

ПОДГОТОВКА АСФАЛЬТОВОГО ГРАНУЛЯТА ДЛЯ ПРИГОТОВЛЕНИЯ АСФАЛЬТОБЕТОННЫХ СМЕСЕЙ

Д-р техн. наук, профессор **А.П. Лупанов**,
канд. техн. наук, профессор **В.В. Силкин**
(Московский автомобильно-дорожный
государственный технический университет (МАДИ)),
канд. техн. наук **А.С. Суханов**,
инженер **А.В. Силкин**
(АО «АБЗ КАПОТНЯ»),
инженер **Д.Ю. Карелин**
(ООО «Виртген-Интернациональ-Сервис»)
Контактная информация: alesilkin@yandex.ru

В статье рассмотрены вопросы подготовки асфальтового гранулята для эффективного использования при приготовлении асфальтобетонных смесей на асфальтобетонном заводе (АБЗ). Приведены результаты исследований по выбору способов дробления асфальтового гранулята с учетом специфики свойств этого материала. Предложены практические мероприятия по повышению эффективности использования гранулята на АБЗ за счет уменьшения влажности в процессе хранения.

Ключевые слова: АБЗ (асфальтобетонный завод), асфальтобетонные смеси, асфальтовый гранулят, гранулятор, дробилка, влажность гранулята.

В настоящее время в России и за рубежом всё более широкое применение находит гранулят старого асфальтобетона при производстве горячих асфальтобетонных смесей на асфальтобетонном заводе (АБЗ) [1].

Национальной ассоциацией асфальтобетонных покрытий (NAPA) совместно с Федеральной дорожной ассоциацией (FHWA) США в 2017 г. было отмечено значительное увеличение объемов повторного использования асфальтобетона за последние восемь лет [2]. В США и Европе повторно используется более 90 % асфальтобетона, полученного путем переработки старых дорожных покрытий [3].

Свойства гранулята старого асфальтобетона для повторного использования должны отвечать требованиям ГОСТ Р 55052-2012. Гранулят старого асфальтобетона [4].

В 2018 г. Научно-исследовательским институтом транспортно-строительного комплекса был разработан аналогичный предваритель-

ный стандарт *ПНСТ 244-2019* [5]. В данном стандарте нормируются показатели гранулята, а также приводятся требования по его количественному содержанию в смесях для покрытий с различной интенсивностью движения. При этом для дорог с интенсивностью движения 10-30 ЭООН (эквивалентная одноосная нагрузка) допускается применение гранулята в верхнем слое покрытий до 20 %.

Накопленный ООО «Дорэксперт» и АО «АБЗ Капотня» опыт показывает, что повышение эффективности использования старого асфальтобетона на АБЗ требует обязательного учета особенностей этого материала, связанных с его неоднородностью и влажностью.

Эффективность повторного использования асфальтобетона во многом определяется выбором рационального способа его дробления, являющегося одним из основных технологических этапов процесса переработки исходного материала.

Дробление агрегатов асфальтового гранулята позволяет более эффективно использовать исходные компоненты, повысить однородность смеси за счет отдельного дозирования фракций, обеспечить возможность регулирования свойств вяжущего, утраченных в процессе эксплуатации.

Проведенный анализ показал, что достаточно эффективным для крупного дробления материала является ударный способ.

На «АБЗ Капотня» на первом этапе освоения технологии дробления использовалась дробильно-сортировочная установка компании Ammann (Швейцария-Германия). Опыт использования этого оборудования показал, что после дробления и отсева неоднородность по содержанию мелких фракций и битума заметно снижается [1].

При переходе в область более тонкого измельчения эффективность ударного способа снижается из-за масштабного упрочнения частиц. Поэтому при тонком измельчении наиболее эффективным является сочетание различных типов силового воздействия таких, как удар, скалывание и износ. Совокупное воздействие этих напряжений приводит к внутренним и поверхностным разрушениям. К измельчителям, в которых предельные напряжения создаются путем совокупного воздействия, относятся вибрационные, роторные и электромагнитные мельницы.

На «АБЗ Капотня» в качестве эффективного способа измельчения асфальтового гранулята был опробован двухстадийный способ с использованием на первом этапе дробильной установки, а на втором этапе – электромагнитного измельчителя (ЭМИ), обеспечивающего сочетание различных типов силового воздействия на материал при наименьших энергетических затратах [1].

В процессе измельчения гранулята старого в ЭМИ происходило разделение агрегатов на мелкие составляющие и перемещение битума (до 80%) в мелкодисперсную часть. Это позволяло регулировать свойства старого битума в процессе повторного использования путем введения добавок. Однако при проведении опытных работ возникли трудности, связанные со слеживаемостью при высоких летних температурах измельченного материала в процессе хранения и перевозки. Имелись трудности и с изготовлением магнитных гранул, используемых в ЭМИ.

В настоящее время для измельчения асфальтобетона на АО «АБЗ Капотня» используется гранулятор компании Benninghoven. Грануляторы компании Benninghoven выпускаются в мобильном и стационарном исполнении (**рис. 1**).



Рис. 1. Грануляторы компании Benninghoven:
а) – вариант мобильного исполнения;
б) – вариант стационарного исполнения

Исходный материал подается сначала в приемный бункер с фрезерным барабаном (**рис. 2 а**), затем через подъемный транспортер он поступает на грохот. Предварительно все металлические включения отделяются от основного материала с помощью магнитного сепаратора. После разделения на фракции следует дробление посредством двухвалковой дробилки вторичного дробления (**рис. 2 б**). Данный узел обеспечивает получение требуемой фракции благодаря системе регулирования зазора между валами.

Можно отметить следующие преимущества использования такого гранулятора [2]:

- высокую производительность – 90-200 т/ч;
- обеспечение требуемого гранулометрического состава;
- 100 % использование перерабатываемого материала;
- снижение количества мелкой фракции и пыли;
- исключение разрушения заполнителя;

- уменьшение налипания;
- удаление металлических включений

а)



б)



*Рис. 2. Рабочие органы гранулятора
компании Venninghoven:*

- а) фрезерный вал (первичное дробление);
б) двухвалковая дробилка (вторичной дробление)*

Асфальтовый гранулят после дробления и отсева показан на рис. 3.



Рис. 3. Асфальтовый гранулят после дробления и отсева

На рис. 4 приведены данные по гранулометрическому составу гранулята после дробления в роторной дробилке и грануляторе [4]. Из приведенных данных следует, что в материале, дробимом в молотковой дробилке, преобладает мелкая фракция (1-8 мм), в то время как в грануляторе – более крупная фракция (8-22 мм).

Следует отметить, что независимо от способа дробления материал необходимо рассеивать его на узкие фракции для обеспечения однородности асфальтобетонной смеси с добавлением гранулята. В частности, в Германии часто встречаются АБЗ с тремя-четырьмя бункерами для дозирования гранулята.

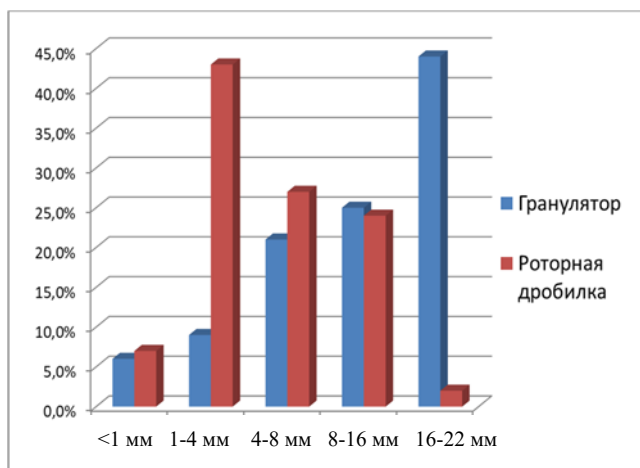


Рис. 4. Гранулометрический состав асфальтового гранулята после переработки в роторной дробилке и грануляторе

После дробления полученный фракционированный материал хранится, как правило, на открытых площадках. В период атмосферных осадков влажность асфальтового гранулята, особенно мелких фракций, значительно увеличивается. Данные по влажности гранулята в процессе хранения на открытой площадке на «АБЗ Капотня» приведены на **рис. 5**. Как видно из **рис. 5**, влажность мелкой фракции гранулята в процессе хранения может увеличиваться до 6 %.

Для обеспечения требуемой при выпуске температуры асфальтобетонной смеси с добавлением влажного гранулята необходимо уменьшить его дозировку или нагреть каменные материалы до 260-270 °С, чтобы обеспечить теплообмен. Это резко снижает производительность асфальтосмесительной установки и увеличивает расход топлива на 30-40 %.

С целью снижения энергозатрат, повышения производительности и увеличения количества добавляемого гранулята ООО «Дорэксперт» предложено дополнительно гранулировать мелкую фракцию сразу после дробления. При гранулировании дробленый материал обрабатывается поверхностно-активным веществом (ПАВ), обеспечивающим пластификацию вяжущего и гидрофобизацию гранул.

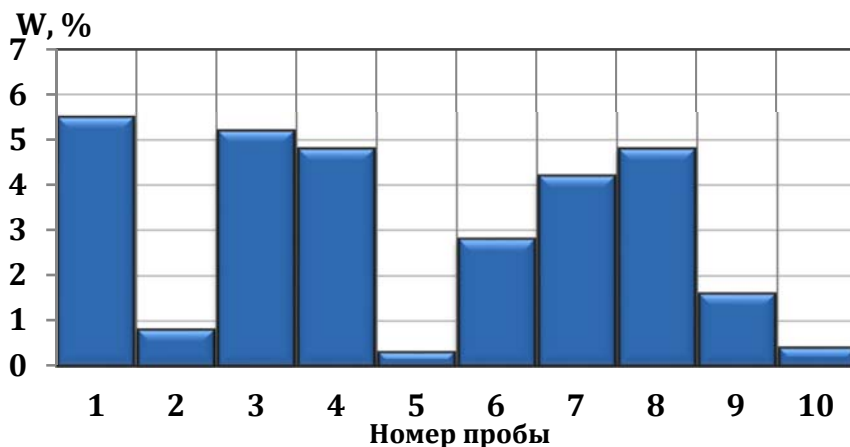


Рис. 5. Изменение влажности асфальтового гранулята (фракции 0-5 мм) в процессе хранения

Дробленый асфальтовый гранулят до и после гранулирования показан на **рис. 6**.

В процессе гранулирования происходит уплотнение материала и отжатие воды. Влажность гранулята уменьшается на 2-2,5 %.

Обработка ПАВ обеспечивает гидрофобность полученных гранул в процессе хранения, т.е. сохраняет влажность гранул, несмотря на возможное намокание при выпадении осадков. Это подтверждается данными по влажности измельченного и гранулированного материала после выдерживания в воде в течение 5 мин. (**табл. 1**).

а)



б)



*Рис. 6. Дробленый асфальтовый гранулят:
а) - до гранулирования; б) - после гранулирования*

Таблица 1

Плотность и влажность асфальтового гранулята

Вид материала	Плотность, г/см ³	Влажность в процессе хранения, %	Влажность после выдерживания в воде, %
Гранулят фракции 0-5 мм после дробления	1,35	5,1	9,0
Гранулят фракции 0-5 мм после дробления и гранулирования с добавлением ПАВ	2,1	2,4	2,6

Благодаря пластификации вяжущего при использовании ПАВ уменьшается прочность гранулята в широком температурном диапазоне, что очень важно для размельчения гранул при подаче в смеситель рис. 7.

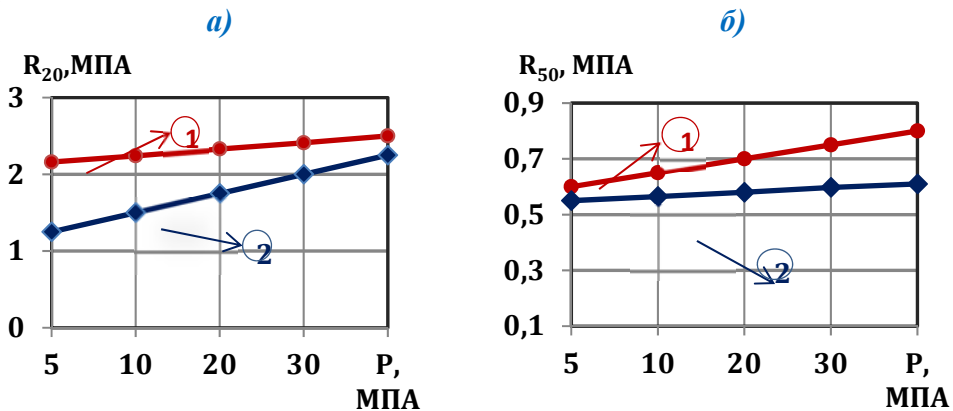


Рис. 7. Зависимость прочности образцов из гранулята (R_{20} , R_{50}) от уплотняющей нагрузки при гранулировании:
1 - без добавления ПАВ; 2 - с ПАВ (0,3% от массы)

Опытные работы с дробленным и гранулированным материалом показали, что гранулы, характеризующиеся плотностью около 2 г/см³, при нагреве и перемешивании легко рассредоточиваются в смесителе, и размельченный материал равномерно распределяется в горячей смеси.

Предложенная технология позволяет повысить эффективность применения асфальтового гранулята за счет увеличения его содержания в смеси независимо от влажности в процессе хранения [6].

ВЫВОДЫ

1. Отмечена необходимость дробления и сортировки асфальтового гранулята для повышения однородности асфальтобетонной смеси.
2. Показано, что в процессе хранения асфальтового гранулята существенно повышается его влажность, что осложняет его применение и увеличивает энергозатраты.
3. Предложен способ гранулирования мелкой фракции дробленого асфальтобетона. Это обеспечивает сохранение влажности материала при хранении на открытых площадках, а также позволяет увеличить дозировку асфальтового гранулята и сократить энергозатраты.

ЛИТЕРАТУРА

1. Лупанов А.П. Повторное использование асфальтобетона на АБЗ. Монография / А.П. Лупанов, В.В. Силкин. – М.: Изд-во Экон-Информ, 2019. – 191 с.
2. Alwetaishi M. Sustainable Applications of Asphalt Mixes with Reclaimed Asphalt Pavement (RAP) Materials: Innovative And New Building Brick / M. Alwetaishi, M. Kamel, N. Al-Bustami // *International Journal of Low-Carbon Technologies*. – 2019. – Vol. 14. – PP. 364–374.
3. Yizhuang D.W. Fatigue Performance Analysis of Pavements with RAP Using Viscoelastic Continuum Damage Theory / D.W. Yizhuang, K. Behrooz, R.K. Youngsoo // *KSCCE Journal of Civil Engineering*. – 2018. – Vol. 22. – PP. 2118–2125.
4. ГОСТ Р 55052-2012. Гранулят старого асфальтобетона. Технические условия. – М.: Стандартинформ, 2013. – 7 с.
5. ПНСТ 244-2019. Предварительный национальный стандарт Российской Федерации. Дороги автомобильные общего пользования. Переработанный асфальтобетон (RAP). Технические условия. – М.: Стандартинформ, 2019. – 6 с.
6. Патент РФ 265674. Способ подготовки асфальтобетонной крошки для использования в производстве асфальтобетона / А.П. Лупанов, М.А. Мухин, В.В. Силкин, А.С. Суханов, Н.В. Гладышев. – Заяв. 22.05.17. – Опубл. 23.04.18.

L I T E R A T U R A

1. Lupanov A.P. Povtornoie ispol'zovanie asfal'tobetona na ABZ. Monografiya / A.P. Lupanov, V.V. Silkin. – М.: Izd-vo Ekon-Inform, 2019. – 191 s.
2. Alwetaishi M. Sustainable Applications of Asphalt Mixes with Reclaimed Asphalt Pavement (RAP) Materials: Innovative and New Building Brick / M. Alwetaishi, M. Kamel, N. Al-Bustami // *International*

- Journal of Low-Carbon Technologies.* – 2019. – Vol. 14. – PP. 364–374.
3. Yizhuang D.W. *Fatigue Performance Analysis of Pavements with RAP Using Viscoelastic Continuum Damage Theory* / D.W. Yizhuang, K. Behrooz, R.K. Youngsoo // *KSCE Journal of Civil Engineering.* – 2018. – Vol. 22. – PP. 2118–2125.
 4. GOST R 55052-2012. *Granulyat starogo asfal'tobetona. Tekhnicheskie usloviya.* – M.: Standartinform, 2013. – 7 s.
 5. PNST 244-2019. *Predvaritel'nyj nacional'nyj standart Rossijskoj Federacii. Dorogi avtomobil'nye obshchego pol'zovaniya. Pererabotannyj asfal'tobeton (RAP). Tekhnicheskie usloviya.* – M.: Standartinform, 2019. – 6 s.
 6. Patent RF 265674. *Sposob podgotovki asfal'tobetonnoj kroszki dlya ispol'zovaniya v proizvodstve asfal'tobetona* / A.P. Lupanov, M.A. Muhin, V.V. Silkin, A.S. Suhanov, N.V. Gladyshev. – Zayav. 22.05.17. – Opubl. 23.04.18.
-

PREPARATION OF ASPHALT GRANULATE FOR USE IN THE ASPHALT CONCRETE MIXTURES

*Doctor of Engineering, Professor A.P. Lupanov,
Ph. D. (Tech.), Professor V.V. Silkin
(Moscow State Automobile and Road
Technical University (MADI)),
Ph. D. (Tech.) A.S. Suhanov,
Engineer A.V. Silkin
(AO «Asphalt Plant Kapotnya»),
Engineer D.Yu. Karelin
(LLC «Wirtgen-International-Service»)
Contact information: alesilkin@yandex.ru*

The article deals with the preparation of asphalt granulate for effective use when preparing asphalt concrete mixtures at the asphalt plant. The results of research on the choice of crushing methods for asphalt granulate taking into account the specific properties of this material are presented. Practical measures to improve the efficiency of using granulate at the plant by reducing moisture content during storage are proposed.

Key words: *asphalt plant, asphalt concrete mixtures, asphalt granulate, granulator, crusher, humidity of granulate.*

Рецензент: канд. техн. наук М.А. Славущкий (ФАУ «РОСДОРНИИ»).
Статья поступила в редакцию: 16.12.2019 г.