-2017; оценка экономической эффективности по себестоимости асфальтобетонной смеси марки SP-19 показала снижение на 2,2 % относительно себестоимости мелкозернистой асфальтобетонной смеси; увеличение срока службы дорожного покрытия на 30–50 % за счёт снижения колееобразования способствует увеличению его межремонтных сроков. При этом экономическая эффективность может достигать 50 % на м².

Ключевые слова: прогнозирование долговечности; колеейность; разрушение; дорожная конструкция; асфальтобетонное покрытие; образцы плит; мониторинг участков автодороги

Введение

Асфальтобетонные автодорожные покрытия проектируются с учетом двух важнейших критериев: транспортная нагрузка и климатические условия. Большая часть покрытий России расположена в суровых климатических условиях, и это требует особого подхода к качеству асфальтобетонной смеси. Это обуславливает: требования к материалу – составу асфальтобетона, учету состояния, усиливаемого покрытия – при устройстве слоев усиления, требования к качеству производства работ при строительстве асфальтобетонных покрытий [1].

Прогнозирование работоспособности и долговечности асфальтобетонных покрытий в различных условиях эксплуатации связано с исследованиями процессов нелинейного деформирования и разрушения битумных материалов, а с другой стороны, необходимостью учета влияния внешних факторов (уровня напряжений, температуры, влажности, вида и режимов нагружения, агрессивности окружающей среды и пр.).

Чем точнее учитываются условия работы асфальтобетона в покрытии, тем более надежная асфальтобетонная смесь будет запроектирована в данных конкретных условиях.

Внедрение объемного проектирования асфальтобетонной смеси

В рамках модернизации системы оценки свойств асфальтобетонных смесей и их компонентов, успешно адаптируется методология объемного проектирования асфальтобетонной смеси «Supergrave» (SP-19), которая в нашей стране получила название «СПАС». Этот метод применен более чем на 10 федеральных трассах, в том числе на дорогах с повышенной интенсивностью движения. «СПАС» позволяет увеличить срок службы покрытия на 20–30 % за счет точного подбора состава смесей асфальтобетона, параметров вяжущего и каменного материалов [2]. При этом используются основные особенности системы «Supergrave»:

1. оригинальная система классификации и требования к вяжущим, а также методы их испытаний;
2. требования к каменным материалам;
3. метод объемного проектирования состава асфальтобетонной смеси.

Авторы, совместно с сотрудниками лаборатории ОАО «АБЗ-1» (Асфальтобетонный завод-1) проводят, в рамках производственного контроля, исследования и мониторинг асфальтобетонных смесей спроектированных по системе «Supergrave»; производимых на асфальтосмесительной установке фирмы «BENNINGHOVEN» производительностью 330 т/час; и укладываемых на участках дорожного строительства Санкт-Петербурга и Ленинградской области.

Учитывая, что колееобразование происходит в основном при неблагоприятном сочетании двух групп факторов:

1. внешние (воздействие нагрузки и климатические воздействия);
2. внутренние (физико-механические характеристики; сдвигоустойчивость; структурное состояние; прочность и степень уплотнения дорожной одежды), в данной работе рассматриваются результаты по второй группе.

Исследовались объемы укладки верхнего слоя покрытия из смесей выпущенных по технологии «Supergrave», которая производилась на кольцевой автомобильной дороге вокруг г. Санкт-Петербурга на участке км 0 + 381 – км 115 + 527; на экспериментальном участке автомобильной дороги общего пользования и регионального значения во Всеволожском районе Ленинградской области – «Санкт-Петербург – Колтуши», км 0 + 900 – км 3 + 989 общей массой более 60 тысяч тонн асфальтобетона.

Во время укладки проводились замеры прибором PQI 308 для определения оптимальных параметров укладки и уплотнения асфальтобетонной смеси используется оборудование для проектирования таких смесей: гираторный уплотнитель, DSR, BBR, SST, вакуумный пенетrometer, RollerCompactor, Wheeltracking, оборудование для определения объемной плотности материалов, PAV, дегазатор [3].

Установлены:

1. Последовательность выполнения операций при подборе минерального заполнителя.
2. Процентное соотношение фракций минерального заполнителя при изготовлении асфальтобетонной смеси по системе «Суперпейв».
3. Последовательность необходимой температуры смешивания и уплотнения асфальтобетонной смеси по системе «Суперпейв».
4. Последовательность определения необходимого количества вяжущего для смеси, изготовленной по системе «Суперпейв».

Определение стойкости к колееобразованию производилось прокатыванием нагруженного колеса по приготовленным образцам плит. Образцы асфальтобетонной смеси для определения средней глубины колеи после 20000 проходов колеса (мм) и скорости образования колеи (мм/1000 циклов нагрузки) готовились с помощью роликового уплотнителя «ROLLERCOMPACTOR» фирмы «Cupper».

Испытания проводились по методике ПНСТ 181-2016 на восприимчивость асфальтобетонных материалов к сдвиговым деформациям, возникающей под действием повторяющихся проходов нагруженного колеса при температуре окружающего воздуха +60 °С [4–6].

Результат исследования колееобразования показал, что смеси SP-19 имеют преимущественно перед традиционным (например, типа А, марка 1 (рисунок 1).

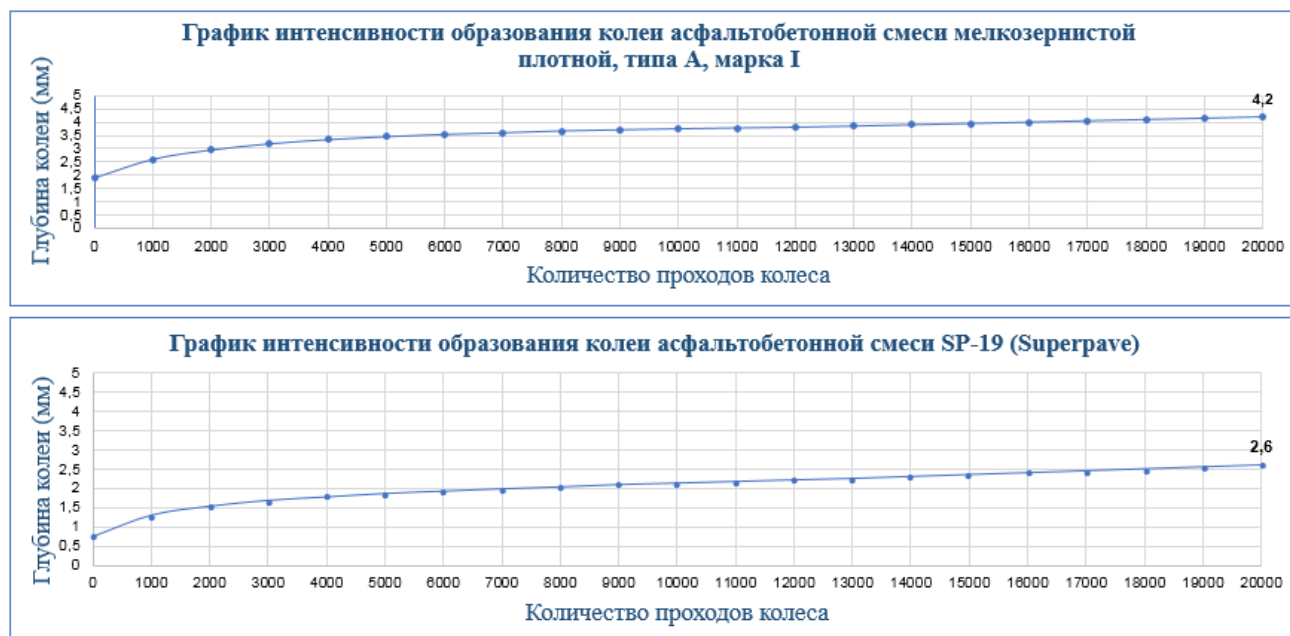


Рисунок 1. Сравнительные графики интенсивности образования колеи (разработано автором)

Соответственно, глубина колеи испытуемых образцов по SP-19 на 38 % меньше (рисунок), чем применяемые традиционно асфальтобетонные смеси.

Сравнение испытуемых образцов (по результатам исследований авторов) о физико-технических и прочностных характеристиках также показано преимущество SP-19 (таблица 1, п.п. 6, 7) [7; 8].

Технико-экономические показатели, полученные по результатам испытаний рецептур SP-19 и типа А марка 1 (таблица 2), также дают преимущество системе «Superpave» [9–11].

Таблица 1

Сводная таблица результатов испытаний образцов, изготовленных по системе «Суперпейв» и по классической технологии (ГОСТ 9128)

№	Наименование показателей	SP-19	Мелкозернистый плотный тип А марки I
1	Средняя глубина колеи, мм	2,6	4,2
2	Пропорциональная глубина колеи, %	4,6	5,2
3	Угол наклона кривой колеи образования	0,145	0,153
4	Коэффициент водостойкости	1,07	0,90
5	Адгезионные свойства (оценка по пятибалльной шкале)	5	4
6	Предельная относительная деформация при изгибе, см	0,1630	0,1761
7	Предел прочности на растяжение при изгибе, МПа	7,99	7,43
8	Максимальная плотность, г/см ³	2,541	-
9	Объемная плотность, г/см ³	2,425	-
10	Водонасыщение, %	2,2	2,5
11	Содержание воздушных пустот, %	4,1	-

Составлено автором

Таблица 2

Себестоимости асфальтобетонных смесей

Наименование	Себестоимость одной тонны асфальтобетонной смеси горячей мелкозернистой плотной типа А марки I		Себестоимость одной тонны асфальтобетонной смеси SP-19 «Superpave»	
	% содержание компонентов	Затраты, руб. без НДС	% содержание компонентов	Затраты, руб. без НДС
Фракция 0–2 мм	22,9	157,0	38,2	261,8
Фракция 2–5 мм	11,0	75,4	-	-
Фракция 5–10 мм	21,1	239,2	33,4	378,6
Фракция 10–15 мм	17,0	189,6	14,3	159,5
Фракция 15–20 мм	16,8	185,6	9,5	104,9
Минеральный порошок	6,5	88,1	-	-
Адгезионная добавка	0,014	17,0	0,014	17,0
БНД 70/100	4,7	691,5	4,6	676,7
Сырье	100	1 643	100	1 599
Прочие переменные расходы, руб. без НДС/тонна	-	160	-	160
Прочие постоянные расходы, руб. без НДС/тонна	-	240	-	240
Итого, себестоимость, руб. без НДС	-	2 043	-	1 999

Составлено автором

Выводы

1. Выполненные исследования объемов дорожно-строительных работ, с применением методики «Суперпейв» позволяют дополнить и повысить эффективность требований производственного контроля и технического надзора на объектах автодорожного комплекса РФ.

2. Сравнение физико-механических показателей асфальтобетонной смеси SP-19 по ПНСТ 114 и мелкозернистой асфальтобетонной смеси типа А марки I показывает, что сдвиговая устойчивость по показателю средней глубине колеи выше для марки SP-19 на 38 %.
3. Установлена необходимая температура смешивания и уплотнения асфальтобетонной смеси по системе «Суперпейв». Температура смешивания 162 °С, температура уплотнения 152 °С.
4. Выпуск опытно-промышленной партии асфальтобетонной смеси марки SP-19 на производственной площадке ОАО «АБЗ-1» показал, что рецепт, подобранный в лабораторных условиях, воспроизводится на АБЗ.
5. Отобранные в рамках технического надзора из экспериментального покрытия керны и испытанные в лабораторных условиях показали соответствующие требованиям ОДМ 218.4.038-2017.
6. Оценка экономической эффективности по себестоимости асфальтобетонной смеси марки SP-19 показала снижение на 2,2 % относительно себестоимости мелкозернистой асфальтобетонной смеси типа А марки I.
7. Увеличения срока службы дорожного покрытия на 30–50 % за счёт снижения колееобразование способствует увеличению его межремонтных сроков. При этом экономическая эффективность может достигать 50 % на м², то есть около 1000–1500 р.

ЛИТЕРАТУРА

1. ОДН 218.046-01. Проектирование нежестких дорожных одежд. – М.: Стандартиформ, 2001. – 92 с.
2. ПНСТ 184-2016. Дороги автомобильные общего пользования. Смеси асфальтобетонные дорожные и асфальтобетон. Технические условия [Текст]. – Введ. 2017-06-01. – М.: Техническим комитетом по стандартизации ТК 418 "Дорожное хозяйство", 2017.
3. Анализатор асфальтового покрытия [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.nocnt.ru/oborudovanie/laboratoriya-dorognih-materialov/195-analizator-asfaltovogo-pokrytiya>.
4. ПНСТ 129-2016. Дороги автомобильные общего пользования. Смеси асфальтобетонные щебеночно-мастичные. Метод объемного проектирования [Текст]. – Введ. 2016-09-01. – М.: Техническим комитетом по стандартизации ТК 418 "Дорожное хозяйство", 2016.
5. ПНСТ 181-2016 Дороги автомобильные общего пользования. Смеси асфальтобетонные дорожные и асфальтобетон. Метод определения стойкости к колееобразованию прокатыванием нагруженного колеса. М.: Стандартиформ, 2017.
6. ГОСТ 12801-98. Материалы на основе органических вяжущих для дорожного и аэродромного строительства. Методы испытаний [Текст]. – (с Изменением N 1) [Текст]. – Введ. 2002-07-01. – М.: Межгосударственной научно-технической комиссией по стандартизации, техническому нормированию и сертификации в строительстве, МГСТ, 2002.
7. ГОСТ Р 52748-2007. Дороги автомобильные общего пользования. Нормативные нагрузки, расчётные схемы нагружения и габариты приближения. – М.: Стандартиформ, 2008. – 17 с.
8. ГОСТ 31015-2002. Смеси асфальтобетонные и асфальтобетоны щебеночно-мастичные. Технические условия – М.: МНТКС, 2003. – 32 с.
9. ГОСТ 32703-2014. Дороги автомобильные общего пользования. Щебень и гравий из горных пород. Технические требования [Текст]. (с Поправками, с Изменением N 1) [Текст]. – Введ. 2015-06-01. – М.: Межгосударственным советом по стандартизации, метрологии и сертификации, МГС, 2014.
10. ГОСТ 32730-2014. Дороги автомобильные общего пользования. Песок дробленый. Технические требования (с Поправками) [Текст]. – Введ. 2015-02-01. – М.: Межгосударственным советом по стандартизации, метрологии и сертификации, МГС, 2014.
11. ГОСТ 33053-2014. Дороги автомобильные общего пользования. Щебень и гравий из горных пород. Определение содержания зерен пластинчатой (лещадной) и игловатой формы [Текст]. – Введ. – 2016-16-01. – М.: Межгосударственным советом по стандартизации, метрологии и сертификации, МГС, 2016.

Kabanov Aleksandr Vasilevich

Emperor Alexander I St. Petersburg state transport university, Saint-Petersburg, Russia
E-mail: avkabanov07@yandex.ru

Kolos Irina Vladimirovna

Emperor Alexander I St. Petersburg state transport university, Saint-Petersburg, Russia
E-mail: irina_kolos70@bk.ru

Chernyaeva Viktoriya Andreevna

Emperor Alexander I St. Petersburg state transport university, Saint-Petersburg, Russia
E-mail: vika2023339@yandex.ru

Ilin Aleksey Anatolevich

Emperor Alexander I St. Petersburg state transport university, Saint-Petersburg, Russia
E-mail: alekil@list.ru

Medvedeva Olga Alekseevna

Emperor Alexander I St. Petersburg state transport university, Saint-Petersburg, Russia
E-mail: olia.medvede@yandex.ru

Semenov Igor Vladimirovich

Asphalt plant-1, Saint-Petersburg, Russia
E-mail: igor-semenov1711@rambler.ru

Actualization of innovative technologies in road construction

Abstract. This article discusses the problems that arise in the operation of road structures. One of the most important is rutting. Indicators of resistance to rutting depend on the method of design of non-rigid pavement and operational parameters, which allows to obtain the applied method of volumetric design of asphalt mix "Superpave" (SP-19), which in our country was called "SPAS". The authors, together with the staff of the laboratory of asphalt Concrete plant – 1, monitored asphalt concrete mixtures designed according to the "Superpave" system on the asphalt mixing plant. Then tests were carried out according to the method of PNST 181-2016 on the susceptibility of asphalt concrete materials to shear deformations arising under the action of repeated passes of the loaded wheel at ambient temperature. The result of the study of rutting showed that the mixture SP-19 have predominantly traditional. More detailed research results are presented in this article. Based on the data obtained from the results, conclusions were formulated: the Studies show that the method of "Superpeyv" is updated to the requirements of technical supervision at the objects of the road complex of the Russian Federation. In conclusion, the authors have formulated conclusions on the research: a comparison of physical and mechanical performance of asphalt concrete mix SP-19 on PNST 114 and fine-grained asphalt concrete mix type A brand I shows that the shear stability in terms of the average depth of the track is higher for the brand SP-19 by 38 %; set the required mixing temperature and compaction of asphalt concrete mixture on the system "Superpeyv»; the release of a pilot batch of asphalt concrete mix of SP-19 brand at the production site of JSC "ABZ-1" showed that the recipe selected in the laboratory is reproduced in the ABZ; cores selected within the framework of technical supervision from the experimental coating and tested in the laboratory showed corresponding to the requirements of ODM 218.4.038-2017; assessment of economic efficiency at the cost of asphalt concrete mix of SP-19 brand showed a decrease of 2.2 % relative to the cost of fine-grained asphalt concrete mix; the increase in the service life of the road surface h 30–50 % by reducing rutting increases its turnaround time. At the same time, economic efficiency can reach 50 % per m².

Keywords: prediction of durability; rut; destruction; road construction; asphalt pavement; slab samples; monitoring of road sections

REFERENCES

1. (2001). ODN 218.046-01. Proektirovanie nezhestkikh dorozhnykh odezhd. [*ONE 218.046-01. Non-rigid pavement design.*] Moscow: Standartinform, p. 92.
2. (2017). PNST 184-2016. Dorogi avtomobil'nye obshchego pol'zovaniya. Smesi asfal'tobetonnye dorozhnye i asfal'tobeton. Tekhnicheskie usloviya. Vvedeno 2017-06-01. [*PNST 184-2016. General automobile roads. Mixes asphalt concrete road and asphalt concrete. Technical conditions Introduced 2017-06-01.*] Moscow: Technical Committee for Standardization TC 418 "Road Facilities".
3. Nocnt. (n.d.). *Asphalt analyzer*. [online] Available at: <http://www.nocnt.ru/oborudovanie/laboratoriya-dorognih-materialov/195-analizator-asfaltovogo-pokrytiya> (in Russian).
4. (2016). PNST 129-2016. Dorogi avtomobil'nye obshchego pol'zovaniya. Smesi asfal'tobetonnye shchebenochno-mastichnye. Metod ob"emnogo proektirovaniya. Vvedeno 2016-09-01. [*PNST 129-2016. General automobile roads. Mixes asphalt concrete crushed stone and mastic. Volumetric design method. Introduced 2016-09-01.*] Moscow: Technical Committee for Standardization TC 418 "Road Facilities".
5. (2017). PNST 181-2016 Dorogi avtomobil'nye obshchego pol'zovaniya. Smesi asfal'tobetonnye dorozhnye i asfal'tobeton. Metod opredeleniya stoykosti k koleobrazovaniyu prokatyvaniem nagruzhenogo koleasa. [*PNST 181-2016 General automobile roads. Mixes asphalt concrete road and asphalt concrete. Method for determining resistance to rutting by rolling a loaded wheel.*] Moscow: Standardinform.
6. (2002). GOST 12801-98. Materialy na osnove organicheskikh vyazhushchikh dlya dorozhnogo i aehrodromnogo stroitel'stva. Metody ispytaniy (s Izmeneniem N 1). Vvedeno 2002-07-01. [*GOST 12801-98. Materials based on organic binders for road and airfield construction. Test methods (as Modified by N 1). Introduced 2002-07-01.*] Moscow: Interstate Council for Standardization, Metrology and Certification.
7. (2008). GOST R 52748-2007. Dorogi avtomobil'nye obshchego pol'zovaniya. Normativnye nagruzki, raschyotnye skhemy nagruzheniya i gabarity priblizheniya. [*GOST R 52748-2007. General automobile roads. Standard loads, design load schemes and approximation dimensions.*] Moscow: Standardinform, p. 17.
8. (2003). GOST 31015-2002. Smesi asfal'tobetonnye i asfal'tobetony shchebenochno-mastichnye. Tekhnicheskie usloviya. [*GOST 31015-2002. Mixes asphalt-concrete and asphalt-concrete mastic. Technical specifications.*] Moscow: Interstate Scientific and Technical Commission, p. 32.
9. (2014). GOST 32703-2014. Dorogi avtomobil'nye obshchego pol'zovaniya. Shcheben' i graviy iz gornykh porod. Tekhnicheskie trebovaniya (s Popravkami, s Izmeneniem N 1). Vvedeno 2015-06-01. [*GOST 32703-2014. General automobile roads. Crushed stone and gravel from rocks. Technical requirements (as Amended, with Amendment N 1). Introduced 2015-06-01.*] Moscow: Interstate Council for Standardization, Metrology and Certification.
10. (2014). GOST 32730-2014. Dorogi avtomobil'nye obshchego pol'zovaniya. Pesok droblenny. Tekhnicheskie trebovaniya (s Popravkami). Vvedeno 2015-02-01. [*GOST 32730-2014. General automobile roads. Crushed sand. Technical requirements (as amended). Introduced 2015-02-01.*] Moscow: Interstate Council for Standardization, Metrology and Certification.
11. (2016). GOST 33053-2014. Dorogi avtomobil'nye obshchego pol'zovaniya. Shcheben' i graviy iz gornykh porod. Opredelenie soderzhaniya zeren plastinchatoy (leshchadnoy) i iglovatoy formy. Vvedeno – 2016-16-01. [*GOST 33053-2014. General automobile roads. Crushed stone and gravel from rocks. Determination of the content of lamellar (flaky) and needle-shaped grains. Introduced – 2016-16-01.*] Moscow: Interstate Council for Standardization, Metrology and Certification.