

Вестник Евразийской науки / The Eurasian Scientific Journal <https://esj.today>

2023, Том 15, № 3 / 2023, Vol. 15, Iss. 3 <https://esj.today/issue-3-2023.html>

URL статьи: <https://esj.today/PDF/23SAVN323.pdf>

Ссылка для цитирования этой статьи:

Бузиков, Ш. В. Повышение эксплуатационных показателей верхнего слоя дорожного покрытия с асфальтовым гранулятом / Ш. В. Бузиков, М. В. Мотовилова // Вестник евразийской науки. — 2023. — Т. 15. — № 3. — URL: <https://esj.today/PDF/23SAVN323.pdf>

For citation:

Buzikov Sh.V., Motovilova M.V. Improving the performance of the top layer of pavement with asphalt granulate. *The Eurasian Scientific Journal*. 2023; 15(3): 23SAVN323. Available at: <https://esj.today/PDF/23SAVN323.pdf>. (In Russ., abstract in Eng.)

УДК 625.7.8

Бузиков Шамиль Викторович

ФГБОУ ВО «Вятский государственный университет», Киров, Россия
Доцент

Кандидат технических наук

E-mail: shamilvb@mail.ru

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3769-3253>

WoS: <https://www.webofscience.com/wos/author/rid/I-3817-2017>

SCOPUS: <https://www.scopus.com/authid/detail.url?authorId=57200721408>

Мотовилова Марина Владимировна

ФГБОУ ВО «Вятский государственный университет», Киров, Россия
Доцент

Кандидат технических наук

E-mail: Marina_mtd@mail.ru

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6857-3126>

Повышение эксплуатационных показателей верхнего слоя дорожного покрытия с асфальтовым гранулятом

Аннотация. Нормативный эксплуатационный срок и качество асфальтобетона один из основных и важных показателей состояния верхнего слоя дорожного покрытия дорог общего пользования. В статье рассмотрены моменты нарушения целостности и ровности верхнего слоя асфальтобетона при интенсивной колесной нагрузке транспортного средства в зависимости от нормативного срока эксплуатации. Эксплуатационные показатели характеризуются прочностными и деформационными характеристиками.

Определена цель — повышение качества дорожного покрытия из горячих асфальтобетонных смесей с заданными эксплуатационными прочностными и деформационными свойствами с учетом использования асфальтового гранулята. Для достижения поставленной цели авторами рассмотрены факторы, влияющие на эксплуатационные показатели верхнего слоя дорожного покрытия с асфальтовым гранулятом.

Актуальность данного направления заключается в развитии дорог общего пользования и реализуется в рамках национального проекта Безопасные и качественные автомобильные дороги в формировании верхнего слоя дорожного покрытия с заданными физико-механическими свойствами, определяющими нормативный срок эксплуатации, а также безопасности движения.

Предложен способ формирования асфальтобетона с использованием асфальтового гранулята двух типоразмеров за счет повышения плотности, прочности и сохранением структуры дорожного покрытия. Приведена схема деформации нежёсткой дорожной одежды с асфальтобетонным покрытием под колесом транспортного средства. Прочность дисперсной системы зависит от фракционного размера подготовленного асфальтового гранулята. Использование гранулята в соотношении 20 % и 80 % по гранулометрическому показателю улучшает прочностные параметры, повышает адгезию вяжущего и водостойкость. Авторами рассмотрен вариант применения гранулята в соотношении 20 % мелкодисперсной фракции 0,1–5 мм и 80 % фракции имеющий размер 5–35 мм. Объемный состав гранулята в общем объеме смеси составляет от 25 % до 30 %. По результатам эксперимента обоснован фракционный и объемный типоразмер асфальтового гранулята в общем объеме смеси.

Ключевые слова: эксплуатационные; прочностные и деформационные показатели; асфальтобетонное и дорожное покрытие; асфальтовый гранулят

Введение

Увеличение интенсивности движения автомобильных потоков, скоростной нагрузки, грузоподъемности приводит к повышенному воздействию динамических и циклических нагрузок от колес транспортного средства на верхний слой дорожного полотна. В результате повышенной эксплуатации асфальтобетона в верхнем слое накапливаются упругие и пластические деформации, напряжения сдвига, формируются трещины, волны, наплывы. Возникающие дефекты ухудшают безопасность движения, отрицательно сказываются на эффективной работе транспорта, а также ускоряют износ как асфальтобетонного покрытия, так и транспортного средства.

Возникает необходимость в повышении эксплуатационного срока службы дорожного покрытия, а также более рационального расходования материально-технических ресурсов на всех стадиях формирования и укладки асфальтобетона. Принятый в стандарте показатель сдвигоустойчивости не всегда позволяет получить дорожное покрытие с необходимыми прочностными и упругими свойствами для участков с повышенным воздействием от колесной нагрузки. Так как асфальтобетонные покрытия разрабатываются на основе ГОСТ Р 59300-2021, ГОСТ Р 59302-2021 и СП для усредненной нагрузки от колесного транспортного средства для дорог общего пользования.

Распространенная оценка прочности верхнего слоя асфальтобетона при изгибе из условия вязкопластического разрушения не может в полной мере гарантировать обеспечение устойчивости покрытия к образованию трещин. Целесообразно уточнить условия предельного состояния асфальтобетона, при которых происходит пластический сдвиг от переменной нагрузки. А также какие меры позволяют повысить эксплуатационное качество дорожного покрытия в городских условиях с особенностями природного рельефа. От применяемой технологии и качества выполненных работ зависит дальнейшая эксплуатация асфальтобетонного покрытия. Возникает необходимость в повышении эксплуатационного срока службы дорожного покрытия, а также более рационального расходования материально-технических ресурсов на всех стадиях формирования и укладки асфальтобетона.

Цель данной работы является повышение качества дорожного покрытия из горячих асфальтобетонных смесей с заданными эксплуатационными прочностными и деформационными свойствами.

Данную задачу можно решить при формировании рабочей смеси с добавлением асфальтового гранулята. На первом этапе определяются и обосновываются факторы задающие необходимые прочностные и деформационные свойства при эксплуатации дорожного полотна.

Далее обосновывается характер контакта поверхности подготовленного (измельченного) гранулята в зоне соприкосновения с вяжущими компонентами. На третьем этапе формируется смесь в соответствии с фракционным размером асфальтового гранулята. Обосновывается технологическая последовательность подготовки смеси для формирования дорожного покрытия с заданными эксплуатационными прочностными и деформационными свойствами.

Актуальность данного направления заключается в развитии дорог общего пользования и реализуется в рамках национального проекта Безопасные и качественные автомобильные дороги. Дорожное покрытие с заданными свойствами оказывает влияние на эффективные, экономические и экологические показатели транспортного средства, а также на безопасность его движения. Формирование качественного покрытия гарантирует нормативный период срока эксплуатации асфальтобетона.

Практическая ценность работы заключается во взаимном сочетании прочностных и деформационных характеристик асфальтобетонных покрытий при использовании асфальтового гранулята, с учетом рационального расходования материально-технических ресурсов на всех стадиях формирования. Данная технология учитывает нагрузку интенсивного движения транспортных средств и специфику городских условий эксплуатации дорожного покрытия.

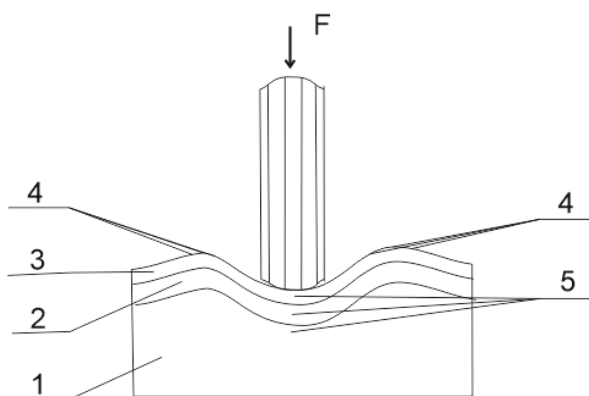
Основная часть

При интенсивной эксплуатации дорожного покрытия в условиях городской застройки с особенностями природного рельефа срок эксплуатации не выдерживает нормативного периода. Физико-механические свойства асфальтобетона меняются непрерывно в течении всего срока эксплуатации под действием множества факторов, причем влияние факторов различны в разные периоды эксплуатации дорожного полотна. Асфальтобетон под действием комплекса показателей: механических нагрузок транспортного средства, интенсивности движения, состава транспортного потока, грунтово-геологических условий, рельефных и ландшафтных особенностей, условий стока поверхностных вод, а также климатического воздействия изменяет характеристики на прочность, сдвигоустойчивость и пластичность [1]. Нарушается стабильная структура в битумных пленках, в результате необратимых процессов [2]. Все перечисленные условия приводят к снижению транспортно-эксплуатационных характеристик автомобильных дорог общего пользования [3; 4]. Происходит постепенное накопление остаточных деформаций, усталостных процессов в верхнем слое дорожного полотна, образование дефектов и нарушение ровности асфальтобетона. Дефекты верхнего слоя дорожного покрытия на дорогах общего пользования представлены на рисунке 1.



Рисунок 1. Дефекты верхнего слоя дорожного покрытия на дорогах общего пользования (фото выполнено авторами)

Некоторые участки дорог общего пользования испытывают повышенную интенсивность движения и осевую нагрузку транспортных средств. Одним из факторов, влияющих на эксплуатационный период, относят горизонтальную и вертикальную динамическую нагрузку от колеса транспортного средства (рис. 2). Рассматривая связь упругого прогиба с радиусом кривизны, с предельным сдвигом верхнего слоя дорожного покрытия и относительным удлинением, целесообразно использовать упругий прогиб покрытия как характеристику состояния всей конструкции. При этом необходимо учитывать не только, уже сейчас увеличивающуюся интенсивность движения и осевую нагрузку транспортных средств, но и предусмотреть дальнейшее суммарное повышение нагрузки на асфальтобетон.



1 — земляной грунт; 2 — основание; 3 — асфальтобетонное покрытие; 4 — зона максимального растяжения; 5 — зона максимальных напряжений сдвига

Рисунок 2. *Схема деформации нежесткой дорожной одежды с асфальтобетонным покрытием под колесом транспортного средства (составлено авторами)*

В точке контакта покрышки колеса с верхним слоем дорожного покрытия происходят быстрые сжимающие вертикальные напряжения, зависящие от массы транспортного средства. А также горизонтальные напряжения от процесса торможения, сил тяги при разгоне, а также от центробежных сил при повороте транспортного средства. В результате взаимного сложения от двух действующих сил процесс деформации верхнего слоя дорожного полотна рассматривается как бегущая изгибная волна. Данный процесс приводит к нарушению связи минеральных частиц с поверхностями битумных пленок, а также нарушению целостности пленок битума на зернах минерального наполнителя. Наблюдается изменение по объемному размеру крупных частиц (крупные частицы образуют каркас в покрытии), входящих в состав смеси и их локальное разрушение с нарушением на этой поверхности битумных пленок.

Асфальтобетонная смесь рассматривается как сложная физико-химическая система. А современная, распространенная теория рассматривает состав асфальтобетона как смесь структурных составляющих: минерального заполнителя (щебень, песок, гравий), которые имеют согласно ГОСТ 9128-2013 размерный ряд. И второго основного компонента асфальто вяжущего, в состав которого входит минеральный порошок и битум.

Процесс старения сопровождается постоянным изменением свойств и состава битума в процессе эксплуатации асфальтобетона. При этом наблюдается снижение вязкопластических свойств и гидрофобности, повышение хрупкости. Так как с течением времени происходит испарение масел и летучих компонентов присутствующих в составе битума.

В результате анализа зарубежных и отечественных источников информации, а также исследований, проведенных авторами [5–8] обобщенный коэффициент усталости верхних слоев асфальтобетонного покрытия зависит от состава компонентов, формирующих смесь, пористости, вязкости и равномерного содержания битума по всем фракциям смеси. Плотность асфальтобетона характеризуется его остаточной пористостью, значения пористости равные не более 2 % от объема необходимы для компенсации тепловых колебаний. Пористость более 2 % может приводить к неоднородности теплового расширения, а также резко увеличивать давление в порах, заполненных водой в зоне контакте колеса с сырым асфальтом [9]. Значение давления зависит от сети разветвленных пор в асфальтобетоне, местоположения по высоте верхнего слоя дорожного полотна и геометрических параметров самих пор и модуля упругости.

Одна из распространенных технологий формирования качественного дорожного покрытия с рациональным использованием материально-технических ресурсов на всех стадиях формирования и укладки асфальтобетона может служить технология с использованием асфальтового гранулята, полученного в результате фрезерования старого асфальтобетонного покрытия [10; 11].

Данная практика довольно успешно применяется в странах Европы, использование переработанного асфальтобетона достигает 90–95 %.

Применяя асфальтовый гранулят необходимо учитывать, что это смесь минеральных компонентов. При предварительном измельчении (подготовке) асфальтового гранулята образуются поверхности, покрытые пленкой (участки строй битумной пленки) и сухие поверхности в результате фрезерования старого асфальтобетона [12; 13]. Размер асфальтового гранулята составляет 0,1–70 мм.

Формирование прочностных, плотностных и деформационных показателей происходит за счет размерного ряда и объемной доли каждого типоразмера, применяемого гранулята. Для улучшения адгезии, водостойкости и деформационных свойств формируют смесь с размером гранулята 0,1–10 мм и объемной долей более 70 %. Данные показатели не приемлемы для дорог общего пользования в городской застройке. При формировании верхнего слоя дорожного полотна с гранулятом 10–70 мм и объемной долей более 70 % наблюдается повышение прочностных свойств сформированного асфальтобетонного покрытия, однако деформационные свойства покрытия снижаются.

Состав и размер гранулята определяется в соответствии с требованиями ГОСТ Р 55052-2012:

$$x = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n}, \quad (1)$$

где x_i — значение показателя в i -той пробе; n — число испытанных проб в партии гранулята.

Для обеспечения в асфальтобетоне заданных повышенных прочностных и упругих характеристик необходимо обеспечить равномерное и однородное расположение компонентов и вяжущих в смеси. Прочность структуры асфальтобетона зависит от размерного ряда, предварительно подготовленного гранулята и согласно выражению (2) обратно пропорционально размеру частицы гранулята [14]:

$$\sigma = \frac{kF_{\text{сц}}f(n)}{d^2}, \quad (2)$$

где σ — прочность дисперсионной системы; k — коэффициент, учитывающий микрогеометрию структуры; $F_{\text{сц}}$ — значение сил взаимодействия между частицами; $f(n)$ — коэффициент концентрации дисперсной фазы в дисперсной среде; d — размер частицы (дисперсная фаза).

Для формирования дорожного покрытия необходимой прочности и устойчивости к сдвигу необходимо обеспечить плотное и однородное расположение частиц и компонентов в смеси. Данное условие достигается при введении в смесь фракции гранулята размером 5–35 мм и объемом данной фракции 80 %, а мелкофракционная часть асфальтового гранулята соответствующая размерному ряду 0,1–5 мм вводилась в объеме 20 %. Объемная доля асфальтового гранулята двух типоразмеров соответствовала 25–30 % от общего объема смеси.

Для формирования качественной смеси целесообразно сделать обработку всех поверхностей измельченного гранулята поверхностно-активными веществами (ПАВ). Данная обработка обеспечивает хорошее взаимодействие битума с гранулятом и всеми компонентами смеси в зоне контакта. Толщина технологической пленки на поверхности гранулята составляет от 2 до 12 мкм в зависимости от его размера.

В начале эксплуатации любого дорожного покрытия, на первой стадии старения асфальтобетона происходит его упрочнение от действия нагрузки транспортных средств. На этом этапе взаимодействие битума с минеральными материалами, очень сильное, идет перераспределение битума в объеме битумных пленок по их толщине. Под влиянием циклической и динамической нагрузки от колес транспортного средства наблюдается стабилизация структуры в пленке битума, что приводит к упрочнению связи в зоне контакта минеральный материал — вяжущее. Применение гранулята в составе смеси дополнительно упрочняет структуру асфальтобетона так как связи в грануляте уже сформированы и прочностные свойства сохраняются от предыдущей укладки.

Технология по формированию асфальтобетонного покрытия с использованием гранулята двух типоразмеров в составе смеси проводилась при ремонте автомобильных дорог общего пользования Кировской области строительной организацией АО «Вятавтодор» (г. Киров). Данные экспериментальные исследования по формированию и укладке дорожного полотна проходили в рамках реализации национального проекта «Безопасные и качественные автомобильные дороги» (БКАД). Контроль прочностных и упругих характеристик производился контрольно-измерительным оборудованием АО «Вятавтодор».

На первом этапе фрезерованный асфальтовый гранулят подвергался измельчению, сортировке по фракциям 0,1–5 мм и 5–35 мм. При попадании асфальтогранулята в размерный ряд 35–70 мм проводилось повторное измельчение и сортировка. Гранулят попавший в мелкофракционный размерный ряд 0,05–1 мм позволяет сократить объем применяемого минерального порошка от 3 % до 5 %, что экономически эффективно. Объемная доля асфальтового гранулята двух типоразмеров соответствовала 25–30 % от общего объема смеси. Применение гранулята размером 0,5–5 мм более 20 % от общего объема гранулята способствует увеличению деформативных свойств верхнего слоя покрытия, что приводит к появлению неровностей, волн и сдвига на дорогах общего пользования с высокой степенью интенсивной эксплуатации.

Гранулят размером 5–30 мм в объеме 80 % от общего объема гранулята дает упрочнение дорожного покрытия, так как гранулят по механическим свойствам приближается к щебеночной фракции.

На втором этапе подготавливалась горячая асфальтобетонная смесь с обработанным гранулятом поверхностно-активными веществами и добавкой пластификатора для битума. Подготовленной асфальтобетонной смесью формировался верхний слой дорожного полотна при ремонте автомобильных дорог общего пользования Кировской области. Данный этап завершался постепенным уплотнением горячей асфальтовой смеси.

Структуру поверхностного слоя асфальтобетона контролировали с помощью стереоскопического микроскопа. Результаты проведенной работы при ремонте автомобильных дорог общего пользования позволяют судить об увеличении прочности верхнего слоя дорожного покрытия до 4,65 МПа, что обеспечивает нормативный срок эксплуатации асфальтового покрытия. Определение дефектов дорожного покрытия инструментальным способом представлено на рисунке 3.



Рисунок 3. Измерение дефектов дорожного покрытия (фото выполнено авторами)

В течении эксплуатации асфальтового покрытия в теплый период времени с интенсивной солнечной радиацией на дорогах наблюдается сохранение структуры асфальтового гранулята в верхнем слое дорожного покрытия, что подтверждает увеличение прочностных свойств и улучшение параметра по сдвигоустойчивости (рис. 4).



Рисунок 4. Эксплуатация дорожного покрытия после ремонта (сохранение структуры с асфальтовым гранулятом) (фото выполнено авторами)

Параметр по напряжению сдвига фиксировался при помощи пластомера и рассчитывался по зависимости:

$$T_{50} = k_k \frac{N}{h^2}, \quad (3)$$

где N — нагрузка во время испытания; h — глубина погружения конуса; k_k — численное значение константы конуса (угол заострения 30°).

Показатели предела прочности при температуре 20°C находятся в пределах 4,25–4,65 МПа.

Заключение

Выявлены основные факторы, оказывающие влияние на формирование верхнего слоя дорожного полотна с заданными физико-механическими свойствами при использовании асфальтового гранулята двух типоразмеров.

Определена зависимость прочностных, плотностных и деформационных показателей за счет размерного ряда и объемной доли каждого типоразмера, используемого гранулята.

Повышенное взаимодействие гранулята с битумом в зоне контакта обеспечивается обработкой ПАВ сухих фрезерованных поверхностей и участков гранулята имеющие пленки от предыдущего асфальтобетона.

При формировании горячей асфальтобетонной смеси обоснован фракционный и объемный размер асфальтового гранулята. Целесообразно применение гранулята в соотношении 20 % мелкодисперсной фракции 0,1–5 мм и 80 % фракции имеющий размер 5–35 мм. Объемный состав гранулята в общем объеме смеси составляет от 25 % до 30 %.

ЛИТЕРАТУРА

1. Углова Е.В. Влияние погодных-климатических факторов на усталостную долговечность асфальтобетона / Е.В. Углова, Б.В. Бессчетнов // Известия высших учебных заведений. Строительство. — 2009. — № 7. — С. 70–76.
2. Гончаренко В.В. О критериях оценки усталостной прочности дорожных асфальтобетонов / В.В. Гончаренко, Е.А. Ромасюк // Вестник Донбасской национальной академии строительства и архитектуры. — 2012. — № 1. — С. 172–178.
3. Халиулина Л.Э. Долговечность асфальтобетонных покрытий / Л.Э. Халиулина // Научный журнал. — 2018. — № 6(29). — С. 26–27.
4. Ястремский Д.А. Проблема повышения долговечности асфальтобетонного покрытия и пути её решения / Д.А. Ястремский, Т.Н. Абайдуллина, П.В. Чепур // Современные наукоемкие технологии. — 2016. — № 3-2. — С. 307–310.
5. Farina A. Life cycle assessment applied to bituminous mixtures containing recycled materials: Crumb rubber and reclaimed asphalt pavement / A. Farina, M.C. Zanetti, E. Santagata, G.A. Blengini // Resources, Conservation and Recycling. — 2017 — № 117. — P. 204–212.
6. Kareem A.I. Performance of hot-mix asphalt produced with double coated recycled concrete aggregates / A.I. Kareem, H. Nikraz, H. Asadi // Constr. Build. Mater. — 2019 — № 205. — P. 425–433.
7. Конорева О.В. Анализ методов прогнозирования усталостной долговечности асфальтобетонных покрытий / О.В. Конорева // Научное обозрение. — 2014. — № 11-3. — С. 727–730.
8. Руденский А.В. Определение расчетных значений модуля упругости асфальтобетона по результатам экспериментального определения фактических значений модуля упругости / А.В. Руденский // Дороги и мосты. — 2010. — № 23. — С. 222–227.

9. Кириллов А.М. Интерпретация свойств асфальтобетона в дорожном покрытии / Кириллов А.М., Завьялов М.А. // Строительные материалы. — 2015. — № 4. — С. 87–92.
10. Лупанов А.П. Повторное использование асфальтобетона / А.П. Лупанов, В.В. Силкин, В.В. Рудакова, Н.В. Гладышев, А.В. Силкин // СТТ: Строительная техника и технологии. — 2016. — Т. 4. — № 4. — С. 76–79.
11. Кобцев Д.В. Асфальтогранулят-перспективный материал в дорожном строительстве / Д.В. Кобцев, Е.А. Кобушко // Международная научно-техническая конференция молодых ученых БГТУ имени В.Г. Шухова. — 2017. — С. 2125–2131.
12. Mills-Beale J. The mechanical properties of asphalt mixtures with Recycled Concrete Aggregates / J. Mills-Beale // Constr. Build. Mater. — 2010 — № 24(3). — P. 230–235.
13. Qasrawi H. Effect of bitumen grade on hot asphalt mixes properties prepared using recycled coarse concrete aggregate / H. Qasrawi, I. Asi // Constr. Build. Mater. — 2016 — № 121. — P. 18–24.
14. Урьев Н.Б. Физико-химические основы технологии дисперсных систем и материалов. — Химия, 1988. 256 С.

Buzikov Shamil Viktorovich

Vyatka State University, Kirov, Russia

E-mail: shamilvb@mail.ru

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3769-3253>

WoS: <https://www.webofscience.com/wos/author/rid/I-3817-2017>

SCOPUS: <https://www.scopus.com/authid/detail.url?authorId=57200721408>

Motovilova Marina Vladimirovna

Vyatka State University, Kirov, Russia

E-mail: Marina_mtd@mail.ru

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6857-3126>

Improving the performance of the top layer of pavement with asphalt granulate

Abstract. The normative operational life and quality of asphalt concrete is one of the main and important indicators of the condition of the upper layer of the road surface of public roads. The article considers the moments of violation of the integrity and evenness of the top layer of asphalt concrete under intense wheel load of the vehicle, depending on the standard service life. Performance indicators are characterized by strength and deformation characteristics.

The goal is to improve the quality of the pavement made of hot asphalt concrete mixtures with specified operational strength and deformation properties, taking into account the use of asphalt granulate. To achieve this goal, the authors considered the factors affecting the performance of the upper layer of pavement with asphalt granulate.

The relevance of this direction lies in the development of public roads and is being implemented within the framework of the national project Safe and high-quality highways in the formation of the upper layer of the road surface with specified physical and mechanical properties that determine the standard service life, as well as traffic safety.

A method for the formation of asphalt concrete using asphalt granulate of two standard sizes is proposed by increasing the density, strength and preserving the structure of the pavement. The scheme of deformation of non-rigid pavement with asphalt concrete pavement under the wheel of the vehicle is given. The strength of the dispersed system depends on the fractional size of the prepared asphalt granulate. The use of granulate in the ratio of 20 % and 80 % according to the granulometric index improves strength parameters, increases the adhesion of the binder and water resistance. The authors considered a variant of the use of granulate in the ratio of 20 % of the fine fraction 0.1–5 mm and 80 % of the fraction having a size 5–35 mm. The volume composition of the granulate in the total volume of the mixture is from 25 % to 30 %. According to the results of the experiment, the fractional and volumetric standard size of asphalt granulate in the total volume of the mixture is justified.

Keywords: operational; strength and deformation indicators; asphalt concrete and road surface; asphalt granulate