

СТРОИТЕЛЬСТВО И АРХИТЕКТУРА

DOI: 10.34031/article_5ca1f62f6b9a09.67742444

¹Траутвайн А.И., ¹Акимов А.Е., ¹Денисов В.П., ^{1,*}Лашин М.В.¹Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова
Россия, 308012, Белгород, ул. Костюкова, д. 46.

*E-mail: Nedostypnbli@yandex.ru

ОСОБЕННОСТИ МЕТОДА ОБЪЕМНОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ АСФАЛЬТОБЕТОНА ПО ТЕХНОЛОГИИ SUPERPAVE

Аннотация. В данной статье рассмотрена технология проектирования асфальтобетонных покрытий, по методу Superpave. Система Superpave (SUPERior PERforming Asphalt PAVements) была разработана стратегической программой исследований автомобильных дорог (SHRP) в США. Целью программы был поиск новых способов проектирования, асфальтобетонных покрытий, которые будут работать лучше при экстремальных температурах и интенсивных транспортных нагрузках. Система Superpave в первую очередь касается двух проблем, связанных с дорожным покрытием: постоянная деформация, которая является следствием недостаточной прочности асфальтобетона на сдвиг при высоких температурах и низкотемпературных разрушений, которые образуются, когда асфальтобетонное покрытие сжимается, а растягивающее напряжение превышает прочность на растяжение. Решение данных проблем осуществляется путем наиболее рационального подбора составляющих асфальтобетонной смеси. В России данной технологией заинтересовались относительно недавно. В 2016 году были переведены и выпущены предварительные национальные стандарты, в которых описаны требования к материалам и по которым осуществляется проектирование и подбор смеси. В статье проведен обзор технической документации с целью разработки методологии подбора асфальтобетонной смеси. В ходе исследований рассмотрены технологические особенности подбора и проектирования асфальтобетонной смеси по данной методике, составлена блок-схема подбора состава асфальтобетона. На основе данной системы возможно проектирование крупнозернистых, мелкозернистых и щебеночно-мастичных асфальтобетонных смесей. Внедрение иностранного опыта в строительстве дорог, может способствовать улучшению и повышению качества российских автомобильных дорог.

Ключевые слова: Superpave, проектирование, асфальтобетонные покрытия, методы испытаний.

В любой стране автомобильные дороги являются одной из важнейших отраслей хозяйства. На долю автомобильных перевозок приходится большая часть пассажирского и грузовых потоков, что в свою очередь влияет на состояние дорожного покрытия. Увеличение осевой нагрузки транспортных средств и количества перевозимых грузов ведет к необходимости изменить требования к материалам для строительства автомобильных дорог. Поиск и разработка новых методов проектирования ведется во многих странах. В частности, в США был разработан метод объемного проектирования асфальтобетонной смеси под названием «Superpave». Внедрение этой технологии может способствовать получению асфальтобетонных покрытий с высокими эксплуатационными качествами и надежностью.

Система Superpave (SUPERior PERforming Asphalt PAVements) была разработана стратегической программой исследований автомобильных дорог (SHRP) в США. Целью программы был поиск новых способов проектирования, ас-

фальтобетонных покрытий, которые будут работать лучше при экстремальных температурах и интенсивных транспортных нагрузках [1].

После пяти лет интенсивных исследований и испытаний SHRP в 1992 году ввела систему Superpave. Затем Федеральная администрация автомобильных дорог (FHWA) взяла на себя ответственность за дальнейшую разработку и проверку спецификаций Superpave, процедур испытаний и инициировала национальную программу по поощрению введения Superpave.

В систему «Superpave» вошли 3 взаимосвязанные компонента, последовательно обновив нормативную базу AASHTO и ASTM:

– SHARP – технические условия и методы испытаний битума;

– Superpave – технические условия и метод проектирования составов асфальтобетонных смесей с определением поровых характеристик уплотненных образцов асфальтобетона;

– методы испытаний и система анализа реологических свойств асфальтобетона с использо-

ванием математических моделей работоспособности и компьютерного программного обеспечения.

Аббревиатура AASHTO (American Association of State Highway and Transportation Officials) переводится на русский язык как американская ассоциация служащих государственных автодорог и транспортировки. ASTM International (American Society for Testing and Materials) – американская международная организация, разрабатывающая и издающая добровольные стандарты для материалов, продуктов, систем и услуг [2].

Система Superpave в первую очередь касается двух проблем, связанных с дорожным покрытием: постоянная деформация, которая является следствием недостаточной прочности асфальтобетона на сдвиг при высоких температурах и низкотемпературных разрушений, которые образуются, когда асфальтобетонное покрытие сжимается, а растягивающее напряжение превышает прочность на растяжение [3].

Решение данных проблем осуществляется путем наиболее рационального подбора составляющих асфальтобетонной смеси, а именно:

1. минеральных составляющих;
2. полимер-битумного вяжущего;
3. стабилизирующей добавки.

Определение зернового состава производят с использованием американских, квадратных сит, а при расчете и подборе, содержание всех составляющих асфальтобетонной смеси выражают в процентах от объема. Такой способ позволяет учитывать плотность материалов, при их подборе.

Зерна щебня должны быть кубовидной формы и состоять из полностью дробленых зерен горных пород, при этом, при проектировании минеральной составляющей, готовят три различных зерновых состава таким образом, чтобы одна кривая приближалась к верхней границе требований к зерновому составу, другая к нижней границе, а третья находилась между этими кривыми [4], рис. 1.

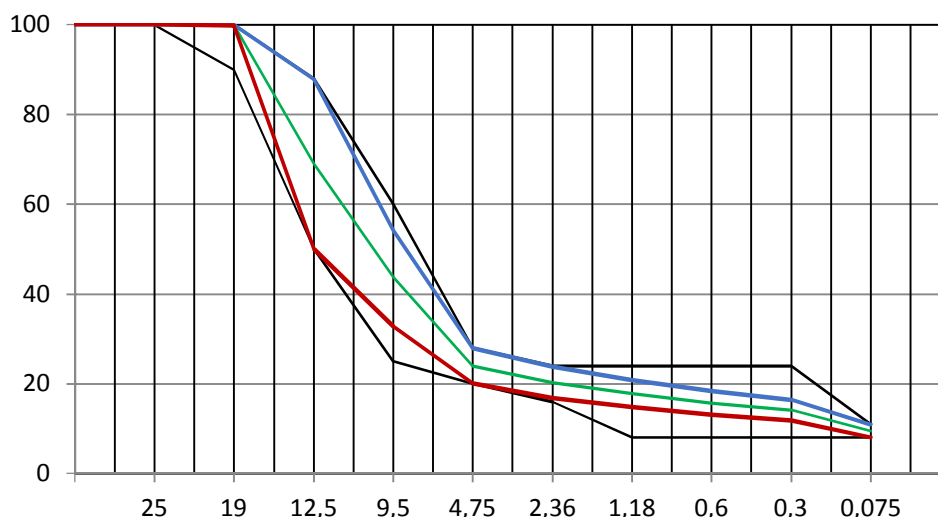


Рис. 1. График кривых различного зернового состава

Довольно сложно подобрать комбинацию минеральной составляющей, удовлетворяющую таким требованиям, не используя узкие фракции.

Минеральный порошок должен быть произведен из карбонатных горных пород. Количество зерен в составе минерального порошка размером менее 0,075 мм должно находиться в диапазоне от 70 до 80 % по массе. Количество зерен размером не менее 0,30 мм должно быть не менее 90 % по массе, а зерен размером менее 1,18 мм не менее 100 % [4].

Битумное вяжущее подбирается таким образом, чтобы верхнее и нижнее значение марки соответствовало максимальному и минимальному

показателю температуры эксплуатации асфальтобетонного покрытия в определенном месте строительства. Допускается применение вяжущего с добавлением модифицирующих добавок [5–7].

Так как система «Superpave» непосредственно ориентирована на температурные и транспортные условия работы покрытия, марку вяжущего подбирают исходя из расчетов эквивалентной одноосной нагрузки, которая составляет 80 кН и расчета температуры покрытия в летний и зимний период времени.

Расчетная летняя температура в покрытии на глубине 2,0 см от поверхности выражается формулой:

$$T_{20 лет} = 0,9545(T_{лет} - 0,006181L_{с.ш.}^2 + 0,2289L_{с.ш.} + 42,2) - 17,78 = +^{\circ}C, \quad (1)$$

где $T_{лет}$ – летняя температура воздуха в тени, $L_{с.ш.}$ – северная широта местности.

Расчетная зимняя температура в покрытии на глубине 2,0 см от поверхности выражается формулой:

$$T_{20 лет} = 0,856T_{зим} + 1,7 = -^{\circ}C, \quad (2)$$

где $T_{зим}$ – зимняя температура воздуха.

Значение температуры в летний и зимний период принимают из базы данных на ближайших метеостанциях, основываясь на ежедневной температуре воздуха не менее чем за 20 лет наблюдений [8].

Затем, учитывая количество эквивалентной одноосной нагрузки и характера движения транспорта в месте проведения работ, верхнее значение марки вяжущего следует увеличить с шагом 6 °C на количество шагов, указанных в таблице №1 [9].

Таблица 1

Подбор марки вяжущего

Приложения ЭООН ¹⁾ , млн	Количество шагов для увеличения высокотемпературных свойств вяжущего		
	Характер движения		
	Неподвижный ²⁾	Медленный ³⁾	Стандартный ⁴⁾
<0,3	$f^{5)}$	-	-
От 0,3 до <3	2	1	-
От 3 до <10	2	1	-
От 10 до <30	2	1	$f^{5)}$
≥ 30	2	1	1

1 – ЭООН – эквивалентная одноосная нагрузка, равная 80 кН, передаваемая на дорожное покрытие от одной оси транспортного средства. Рассчитывают на 20 лет срока службы автомобильной дороги; 2 – средняя скорость движения транспорта – меньше 20 км/ч.; 3 – Средняя скорость движения транспорта находится в диапазоне от 20 до 70 км/ч.; 4 – средняя скорость движения транспорта – более 70 км/ч.; 5 – увеличение марки вяжущего определяют по согласованию с заказчиком.

Основная концепция выбора битума, при проектировании состава асфальтобетона по технологии Supergravel состоит в следующем:

1. Смесь должна содержать достаточно много битума с учетом адсорбции его части открытыми порами на поверхности минеральных зерен, что бы все минеральные зерна были им покрыты;

2. Битума должно быть достаточно для обеспечения долговечности покрытия при окислительном старении и увлажнении [10].

Оптимальное количество битума подбирают так, чтобы количество пор и пустот в уплотненной щебеночно-мастичной смеси соответствовало требованиям ПНСТ 127. Показатель воздушных пустот (V_a), должен составлять – $4,0 \pm 0,3$ %. Для этого, на выбранном оптимальном зерновом составе готовят не менее трех вариантов смеси с различным содержанием вяжущего и определяя свойства каждой смеси, подбирают оптимальное количество вяжущего [11].

Уплотнение смеси производят при помощи гиратора. Использование такой установки позволяет быстро получить данные по приготовленной смеси.

Одна из особенностей системы «Supergravel», состоит в том, что она ориентирована на фундаментальные, а не на эмпирические, физико-механические характеристики вяжущего. В традиционных стандартах многие показатели свойств вяжущего (глубина проникания иглы, температура размягчения, растяжимость и другие) были эмпирическими величинами. Они могли быть успешно использованы только для определенного вяжущего в определенных условиях. Например, глубина проникания иглы в битум зависит от диаметра иглы, формы ее наконечника; температура размягчения по методу «кольцо и шар» зависит от диаметра кольца, на которое нанесена пленка битума, и от диаметра и массы шара. Фундаментальные же характеристики не должны зависеть от размеров или от конструкции прибора,

на котором их определяют. Такими характеристиками являются, например, модуль сдвига, функция релаксации, плотность (масса единицы объема), «абсолютная» (динамическая) вязкость при нулевой скорости деформации [10–14].

В целом, проектирование по технологии Supergrove, можно разделить на два этапа. На первом

этапе подбираются минеральные компоненты смеси, вяжущее и минеральная добавка. При этом, выбранные материалы должны полностью соответствовать стандартам ПНСТ. Если все требования соблюдаются, на основе этих материалов осуществляют подбор трех вариантов смеси, с различным зерновым составом, рис. 2.

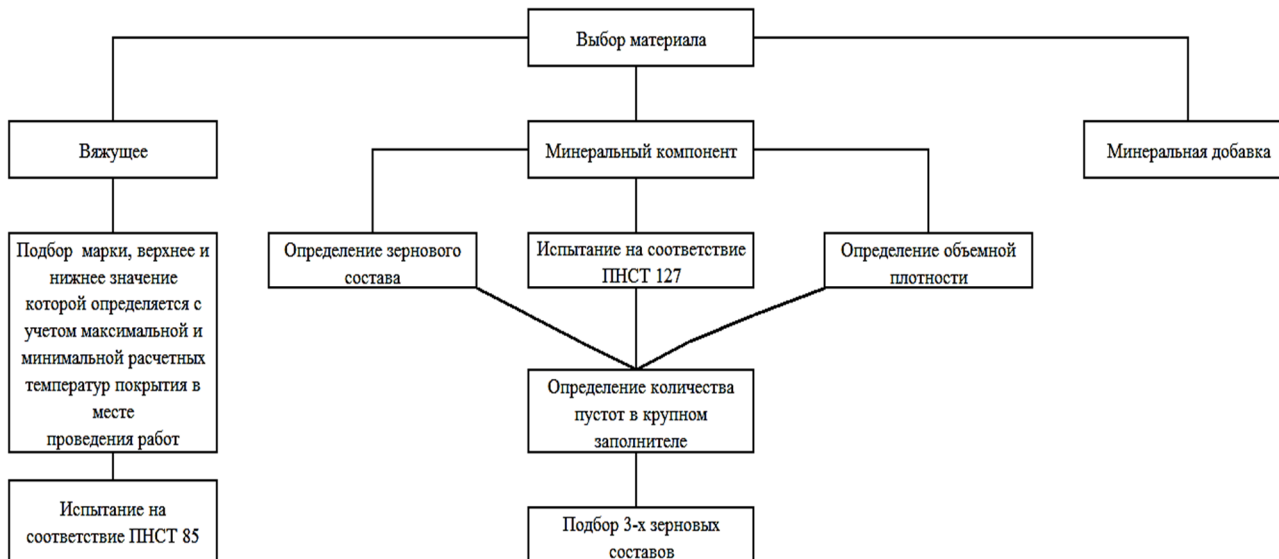


Рис. 2. Первый этап проектирования по технологии Supergrove

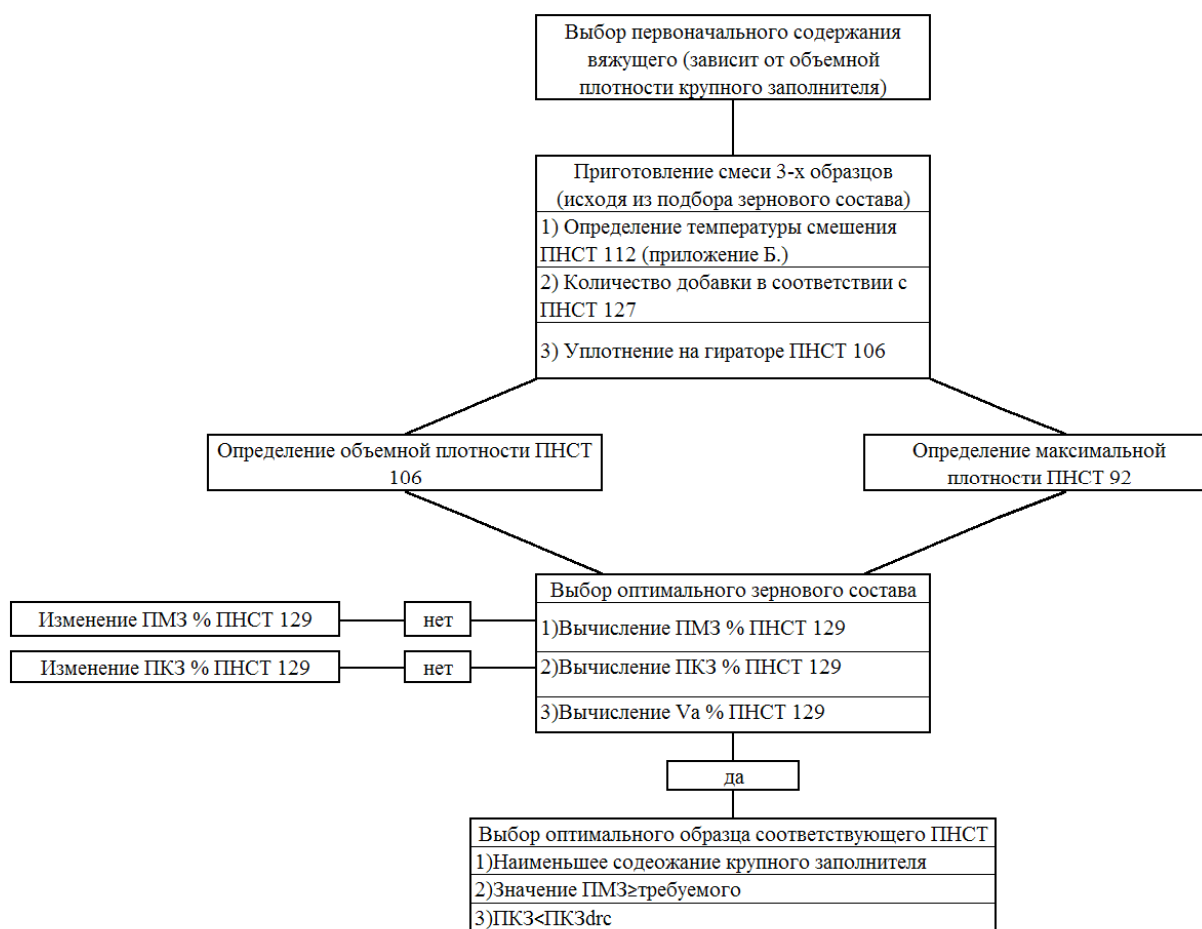


Рис. 3. Второй этап проектирования по технологии Supergrove

На втором этапе подбирают количество вяжущего и приготавливают смесь асфальтобетона на 3-х различных зерновых составах. Полученную смесь испытывают на соответствие ПНСТ и выбирают вариант, который удовлетворяет всем параметрам, рис. 3.

Если такого варианта нет, составляющие смеси пытаются корректировать, если и это не помогает, следует изменить исходные материалы и проделать весь подбор заново.

Таким образом, на основе данной системы возможно проектирование крупнозернистых, мелкозернистых и щебеночно-мастичных асфальтобетонных смесей. Внедрение иностранного опыта в строительстве дорог, может способствовать улучшению и повышению качества российских автомобильных дорог.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Радовский Б.С. Проектирование состава асфальтобетонных смесей в США по методу Суперпейв // Дорожная техника. 2007. № 1. С. 86–99.
2. Кирюхин Г.Н. Плюсы и минусы системы проектирования асфальтобетона «суперпейв» // Мир дорог. 2014. № 74. С. 2–5.
3. Траутвайн А.И., Ядыкина В.В., Муленко Е.С. Изучение физико-механических свойств асфальтобетонных образцов на активированных минеральных порошках различных составов // Строительные материалы и изделия. 2018. Том 1. №4. С. 44–50.
4. ПНСТ 129. Смесей асфальтобетонные щебеночно-мастичные. Введ. 15.07.2016. М.: ООО «ИТЦ». 2016. 12 с.
5. Траутвайн А.И., Яковлев Е.А., Силко А.А. Взаимосвязь деформативной устойчивости асфальтобетонных покрытий и основных свойств органических вяжущих материалов // Известия высших учебных заведений. Строительство. 2017. № 9 (705). С. 50–59.
6. Ядыкина В.В., Гридчин А.М., Траутвайн А.И., Вербкин В.И. Исследование влияния различных полимеров и пластификаторов на свойства битума БНД 60/90 и асфальтобетона на его основе // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2015. № 6. С. 40–45.
7. Траутвайн А.И., Гридчин А.М., Вербкин В.И. Разработка комплексного полимерного вяжущего для органоминеральных смесей, позволяющего снизить образование колеи на асфальтобетонном покрытии // Научно-технические технологии и инновации БГТУ им. В.Г. Шухова. 2014. С. 112–116.
8. Василенко С.Д. Проектирование состава асфальтобетонных смесей в США по методу суперпейв. Технические рекомендации (извлечение). СПб., ЗАО «Кодекс», 2012. 25 с.
9. ПНСТ 127. Смесей асфальтобетонные щебеночно-мастичные. Введ. 15.07.2016. М.: ООО «ИТЦ». 2016. 7 с.
10. ПНСТ 114. Смесей асфальтобетонные дорожные и асфальтобетон. Введ. 28.04.2016. М.: ООО «ЦМИИС». 2016. 11 с.
11. Берилин А., Никольский В., Красоткина И. Опыт применения стандартов Supergravel // Дороги М.: 2016. №3. С. 73–80.
12. Радовский Б.С. Суперпейв: требования к каменному материалу // Автомобильные дороги. 2014. № 7. С. 56–67.
13. Радовский Б.С. Современное состояние разработки американского метода проектирования асфальтобетонных смесей суперпейв // Дорожная техника. 2008. С. 12–22.
14. Беляев Н.Н. Американская система Supergravel: проверка на российских дорогах // Автомобильные дороги. 2014. № 6. С. 62–64.

Информация об авторах

Траутвайн Анна Ивановна, кандидат технических наук, доцент кафедры автомобильных и железных дорог. E-mail: trautvain@bk.ru. Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова, Россия, 308012, Белгород, ул. Костюкова, д. 46.

Акимов Андрей Евгеньевич, кандидат технических наук, ведущий инженер ЦВТ БГТУ им. В.Г. Шухова. E-mail: akimov548@gmail.com. Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова. Россия, 308012, Белгород, ул. Костюкова, д. 46.

Денисов Василий Петрович, заведующий лабораторией. E-mail: wpdbel@mail.ru. Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова. Россия, 308012, Белгород, ул. Костюкова, д. 46.

Лашин Максим Викторович, аспирант. E-mail: Nedostypnbli@yandex.ru. Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова. Россия, 308012, Белгород, ул. Костюкова, д. 46.

Поступила в январе 2019 г.

© Траутвайн А.И., Акимов А.Е., Денисов В.П., Лашин М.В., 2019

¹Traytvain A.I., ¹Akimov A.E., ¹Denisov V.P., ^{1,*}Lashin M.V.
¹Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhov
 Russia, 308012, Belgorod, st. Kostyukova, 46
 *E-mail: Nedostypnbli@yandex.ru

FEATURES OF THE METHOD OF SURROUNDED DESIGN OF ASPHALT-CONCRETE ON SUPERPAVE TECHNOLOGY

Abstract. The article describes the technology of designing asphalt pavements, according to the Superpave method. The Superpave System (SUPERior PERforming Asphalt PAVements) is developed by the US Strategic Highway Research Program (SHRP). The goal of the program is to search for new ways of designing asphalt concrete pavements that will work better under extreme temperatures and intensive traffic loads. The Superpave system is primarily concerned with two problems associated with road surface: constant deformation, which is a consequence of insufficient strength of asphalt concrete in shear at high temperatures; and low-temperature damage, which is formed during the compression of the asphalt concrete pavement, the tensile stress exceeds the tensile strength. The solution of these problems is carried out by the most rational selection of components of the asphalt concrete mix. This technology has interested Russia relatively recently. In 2016, preliminary national standards have been translated and issued. They describe requirements of materials for design and selection of the mixture. The article reviews technical documentation in order to develop a methodology for the selection of asphalt mix. In the course of the research, the technological features of selection and design of the asphalt mix using the given method are considered and a block diagram is made for the selection of asphalt composition. This system makes it possible to design the fine-grained and gravel-mastic asphalt mixes. The introduction of foreign experience in the construction of roads can contribute to the quality improvement of Russian highways.

Keywords: Superpave, design, asphalt pavement, test methods.

REFERENCES

1. Radovskiy B.S. Design of asphalt mixes in the USA by the method of Superpave. Road machinery, 2007, no. 1, pp. 86–99.
2. Kiryhin G.N. Pros and cons of the design of asphalt concrete «Superpave». World of roads, 2014, no. 74, pp. 2–5.
3. Trautvain A.I., Yadykina V.V., Mulenko E.S. Study of the physical and mechanical properties of asphalt concrete samples on activated mineral powders of various compositions. Construction materials and products, 2018, vol. 1, no. 4, pp. 44–50.
4. PNST 129. Asphalt mixes, crushed stone-mastic. Introduced in 15.07.2016. M.: «ITZ», 2016, 12 p.
5. Traytvain A.I., Yakovlev E.A., Silko A.A. Interrelation of deformative stability of asphalt concrete pavements and basic properties of organic binding materials. News of higher educational institutions. Building, 2017, no. 9, pp. 50–59.
6. Yadykina V.V., Gridchin A.M., Traytvain A.N., Verbkin V.I. Study of the effect of various polymers and plasticizers on the properties of BND 60/90 bitumen and asphalt concrete based on it, Bulletin of BSTU named after V.G. Shukhov, 2015, no. 6, pp. 40–45.
7. Traytvain A.I., Gridchin A.M., Verbkin V.I., Development of complex polymer binder for organic mixtures, allowing to reduce the formation of ruts on asphalt concrete pavement. High-Tech Technologies and Innovations of BG TU, 2014, pp. 112–116.
8. Vasilenko S.D. The design of the composition of asphalt mixes in the US by the method of superpave. Technical recommendations (extract). SPB., ZAO «Code», 2012, 25 p.
9. PNST 127. Mixes asphalt shchebeno-mastic. Introduced in 15.07.2016. M.: «ITZ», 2016, 7 p.
10. PNST 114. Asphalt road and asphalt concrete mixes. Introduced in 28.04.2016. M.: «TSMiS», 2016, 11 p.
11. Berilin A., Nikolskiy V., Krasotkina I. Experience using Superpave standards. Roads. M.: 2016, no. 3, pp. 73–80.
12. Radovskiy B.S. Superpave: Stone Material Requirements, Roads, 2014, no. 7, pp. 56–67.
13. Radovskiy B.S. The current state of development of the American method of designing asphalt concrete mixtures Superpave. Road machinery, 2008, pp. 12–22.
14. Belyaew N.N. American Superpave system: checking on Russian roads. Car roads, 2014, no. 6, pp. 62–64.

Information about the authors

Trautvain, Anna I. PhD, Assistant professor. E-mail: trautvain@bk.ru. Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhov. Russia, 308012, Belgorod, st. Kostyukova, 46.

Akimov, Andrey E. PhD, Leading engineer of the Center for High Technologies. E-mail: akimov548@gmail.com. Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhov. Russia, 308012, Belgorod, st. Kostyukova, 46.

Denisov, Vasily P. Head of the laboratory. E-mail: wpdbel@mail.ru. Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhov. Russia, 308012, Belgorod, st. Kostyukova, 46.

Lashin, Maksim V. Research assistant. E-mail: Nedostypnbli@yandex.ru. Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhov. Russia, 308012, Belgorod, st. Kostyukova, 46.

Received in January 2019

Для цитирования:

Траутвайн А.И., Акимов А.Е., Денисов В.П., Лашин М.В. Особенности метода объемного проектирования асфальтобетона по технологии superpave // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2019. № 3. С. 8–14. DOI: 10.34031/article_5ca1f62f6b9a09.67742444

For citation:

Traytvain A.I., Akimov A.E., Denisov V.P., Lashin M.V. Features of the method of surrounded design of asphalt-concrete on superpave technology. Bulletin of BSTU named after V.G. Shukhov, 2019, no. 3, pp. 8–14. DOI: 10.34031/article_5ca1f62f6b9a09.67742444