

СТРОИТЕЛЬСТВО И ЭКСПЛУАТАЦИЯ ДОРОГ

УДК 625.7/.8

В. В. Губа, канд. техн. наук, К. Р. Губа, Л. Н. Третьякова

Автомобильно-дорожный институт (филиал)
федерального государственного бюджетного образовательного учреждения
высшего образования «Донецкий национальный технический университет»
в г. Горловка

АСФАЛЬТНЫЙ ГРАНУЛЯТ – КАЧЕСТВЕННОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ В СОСТАВЕ АСФАЛЬТОБЕТОННОЙ СМЕСИ

Асфальтобетонное покрытие в процессе своего жизненного цикла претерпевает изменения, на нем появляются дефекты и разрушения, которые не позволяют транспортным средствам выполнять безопасное движение. Непригодное для эксплуатации покрытие фрезеруется и полученный асфальтный гранулят может быть использован в новой асфальтобетонной смеси. Асфальтный гранулят сохраняет все свойства композиционного материала. Подтверждение качества асфальтного гранулята должно проводиться по всем основным показателям и соответствовать нормативным документам. Качество асфальтобетонной смеси с асфальтным гранулятом должно соответствовать требованиям, выдвигаемым к классической асфальтобетонной смеси.

Ключевые слова: асфальтобетонная смесь, асфальтный гранулят, качество асфальтного гранулята, битум, модифицирующие добавки

Введение

Постоянно проводимый мониторинг автомобильных дорог Донбасса показывает снижение срока их эксплуатации. Снижение срока эксплуатации вызвано постоянно накапливаемыми остаточными деформациями и разрушениями нежестких дорожных асфальтобетонных покрытий. Также необходимо отметить осенне-весенний период, в котором происходит изменение устойчивости земляного полотна, что влечет за собой изменение устойчивости дорожной одежды и покрытия в целом. В летнем периоде, кроме нагрузок от транспортных средств, на дорожное покрытие оказывает влияние температура окружающей среды, которая на дорожном покрытии достигает максимальных значений. В этот период происходит размягчение органического вяжущего, что, в свою очередь, приводит к «подвижности» асфальтобетона и изменению его прочностных характеристик. В дальнейшем это приводит к образованию дефектов и разрушений дорожного покрытия и дорожной одежды. Поэтому повышение срока эксплуатации нежестких дорожных асфальтобетонных покрытий является актуальной задачей.

Постановка проблемы

Общая протяженность автомобильных дорог новых субъектов Российской Федерации составляет 1039 км. В национальном проекте РФ «Безопасные и качественные дороги» находится актуализированная информация о состоянии и качестве дорог общего пользования, федерального, регионального и межмуниципального значения. Поэтому первостепенными задачами эксплуатирующей организации является выявление дорог с несоответствующим эксплуатационным состоянием и выполнение соответствующих ремонтных работ [1].

При выполнении ремонтных работ нежесткого дорожного асфальтобетонного покрытия могут быть использованы материалы, которые были получены путем фрезерования старого разрушенного дорожного покрытия или дорожной одежды. Вторичное использование материалов позволит решить проблему дорогостоящих дорожно-строительных материалов и утилизацию отходов, получаемых при ремонте автомобильных дорог.

Анализ публикаций

Анализ публикаций, нормативных документов, теоретических и экспериментальных исследований А. С. Колбановской, В. В. Михайлова, Л. М. Гохмана, В. А. Золотарева, Л. Б. Гезенцева, В. И. Братчуна, И. М. Руденской, А. В. Руденского и других ученых позволяет сделать вывод о том, что при формировании оптимальной структуры асфальтобетона необходимо использовать качественные материалы и правильно подобранное их соотношение. При выполнении этих условий выполняется главное условие всех асфальтобетонных смесей – это структурированные связи между минеральной частью и органическим вяжущим [2].

В 1979 году на производственной площадке АБЗ-1 «Реноватор» выполняли производство асфальтобетонной смеси из переработанного асфальтобетона, который привозили из разных районов города, где выполнялись ремонтные работы дорожного покрытия. Анализ архивных документов и результатов испытаний полученной смеси показали, что технологию, а также производственные возможности по выпуску смеси необходимо совершенствовать. В дальнейшем это дало возможность многим ученым заниматься вопросом получения качественной асфальтобетонной смеси, в которой используется старый сфрезерованный асфальтобетон. За рубежом технология использования фрезерованного асфальтобетона широко используется и совершенствуется. В настоящее время в РФ продолжают разрабатываться и совершенствоваться различные нормативные документы, которые основываются на результатах многолетнего предыдущего опыта.

Цель исследования

Целью работы является анализ требований, выдвигаемых к асфальтному грануляту, который в дальнейшем будет использован в асфальтобетонной смеси для выполнения ремонтных работ на жестком дорожном асфальтобетонном покрытии.

Основной материал

Последние несколько десятилетий в России активно изучается технология повторного использования старого асфальтного гранулята (АГ) в различных слоях дорожной одежды и дорожного покрытия. Происходит обмен опытом, проводятся лабораторные и производственные эксперименты по использованию асфальтного гранулята в асфальтобетонной смеси, а также создаются опытные участки, на которых применяются полученные результаты.

Анализ и сравнение результатов отечественного и зарубежного опыта позволяет использовать положительные результаты и продолжать исследование возможности качественного применения асфальтного гранулята. Нормативный документ ГОСТ Р 55052-2012 [3] определяет требования и технические условия, выдвигаемые к асфальтному грануляту. Данный стандарт классифицирует асфальтный гранулят по крупности, агрегатному составу и наличию инородных включений. Такая классификация необходима, так как на асфальтобетонный завод (АБЗ) может поступать старый фрезерованный асфальтобетон одного класса, но с разным потенциалом дальнейшего использования. Как пример можно сравнить асфальтный гранулят на щебне из габбро-диабазы и полимерно-битумного вяжущего, который был сфрезерован спустя два года эксплуатации, и асфальтный гранулят на гранитном щебне и битуме нефтяном дорожном (БНД), который был сфрезерован спустя 8–20 лет. Физико-механические и физико-химические характеристики данных материалов будут значительно отличаться друг от друга. Поэтому материал, который приходит на АБЗ с разных объектов, должен храниться отдельными партиями и штабелями, с разделением по классам [4].

Асфальтный гранулят, который поступает на производственные площадки АБЗ, не всегда паспортизируется, поэтому все необходимые данные по доставленному материалу получают в производственной лаборатории. По лабораторным результатам выполняют разделение асфальтного гранулята по классам. Согласно ГОСТу Р 55052-2012 [3] асфальтный

гранулят должен сопровождаться документом о качестве, содержащим информацию по показателям, которые необходимо знать перед его использованием (таблица).

Таблица – Перечень необходимых показателей качества асфальтного гранулята

Вид материала	Показатели
Асфальтный гранулят	1. Максимальный размер. 2. Содержание вяжущего. 3. Истинная плотность. 4. Инородные включения. 5. Слой фрезерования
Минеральная часть асфальтного гранулята	1. Вид каменного материала (щебень, гравий). 2. Гранулометрический состав: – доля 0/0,063 мм; – доля 0,063/2 мм; – доля 2/D. 3. Форма зерен, лещадность. 4. Доля дробленых поверхностей. 5. Абразивный износ. 6. Прочность
Вяжущее вещество, выделенное из асфальтного гранулята	1. Вид вяжущего. 2. Температура размягчения. 3. Глубина проникания иглы при 25 °С

Используя перечень показателей, приведенных в таблице, асфальтный гранулят можно рационально размещать и хранить, а также найти оптимальное применение после оценки однородности партии. Норматив [3] предусматривает, что в одной партии может быть получено не более 2000 т продукта одного состава. Поэтому необходимым условием для реализации данной технологии хранения материала является наличие необходимых складских площадей с навесами, поделенных на сектора для раздельного хранения асфальтного гранулята по фракциям, типу вяжущего, виду каменного материала и агрегатному составу. Для минимизации количества влаги в асфальтном грануляте необходимо устраивать навесы.

При определении пригодности асфальтного гранулята, в первую очередь, необходимо проанализировать из какого слоя дорожной одежды или покрытия поступила партия материала. Асфальтный гранулят из верхнего слоя дорожного покрытия подходит для использования в асфальтобетонной смеси, которая может быть уложена во всех слоях дорожного покрытия. Асфальтный гранулят из нижнего слоя дорожного покрытия подходит для использования в асфальтобетонной смеси, которая может быть уложена в нижнем слое дорожного покрытия, дорожной одежды и в слоях основания. Асфальтный гранулят из слоев основания подходит для использования в асфальтобетонной смеси, которая используется только в слоях основания.

Определение максимально возможного количества добавления асфальтного гранулята для производства асфальтобетонной смеси является вторым этапом в процессе определения пригодности асфальтного гранулята. При этом уже известно, из какого слоя получен материал, его фракция, вид минеральной части и органического вяжущего. На этом этапе оценивается однородность полученной партии для того, чтобы определить в какие марки и типы асфальтобетонных смесей, а самое главное в каком количестве, можно вводить данную партию асфальтного гранулята. Дополнительно на АБЗ учитывается производственное оборудование для ввода асфальтного гранулята.

Решающим критерием для определения максимального количества добавляемого асфальтного гранулята является ограничение имеющегося технологического оборудования и тип нагрева. Существует несколько технологий нагрева асфальтного гранулята:

1. От горячего щебня – холодный способ подачи асфальтного гранулята. Ограничения по вводу асфальтного гранулята – до 30 %.

2. Через «кольцо» сушильного барабана. Ограничение по вводу асфальтного гранулята – до 40 %.

3. В дополнительных устройствах – отдельный сушильный барабан для асфальтного гранулята. Ограничение по вводу асфальтного гранулята – до 100 % (в реальных условиях АБЗ до 80 %).

4. В барабане непрерывного действия. Ограничения по вводу асфальтного гранулята – до 70 %.

Следующим шагом после определения максимального количества асфальтного гранулята является выбор состава асфальтобетонной смеси. Для этого необходимо:

- рассчитать гранулометрическую кривую асфальтобетонной смеси с учетом гранулометрического состава асфальтного гранулята по критериям двух кривых;
- определить количество добавляемого битума;
- рассчитать температуру размягчения добавляемого битума.

Зная температуру размягчения битума в асфальтном грануляте и температуру размягчения добавляемого нового битума, можно спрогнозировать температуру размягчения смешанного (конечного) битума в асфальтобетонной смеси. При использовании асфальтного гранулята важно понимать какие свойства нужны в исходном битуме, чтобы свойства смешанного (конечного) битума в асфальтобетонной смеси с асфальтным гранулятом соответствовали требуемому стандарту для данной марки асфальтобетонной смеси.

Отечественный и зарубежный опыт определения температуры размягчения битума отражен в нормативном документе [3] и определяется по формуле

$$T_{разм.Б} = a \cdot T_{разм.Б1} + b \cdot T_{разм.Б2}, \quad (1)$$

где a – массовая доля вяжущего из асфальтного гранулята;

b – массовая доля добавляемого нового битума;

$T_{разм.Б}$ – температура размягчения смешанного (конечного) битума в асфальтобетонной смеси;

$T_{разм.Б1}$ – температура размягчения выделенного из асфальтного гранулята вяжущего;

$T_{разм.Б2}$ – температура размягчения добавляемого нового битума в асфальтобетонную смесь.

Зарубежный опыт использования битума и асфальтного гранулята основывается на следующих ограничениях:

1. Может быть использован битум той же марки, что и требуемый, либо битум не более чем на одну марку мягче требуемого.

2. При добавлении асфальтного гранулята температура размягчения смешанного (конечного) битума должна быть в пределах требуемой марки для асфальтобетонной смеси.

3. Не должны использоваться более низковязкие марки дорожного битума, чем аналогичные марки БНД 70/100.

В РФ третье ограничение не действует, так как действующее районирование территории в зависимости от климатических условий предусматривает использование марок битума с вязкостью ниже, чем БНД 70/100.

При проектировании асфальтобетонных смесей, в которые входит асфальтный гранулят, основным критерием выбора битумного вяжущего является его марка, соответствующая требованиям [5]. В связи с чем необходимо особое внимание уделять свойствам битумного вяжущего. Немногие производители асфальтобетонных смесей могут иметь на складе разные

марки битума, чтобы использовать его при изготовлении смесей с различным содержанием асфальтного гранулята. Поэтому возникает потребность в использовании различных добавок для восстановления свойств состаренного битумного вяжущего.

Полученный из асфальтного гранулята битум имеет значительно сниженные свойства из-за:

- воздействия высоких температур при приготовлении асфальтобетонной смеси;
- адсорбционного старения и структурообразования при транспортировке и укладке;
- различных воздействий во время эксплуатации асфальтобетона.

Для оценки влияния модифицирующих добавок на свойства битума, содержащегося в асфальтном грануляте, необходимо проводить исследования по показателям:

- глубина проникания иглы при температуре 25 °С;
- растяжимость при температуре 25 °С;
- температура размягчения по кольцу и шару;
- температура хрупкости по Фраасу.

Количество модифицирующей добавки необходимо выбирать в соответствии с рекомендациями производителей. Экспериментальные исследования показали, что введение модифицирующих добавок в битум увеличивает показатель пенетрации, снижает растяжимость и температуру размягчения битума.

Введение асфальтного гранулята в состав асфальтобетонной смеси приводит к увеличению ее прочностных свойств, уменьшению показателей сдвигоустойчивости, водостойкости, уменьшению глубины образования колеи при 60 °С, а также повышению трещиностойкости. Изменение вышеперечисленных показателей свидетельствует о повышении прочности асфальтобетонной смеси с асфальтным гранулятом. Следует обратить внимание на показатель средней глубины колеи, который значительно снизился, однако необходимо стремиться к значению глубины колеи, которое соответствовало бы составу на новом битуме. Показатель длительной водостойкости асфальтобетонной смеси с асфальтным гранулятом должен соответствовать требованиям норматива [6].

Введение в состав асфальтобетонной смеси с асфальтным гранулятом модифицирующих добавок приводит к изменению вышеперечисленных показателей по сравнению с составом асфальтобетонной смеси без модифицирующих добавок. Показатели прочности при сжатии снижаются и соответствуют составу смеси без асфальтного гранулята. Улучшаются сдвиговые характеристики и показатель водостойкости, а также увеличивается средняя глубина колеи, что соответствует составу смеси без асфальтного гранулята.

Заключение

Выполнив анализ нормативных документов и предыдущего опыта, можно сделать вывод о том, что знания о процессах, происходящих в асфальтобетоне, битуме, асфальтном грануляте, а также использование модифицирующих добавок, позволяют создать асфальтобетонные смеси с различным содержанием асфальтного гранулята, которые отвечают нормативным требованиям, выдвигаемым к классическим асфальтобетонным смесям. Установленные свойства асфальтного гранулята позволят в полной мере использовать его в составе асфальтобетонной смеси. Использование асфальтного гранулята позволит снизить расход минерального материала и органического вяжущего и решить вопрос утилизации дорожно-ремонтных отходов (фрезерованный асфальтобетон).

В обязательном порядке на АБЗ должны быть площади для хранения и переработки асфальтного гранулята, а также производственное оборудование для приготовления асфальтобетонной смеси с асфальтным гранулятом. При необходимости специализированное оборудование АБЗ нужно модернизировать или дооснастить.

Список литературы

1. Скрыпник, Т. В. Мониторинг состояния сети автомобильных дорог с использованием цифровой модели дороги / Т. В. Скрыпник, В. В. Губа, Л. Н. Третьякова // Вести Автомобильно-дорожного института = Bulletin of the Automobile and Highway Institute. – 2024. – № 2(49). – С. 69–75.
2. Теоретико-экспериментальные принципы получения модифицированных дорожных асфальтобетонов повышенной долговечности : монография / В. И. Братчун, В. Л. Беспалов, М. К. Пактер, Е. А. Ромасюк ; Министерство образования и науки Донецкой Народной Республики, ГОУВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры». – Донецк : Фолиант, 2020. – 243 с. – ISBN 978-5-6043970-4-6.
3. ГОСТ Р 55052-2012. Гранулят старого асфальтобетона. Технические условия = Reclaimed asphalt. Specifications : национальный стандарт Российской Федерации : издание официальное : утвержден и введен в действие Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 9 ноября 2012 г. № 705-ст : введен впервые : дата введения 2013-07-01 : переиздание сентябрь 2019 г. / Разработан Федеральным автономным учреждением «Федеральный центр нормирования, стандартизации и технической оценки соответствия в строительстве». – Москва : Стандартинформ, 2019. – 7 с.
4. Анализ асфальтогранулята, используемого в составе асфальтобетонной смеси / В. И. Братчун, К. Р. Губа, Е. А. Ромасюк [и др.]. – Текст : электронный // Вестник Донбасской национальной академии строительства и архитектуры. Современные строительные материалы. – 2025. – № 1(171). – С. 37–44. – DOI: 10.71536/vd.2025.1c171.5. – EDN SJQYPA. – URL: [https://donnasa.ru/publish_house/journals/vestnik/2025/2025-1\(171\)/st_05_bratchun_guba_romasyuk_pshenichnykh_dobrenkov_obushenko.pdf](https://donnasa.ru/publish_house/journals/vestnik/2025/2025-1(171)/st_05_bratchun_guba_romasyuk_pshenichnykh_dobrenkov_obushenko.pdf) (дата обращения: 16.04.2025).
5. ГОСТ Р 58400.1-2019. Дороги автомобильные общего пользования. Материалы вяжущие нефтяные битумные. Технические условия с учетом температурного диапазона эксплуатации = Automobile roads of general use. Petroleum-based bitumen binder. Specifications based on operational temperature range : национальный стандарт Российской Федерации : издание официальное : утвержден и введен в действие Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 21 июня 2019 г. № 321-ст : введен впервые : действует в замен ПНСТ 85-2016 : дата введения 2019-07-01 / Разработан Автономной некоммерческой организацией «Научно-исследовательский институт транспортно-строительного комплекса». – Москва : Стандартинформ, 2019. – 11 с.
6. ГОСТ 9128-2013. Смеси асфальтобетонные, полимерасфальтобетонные, асфальтобетон, полимерасфальтобетон для автомобильных дорог и аэродромов. Технические условия = Asphaltic concrete and polimer asphaltic concrete mixtures, asphaltic concrete and polimer asphaltic concrete for roads and aerodromes. Specifications : межгосударственный стандарт : издание официальное : принят Межгосударственным советом по стандартизации, метрологии и сертификации (протокол от 14 ноября 2013 г. № 44) : приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 17 декабря 2013 г. № 2309-ст межгосударственный стандарт ГОСТ 9128-2013 введен в действие в качестве национального стандарта Российской Федерации с 1 ноября 2014 г. : введен взамен ГОСТ 9128-2009 : дата введения 2014-11-01 : переиздание февраль 2019 г. / Разработан Федеральным автономным учреждением «Федеральный центр нормирования, стандартизации и технической оценки соответствия в строительстве». – Москва : Стандартинформ, 2019. – 49 с.

В. В. Губа, К. Р. Губа, Л. Н. Третьякова
Автомобильно-дорожный институт (филиал)

федерального государственного бюджетного образовательного учреждения
высшего образования «Донецкий национальный технический университет» в г. Горловка
Асфальтный гранулят – качественное использование в составе асфальтобетонной смеси

Анализ опыта эксплуатации автомобильных дорог показывает, что асфальтобетонное покрытие дороги выходит из эксплуатации намного раньше установленного срока. Это связано с погодными-климатическими факторами и постоянно увеличивающимися нагрузками, которые негативно влияют на эксплуатационные и прочностные характеристики покрытия. Остаточные деформации, накапливающиеся в слое асфальтобетона, приводят к образованию дефектов и последующему разрушению покрытия. Для восстановления разрушенного покрытия выполняют ремонтные работы, используя дорожные асфальтобетонные смеси.

Зарубежный и отечественный опыт позволяет сделать вывод о возможности вторичного использования старого фрезерованного асфальтобетона. Асфальтный гранулят, полученный путем фрезерования разрушенного асфальтобетона, может быть полностью использован в составе новой асфальтобетонной смеси. Для качественного использования асфальтного гранулята необходимо подтвердить его соответствие нормативным требованиям. Сортировка, хранение, дальнейшая переработка и применение в составе асфальтобетонной смеси строго оговариваются нормативными требованиями, выдвигаемыми к АБЗ, асфальтному грануляту и асфальтобетонной смеси. Немаловажную роль в составе асфальтного гранулята играет количество и качество органического вяжущего. Наличие органического вяжущего в достаточном количестве позволяет снизить затраты на добавление нового битума. Качество старого битума можно повысить путем введения модифицирующих добавок.

АСФАЛЬТОБЕТОННАЯ СМЕСЬ, АСФАЛЬТНЫЙ ГРАНУЛЯТ, КАЧЕСТВО АСФАЛЬТНОГО ГРАНУЛЯТА, БИТУМ, МОДИФИЦИРУЮЩИЕ ДОБАВКИ

V. V. Guba, K. R. Guba, L. N. Tretiakova
Automobile and Road Institute (Branch) of the Federal State Budget Educational Institution
of Higher Education «Donetsk National Technical University» in Gorlovka
Asphalt Granulate – High-Quality Use in the Asphalt Concrete Mixture

The analysis of the operating experience of highways shows that the asphalt concrete pavement of the road goes out of service much earlier than the established date. This is due to weather and climatic conditions, constantly increasing loads, which negatively affect the operational and strength characteristics of the pavement. Residual deformations accumulating in the asphalt concrete layer lead to the formation of defects and subsequent pavement destruction. To restore the destroyed pavement, repairs are carried out using expensive asphalt mixtures.

Foreign and domestic experience allows us to conclude that it is possible to reuse old milled asphalt concrete. Asphalt granulate obtained by milling destroyed asphalt concrete can be fully used as part of a new asphalt mix. For high-quality use of the asphalt granulate, it is necessary to confirm its compliance with regulatory requirements. Sorting, storage, further processing and use as part of the asphalt mix are strictly stipulated by the regulatory requirements for the ACP, asphalt granulate and asphalt mix. The quantity and quality of the organic binder plays an important role in the asphalt granulate composition. The organic binder in the sufficient quantity makes it possible to reduce the cost of adding new bitumen. The quality of old bitumen can be improved by introducing modifying additives.

ASPHALT CONCRETE MIXTURE, ASPHALT GRANULATE, ASPHALT GRANULATE QUALITY, BITUMEN, MODIFYING ADDITIVES

Сведения об авторах:

В. В. Губа

SPIN-код РИНЦ: 7398-9000
 Телефон: +7 949 367-31-88
 Эл. почта: guba.victorya@yandex.ru

К. Р. Губа

SPIN-код РИНЦ: 6818-8047
 Телефон: +7 949 367-31-90
 Эл. почта: guba.constantin@yandex.ru

Л. Н. Третьякова

SPIN-код РИНЦ: 9623-0647
 Телефон: +7 949 372-17-82
 Эл. почта: lyda-tret5667@yandex.ru

Статья поступила 22.04.2025

© В. В. Губа, К. Р. Губа, Л. Н. Третьякова, 2025

*Рецензент: Л. Н. Морозова, канд. техн. наук, доц.,
 Автомобильно-дорожный институт
 (филиал) ДонНТУ в г. Горловка*