

УДК 625.73

**С. В. Алексиков, А. И. Лескин, Д. И. Гофман, И. И. Глазунов, А. О. Евдокименко**

*Волгоградский государственный технический университет*

## **ПРИМЕНЕНИЕ АСФАЛЬТОГРАНУЛЯТА ПРИ РЕМОНТЕ ДОРОГ ВОЛГОГРАДА**

При выполнении ремонтных работ на улично-дорожной сети производится фрезерование асфальтобетонного покрытия. В настоящее время возникла необходимость повторного использования асфальтогранулята в выравнивающем слое. В статье приведены физико-механические характеристики асфальтогранулята, прочностные свойства асфальтогранулобетона, рекомендации по использованию асфальтогранулобетонной смеси при выполнении ремонта проезжей части городских магистралей.

Ключевые слова: ремонт, дорожное покрытие, асфальтогранулят, асфальтогранулобетонная смесь, асфальтогранулобетон, модуль упругости, прочность, щебеночно-мастичная смесь.

Большая часть финансирования в городском дорожном хозяйстве (до 80 %) приходится на ремонтные работы проезжей части дорог [1]. Это связано с низкими межремонтными сроками работы покрытий из-за высокой интенсивности движения и недофинансирования ремонтных работ. Основным материалом для ремонта проезжей части являются асфальтобетонные смеси, стоимость которых ежегодно увеличивается из-за повышения стоимости энергоресурсов, материалов и транспорта до 15 % в год. Резервом снижения расходов на дорожно-ремонтные работы является использование переработанного старого асфальтобетона, получаемого в виде асфальтогранулята (АГ) после фрезерования дорожного покрытия или асфальтового лома. Технологии повторного использования гранулята широко применяются за рубежом, где объем асфальтогранулобетона (АГБ) составляет 20...30 % от общего количества выпускаемых смесей [2—6]. При этом не менее 50 % полученного при фрезеровании материала старого покрытия используется в дорожном строительстве (табл. 1).

Т а б л и ц а 1

*Использование асфальтогранулята в дорожном строительстве*

№	Страна	Использование АГ, %
1	США, Великобритания, Германия и Франция	100
2	Япония, Чехия и Словакия	80
3	Венгрия	60
4	Польша	50

АГ является более подходящим продуктом для ремонта проезжей части дорог, т. к. содержит в себе щебень и 3...8 % битума старого асфальтобетона [2]. При этом важно, что АГ, в отличие от нового материала, состоит из каменного материала со стабильной структурой. После первичного дробления щебня структура каменного материала имеет макротрещины, которые сохраняются в процессах производства асфальтобетонных смесей на АБЗ, их ук-

ладки и уплотнении в покрытии. При длительной эксплуатации покрытия в результате комплексного воздействия климатических (замораживания — оттаивания) и транспортных (особенно сверхтяжелых) нагрузок каменный материал частично разрушается до мелких фракций, в т. ч. пыли. В результате АГ содержит щебень со стабилизированной структурой. При дроблении кусков старого асфальта (асфальтового лома) в дробилке щебень повторно разрушается, нарушается структура камня, а грохот только сортирует мелкую фракцию, не разделяет материал в месте склеивания его битумом. Обработка на асфальтогрануляторе позволяет сохранить стабилизированную структуру каменного материала, при этом убираются пыль и мелкие фракции (рис. 1). Но так как эти установки достаточно дорогие, получение асфальтогранулята путем фрезерования старого покрытия в настоящее время предпочтительно.



Рис. 1. Установка автогранулятор MBRG 2000

Изменение свойств асфальтобетонов в процессе эксплуатации связано со старением входящего в его состав битума. В результате окисления, полимеризации ухудшаются деформационные свойства битумных пленок, скрепляющих минеральный материал [2, 3]. Битум, вводимый в состав обновленных смесей, устраняет излишнюю жесткость состарившегося пленочного битума, окружающего гранулы АГ; экранирует обнажившиеся в результате фрезерования поверхности зерен минерального материала; обеспечивает сцепление зерен заполнителя, добавляемого для увеличения содержания щебня или корректировки гранулометрического состава АГБ-смеси между щебнем и АГ; заполняет частично межгранулярные пустоты, уменьшая водонасыщение АГБ; снижает межгранулярное трение, способствуя лучшей упаковке гранул при уплотнении АГБ-смеси; способствует залечиванию микродефектов, возникающих в процессе эксплуатации регенерированного слоя [3].

При ремонте проезжей части улично-дорожной сети (УДС) г. Волгограда выполняется фрезерование старого покрытия на глубину 4...8 см (рис. 2).



Рис. 2. Фрезерование старого покрытия на участке пр. Университетский — ул. Кабардинская г. Волгограда

Объем АГ, получаемого при фрезеровании старого покрытия, достигает 150 тыс. т в год (рис. 3).

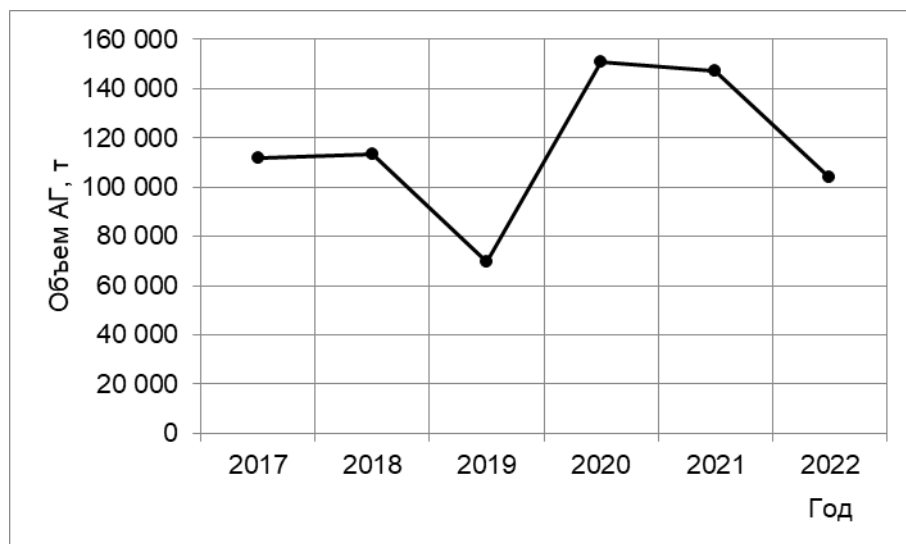


Рис. 3. Объем АГ, получаемого при фрезеровании дорожного покрытия, г. Волгоград

Анализ гранулометрического состава АГ показал его соответствие требованиям ГОСТ 9128—2013 к пористым смесям (рис. 4). Остаточное содержание битума нефтяного дорожного составляет 5,1...6,86 %, доля щебня 30,1...41,1 %, максимальный размер зерен минерального состава 40 мм.

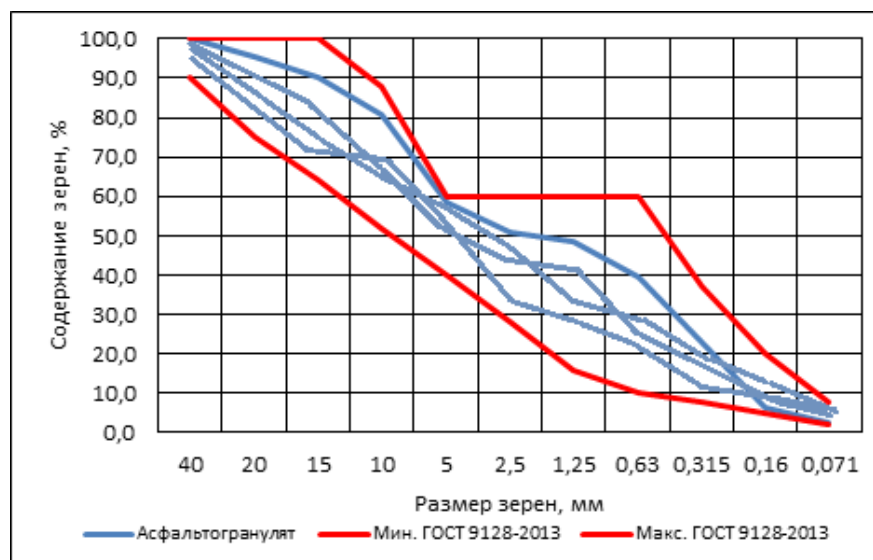


Рис. 4. Зерновой состав АГ

Лабораторные исследования физико-механических свойств АГ позволяют отнести его к пористой асфальтобетонной смеси I марки (IV и V дорожно-климатические зоны) (табл. 2).

Таблица 2

Физико-механические свойства образцов АГ

Наименование показателя	ГОСТ 9128—2013 для пористого асфальтобетона I марки (IV и V дор.-клим. зоны)	Фактическое значение
Предел прочности при сжатии, при 50 °С, МПа	> 0,7	1,80
Предел прочности при сжатии, при 20 °С, МПа	> 2,5	4,20
Предел прочности при сжатии, при 0 °С, МПа	> 13	11,10
Водостойкость	> 0,7	0,86
Водостойкость при длительном водонасыщении	> 0,6	0,72
Трещиностойкость по пределу прочности на растяжение при расколе при 0 °С и скорости деформирования 50 мм/мин, МПа	4,0...6,5	4,3
Водонасыщение	4,0...10,0	5,1
Остаточная пористость, %	5,0...10,0	8,05

На городских дорогах переработка старого асфальта путем его ресайклирования на объекте невозможна по причине наличия на проезжей части бордюров и ливневой канализации. Кроме того, движение крупногабаритных ресайклеров в условиях сложной конфигурации городских дорог затруднительно. В связи с этим полученный от фрезерования АГ не используется при ремонте городских дорог, продается сторонним организациям. В настоящее время назрела необходимость в производстве АГБ-смесей (АГБС) в смесительных установках АБЗ по «холодной» или «горячей» технологиям<sup>1</sup> [7, 8].

Наиболее простой и менее затратной является производство АГБС на АБЗ по «холодной» технологии без нагрева компонентов смеси [8]. При длительном хранении на открытых площадках АГ увлажняется атмосферными осадками и постепенно теряет свои свойства в результате испарения легких фракций вяжущего. Повышенная влажность материала требует дополнительных затрат для просушивания материала. Поэтому длительное хранение гранулята на площадках АБЗ следует организовывать под вентилируемыми навесами-конусами высотой до 2 м. Так как дорожное покрытие городских автомагистралей работает в условиях интенсивного движения как легкового, так и тяжеловесного транспорта (троллейбусы, автобусы и грузовые автомобили), к асфальтобетону верхних слоев предъявляются повышенные требования прочности и износостойкости. В настоящее время после фрезерования старого покрытия в верхних слоях используются щебеночно-мастичные асфальтобетоны (ЩМА), и АГБС рационально использовать в выравнивающем слое перед укладкой ЩМА. АГБС классифицируются по типу вяжущего (А, Б, В, Э, М, К) и доле щебня в составе асфальтобетонного гранулята<sup>2</sup>. Щебеночную АГБС с содержанием щебня не менее 35 %, имеющую повышенную сдвигоустойчивость, предпочтительнее применять при ремонте дорог I—II категории в выравнивающем слое. Если в АГБС содержание щебня ниже 35 %, то рекомендуется добавление недостающей фракции щебня<sup>3</sup>. Содержание АГ в смеси должно быть не менее 60 % от общей массы минеральной части. Для обоснованного применения АГБС в выравнивающем слое покрытия важно знать ее расчетные прочностные и деформационные характеристики. Анализ исследований<sup>4</sup> [9] позволил установить зависимость кратковременного (динамического) и статического модуля упругости различных

<sup>1</sup> ОДМ 218.6.1.005—2021. Методические рекомендации по восстановлению асфальтобетонных покрытий и оснований автомобильных дорог методом холодной регенерации. М., 2021. 38 с.

СТО НОСТРОЙ 2.25.35—2011. Строительство оснований с использованием асфальтобетонного гранулята. М., 2012. 22 с.

ОС-568-р. Методические рекомендации по восстановлению асфальтобетонных покрытий и оснований автомобильных дорог способами холодной регенерации. М., 2002. 25 с.

СТБ 1705—2006 г. Асфальтогранулят для транспортного строительства. Технические условия. Минск, 2006. 36 с.

<sup>2</sup> Там же.

<sup>3</sup> Там же.

<sup>4</sup> ОДМ 218.6.1.005—2021. Методические рекомендации по восстановлению асфальтобетонных покрытий и оснований автомобильных дорог методом холодной регенерации. М., 2021. 38 с.

СТО НОСТРОЙ 2.25.35—2011. Строительство оснований с использованием асфальтобетонного гранулята. М., 2012. 22 с.

типов АГБС от температуры (рис. 5, 6). Согласно рис. 5 можно сделать вывод о преимуществе АГБС типов К и М при температуре покрытия более 30 °С, их модуль упругости превышает прочность пористого асфальтобетона в 1,5...1,8 раз. Так как нагрев покрытия в летний период достигает 60...70 °С, применение АГБС в выравнивающем слое предпочтительно для снижения колеиности на проезжей части. Анализ закономерностей изменения модуля упругости под статической транспортной нагрузкой подтвердил вывод преимущества АГБС типа М как наиболее устойчивого к колесобразованию в местах кратковременной стоянки тяжеловесного транспорта у перекрестков и остановок общественного транспорта.

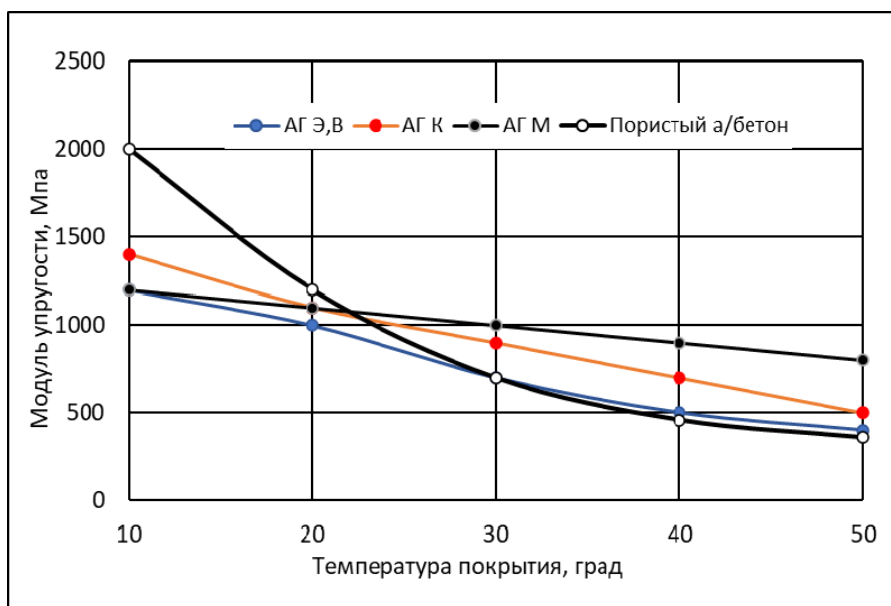


Рис. 5. Динамический модуль упругости АГБ и пористого асфальтобетона

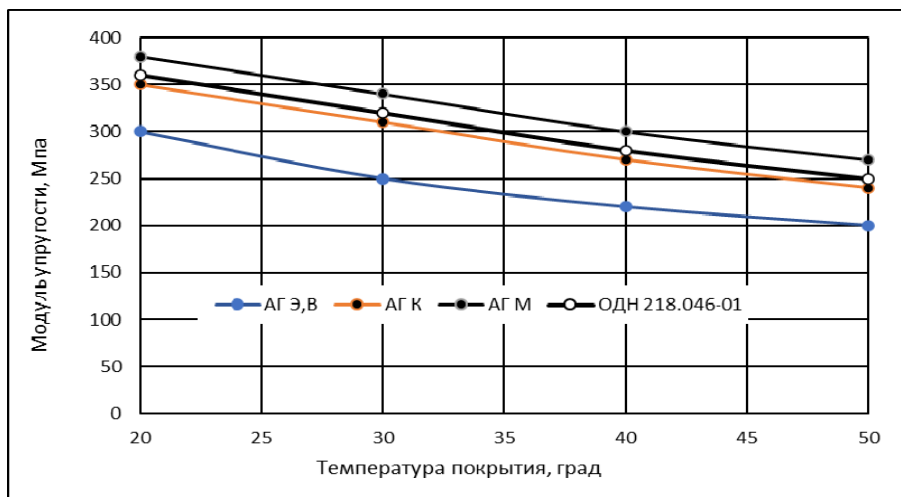


Рис. 6. Статический модуль упругости АГБ

Сравнительные данные о прочности АГБ и пористого асфальтобетона на растяжение при изгибе свидетельствуют о преимуществе асфальтобетона (рис. 7, 8). Модуль упругости асфальтобетона превышает модуль АГБ в 1,27...1,66 раз, прочность на растяжение при изгибе — на 10...33 % (см. рис. 8). Приведенные данные дополняют вывод о том, что АГБ рассматривать как нижний конструктивный слой покрытия нераационально, его следует использовать на городских автомагистралях в качестве выравнивающего слоя.

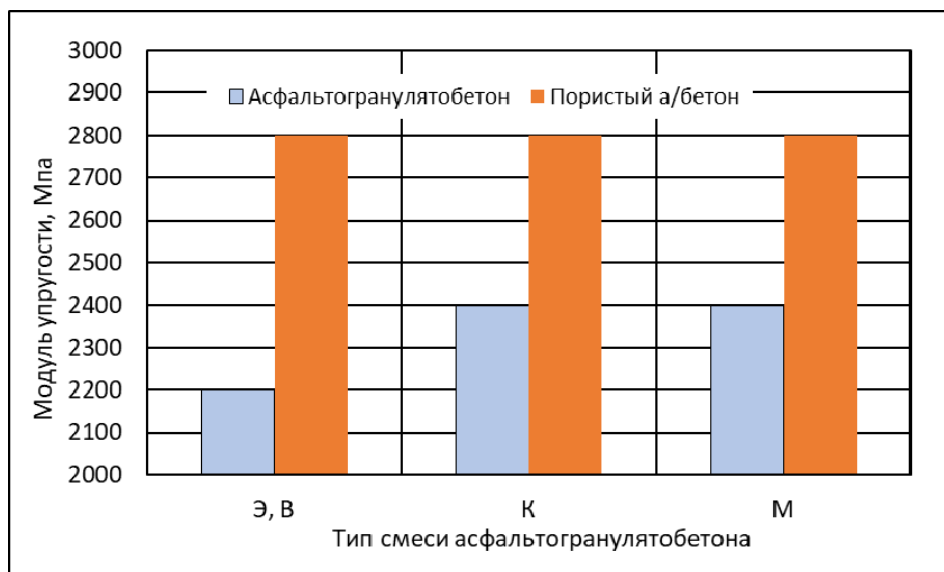


Рис. 7. Модуль упругости АГБ на растяжение при изгибе

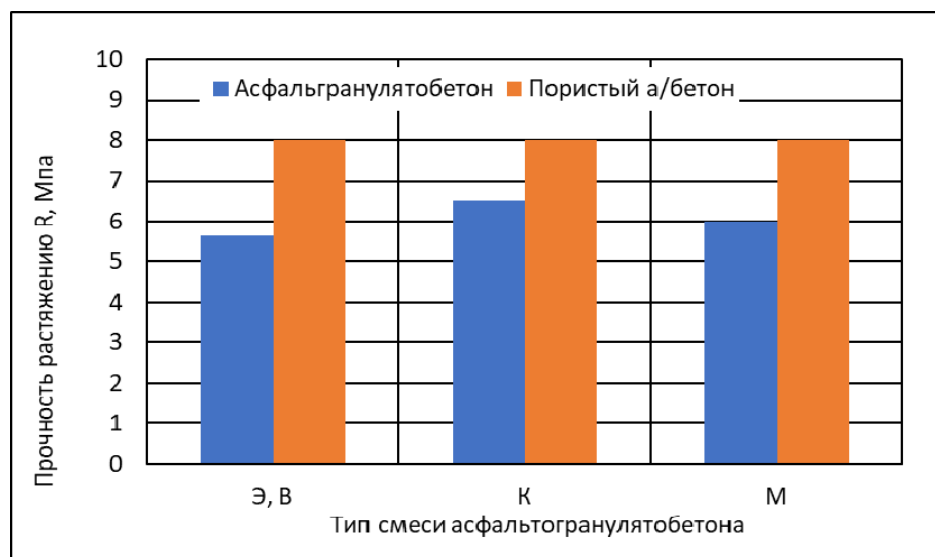


Рис. 8. Сопротивление растяжению при изгибе

Производство АГБС на АБЗ по «холодной» технологии и укладка смеси в выравнивающий слой на автодороге можно разделить на 7 этапов<sup>5</sup> [10]:

1. Измельчение старого (растрескавшегося и потерявшего несущую способность) асфальтобетонного покрытия фрезерованием (с возможным захватом части дорожного основания из щебня).
2. Погрузка и транспортировка асфальтобетонного гранулята к смесительной установке.
3. Подача асфальтобетонного гранулята в смесительную установку.
4. Добавление в установку скелетного материала (при необходимости), вяжущего и воды.
5. Перемешивание компонентов смеси в смесителе.
6. Выгрузка смеси в автосамосвал и транспортировка к месту укладки.
7. Распределение АГБ-смеси по поверхности основания выравнивающим слоем переменной толщины с помощью асфальтоукладчика и уплотнение дорожными катками.

Толщину выравнивающего слоя следует назначать с учетом уплотнения материала. После укладки АГБС асфальтоукладчиком с включенным вибротрамбующим брусом толщина рыхлого слоя уменьшается на 25 %, а после уплотнения — еще на 5...7 % [11]. Уплотнение смеси выполняется в следующем порядке:

- комбинированный или виброкаток массой от 6 до 8 т делает 3...4 прохода без вибрации и 3...4 прохода с вибрацией;
- комбинированный или гладковальцовый каток массой от 10 до 16 т делает 3...5 проходов;
- каток на пневмошинах массой от 16 до 20 т делает 4...6 проходов.

Перед укладкой ЩМА на выравнивающий слой его поверхность подгрунтовывается эмульсией ЭБК-1 с технологическим перерывом от 2 до 4 ч в зависимости от погодных условий.

Выполненные исследования позволяют сделать следующие *выводы*:

1. Резервом снижения стоимости ремонта городских магистралей Волгограда является использование переработанного старого асфальтобетона, получаемого в виде АГ после фрезерования дорожного покрытия. Объем АГ на объектах города составляет до 150 тыс. т в год. В настоящее время необходимо производство АГБС на АБЗ по «холодной» или «горячей» технологиям

2. Гранулометрический состав АГ соответствует требованиям ГОСТ 9128—2013 к пористым смесям. Остаточное содержание битума нефтяного дорожного составляет 5,1...6,86 %, доля щебня 30,1...41,1 %, максимальный размер зерен минерального состава — 40 мм. Исследования прочностных характеристик АГБ показали возможность его эффективного использования в выравнивающем слое покрытия на городских магистралях.

<sup>5</sup> ОС-568-р. Методические рекомендации по восстановлению асфальтобетонных покрытий и оснований автомобильных дорог способами холодной регенерации. М., 2002. 25 с.

СТБ 1705—2006 г. Асфальтогранулят для транспортного строительства. Технические условия. Минск, 2006. 36 с.

М VAG. Руководство по применению асфальтобетонной крошки. FGSV Verlag, Кельн, 2000. URL: <https://www.fgsv-verlag.de/pub/media/pdf/758.i.pdf>.



БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Алексиков С. В., Будрудинова А. Н. Использование фрезерованного асфальтобетона для укрепления обочин автомобильных дорог // Вестник Волгоградского государственного архитектурно-строительного университета. Серия: Инновационная деятельность. 2012. Вып. 7. С. 40—45.
2. Штабинский В. В., Скворцов Е. А., Гракович Д. П. Исследования агрегатного и зернового состава асфальтогранулята // Автомобильные дороги и мосты. 2008. № 2. С. 68—72.
3. Черных Д. С., Строев Д. А., Задорожный Д. В. Оценка влияния количества асфальтогранулята и технологии его подачи на свойства приготавливаемых асфальтобетонных смесей // Инженерный вестник Дона. 2013. URL: <https://cyberleninka.ru/journal/n/inzhenernyy-vestnik-dona?i=1130109>.
4. Symposium Recycling of Asphalt Pavement // Journal of the Association of Asphalt Paving Technologists. 1997. Vol. 49. Pp. 685—802.
5. Kanhal P. S., Mallick R. B. Development of Rational and Practical Mix Design System for Full Depth Reclaimed (FDR) Mixes. University of New Hampshire. Final Report, 2002. Pp. 1—103.
6. Wilson G., Williams G. Pavement bearing capacity computed by theory of layered systems // Proceedings ASCE. 1950. Vol. 76. No. 16. Pp. 85—98.
7. Сюньи Г. К., Усманов К. Х., Файнберг Э. С. Регенерированный дорожный асфальтобетон. М.: Транспорт, 1984. 118 с.
8. Костельов М. П. Технология холодного ресайклинга способна быстрее, дешевле и больше ремонтировать покрытия на дорогах России. // Дорожная Техника. 2004. № 3. С. 98—102.
9. Бахрах Г. С. Свойства асфальтогранулобетона (АГБ) — продукта холодной регенерации дорожных одежд с асфальтобетонным покрытием // Науч.-техн. информ. сб. 1999 г. Вып. 12. М.: Информавтодор, 1999. 32 с.
10. Epps J. A., Terrel R. L., Little D. N., Holmgreen R. J. Guidelines for recycling asphalt pavements // Journal of the Association of Asphalt Paving Technologists. 1980. Vol. 49. Pp. 144—176.
11. Расчет пластических деформаций дорожного покрытия от нагрузок грузового транспорта / С. В. Алексиков, М. В. Парфенов, А. И. Болдин, А. И. Лескин, Д. И. Гофман // Вестник Волгоградского государственного архитектурно-строительного университета. Серия: Строительство и архитектура. 2018. Вып. 54(73). С. 89—96.

© Алексиков С. В., Лескин А. И., Гофман Д. И., Глазунов И. И., Евдокименко А. О., 2024

Поступила в редакцию  
в январе 2024 г.

Ссылка для цитирования:

Применение асфальтогранулята при ремонте дорог Волгограда / С. В. Алексиков, А. И. Лескин, Д. И. Гофман, И. И. Глазунов, А. О. Евдокименко // Вестник Волгоградского государственного архитектурно-строительного университета. Серия: Строительство и архитектура. 2024. Вып. 1(94). С. 43—52. DOI: 10.35211/18154360\_2024\_1\_43.

Об авторах:

**Алексиков Сергей Васильевич** — д-р техн. наук, проф., зав. каф. строительства и эксплуатации транспортных сооружений, Волгоградский государственный технический университет (ВолгГТУ). Российская Федерация, 400074, г. Волгоград, ул. Академическая, 1; AL34rus@mail.ru

**Лескин Андрей Иванович** — канд. техн. наук, доц., доц. каф. строительства и эксплуатации транспортных сооружений, Волгоградский государственный технический университет (ВолгГТУ). Российская Федерация, 400074, г. Волгоград, ул. Академическая, 1; leskien@inbox.ru

**Гофман Дмитрий Иванович** — канд. техн. наук, доц., доц. каф. строительства и эксплуатации транспортных сооружений, Волгоградский государственный технический университет (ВолгГТУ). Российская Федерация, 400074, г. Волгоград, ул. Академическая, 1; obsov2012@mail.ru

**Глазунов Илья Игоревич** — инженер каф. строительства и эксплуатации транспортных сооружений, Волгоградский государственный технический университет (ВолгГТУ). Российская Федерация, 400074, г. Волгоград, ул. Академическая, 1; glazunov.i@list.ru

**Евдокименко Андрей Олегович** — магистрант, каф. строительства и эксплуатации транспортных сооружений, Волгоградский государственный технический университет (ВолгГТУ). Российская Федерация, 400074, г. Волгоград, ул. Академическая, 1

---

**Sergei V. Aleksikov, Andrei I. Leskin, Dmitrii I. Gofman, Ilya I. Glazunov,  
Andrei O. Evdokimenko**

*Volgograd State Technical University*

## **APPLICATION OF ASPHALT GRANULATE IN THE REPAIR OF ROADS IN VOLGOGRAD**

When carrying out repair work on the road network, the asphalt concrete pavement is milled. Currently, there is a need to reuse asphalt granulate in the leveling layer. The article presents the physical and mechanical characteristics of asphalt granulate, the strength properties of asphalt granulocrete, recommendations on the use of asphalt granulocrete mixture when repairing the carriageway of urban highways.

**Key words:** repair, pavement, asphalt granulate, asphalt-granulated concrete mixture, asphalt-granulated concrete, modulus of elasticity, strength, crushed stone-mastic mixture.

*For citation:*

Aleksikov S. V., Leskin A. I., Gofman D. I., Glazunov I. I., Evdokimenko A. O. [Application of asphalt granulate in the repair of roads in Volgograd]. *Vestnik Volgogradskogo gosudarstvennogo arhitekturno-stroitel'nogo universiteta. Seriya: Stroitel'stvo i arhitektura* [Bulletin of Volgograd State University of Architecture and Civil Engineering. Series: Civil Engineering and Architecture], 2024, iss. 1, pp. 43–52. DOI: 10.35211/18154360\_2024\_1\_43.

*About authors:*

**Sergei V. Aleksikov** — Doctor of Engineering Sciences, Professor, Volgograd State Technical University (VSTU). 1, Akademicheskaya st., Volgograd, 400074, Russian Federation; AL34rus@mail.ru

**Andrei I. Leskin** — Candidate of Engineering Sciences, Docent, Volgograd State Technical University (VSTU). 1, Akademicheskaya st., Volgograd, 400074, Russian Federation; leskien@inbox.ru

**Dmitrii I. Gofman** — Candidate of Engineering Sciences, Docent, Volgograd State Technical University (VSTU). 1, Akademicheskaya st., Volgograd, 400074, Russian Federation; obsov2012@mail.ru

**Ilya I. Glazunov** — Engineer, Volgograd State Technical University (VSTU). 1, Akademicheskaya st., Volgograd, 400074, Russian Federation; glazunov.i@list.ru

**Andrei O. Evdokimenko** — Master's Degree student, Volgograd State Technical University (VSTU). 1, Akademicheskaya st., Volgograd, 400074, Russian Federation