

## РЕСУРСОСБЕРЕГАЮЩИЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ КОМПЛЕКС ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА ГРАНУЛИРОВАННЫХ СТАБИЛИЗИРУЮЩИХ ДОБАВОК ЩЕБЕНОЧНО-МАСТИЧНОГО АСФАЛЬТОБЕТОНА

М. В. Севостьянов<sup>1</sup>, Т. Н. Ильина<sup>2</sup>, И. А. Кузнецова<sup>3</sup>,  
А. В. Осокин<sup>1</sup>, И. Г. Мартаков<sup>1</sup>

*Кафедры: «Технологические комплексы, машины и механизмы» (1); msev31@mail.ru;  
«Теплогасоснабжение и вентиляция» (2), «Экономика и организация производства» (3),  
ФГБОУ ВО «Белгородский государственный технологический  
университет им. В. Г. Шухова», г. Белгород*

**Ключевые слова:** гранулированная продукция; плоскоматричный гранулятор; ресурсосберегающий технологический комплекс; стабилизирующая добавка; утилизация; целлюлозно-бумажные отходы; щебеночно-мастичный асфальтобетон.

**Аннотация:** Показана целесообразность разработки конкурентоспособной гранулированной добавки на основе целлюлозно-бумажных отходов для щебеночно-мастичного асфальтобетона. Разработаны ресурсосберегающий технологический комплекс и оборудование для производства гранулированной продукции из различных композиционных смесей. Представлены технологические операции при работе комплекса. Приведены результаты лабораторных исследований гранулированной стабилизирующей добавки, а также опытно-промышленные испытания при укладке и эксплуатации асфальтобетона с использованием разработанной добавки.

---

### Введение

В настоящее время в отечественном дорожном строительстве наиболее перспективным материалом для строительства сети современных автомобильных дорог является щебеночно-мастичный асфальтобетон (ЩМА), который обладает рядом значительных преимуществ по сравнению с традиционными асфальтобетонами. Выпуск ЩМА в различных регионах России и странах СНГ успешно налажен с 2000 года, причем доля его производства от общего количества асфальтобетона составляет около 25 % [1].

Основной структурообразующий компонент ЩМА – гранулированная стабилизирующая добавка (ГСД), выполняющая функции фиброполнителя (не менее 50 % фибр длиной 0,5...1,9 мм). Присутствие ГСД в асфальтобетоне препятствует вытеканию битума из смеси, ее расслоению, а целлюлозно-бумажные волокна играют роль адсорбента. Армирующие свойства добавки, в конечном итоге, способствуют упрочнению поверхностного слоя дорожного покрытия [2].

На мировом рынке известно большое число зарубежных фирм, которые занимаются производством и поставкой серии таких добавок (например, Viator, Torcel, Technocel, Genicel и многие другие). В основном поставщиками на российский рынок являются Швеция и Германия [3].

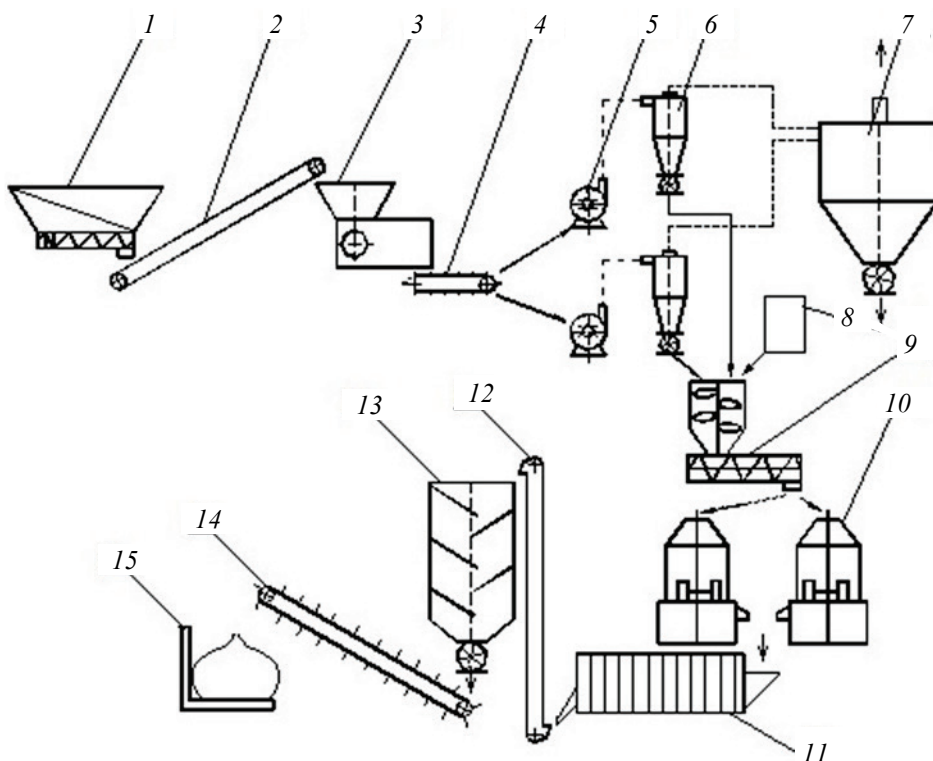
Ввиду остро стоящей задачи российского государства по импортозамещению, созданию отечественных конкурентоспособных инновационных производств, в Белгородском регионе реализуются федеральная и областная программы по строительству и реконструкции автомобильных дорог, ведутся работы по повышению их качества.

Учитывая высокую стоимость импортных стабилизирующих добавок в ЩМА, необходимость решения проблемы рациональной утилизации целлюлозно-бумажных отходов (ЦБО) – основного компонента ГСД, весьма актуальным и экономически эффективным является развитие отечественных производств.

### **Технологический комплекс для переработки целлюлозно-бумажных отходов с получением гранулированной продукции**

На базе технопарка Белгородского государственного технологического университета им. В. Г. Шухова разработаны составы композиционных смесей и создан ресурсосберегающий технологический комплекс по производству гранулированных стабилизирующих добавок для ЩМА [4, 5].

Функционирование технологического комплекса для переработки ЦБО и их гранулирования с минеральными добавками и связующими (рис. 1) включает следующие технологические операции: складирование исходных ЦБО; дозирование и их транспортирование к шредеру; двухстадийное измельчение отходов с введением в измельченный материал после шредера механоактивированных минераль-



**Рис. 1. Технологический комплекс по производству  
гранулированных стабилизирующих добавок**

ных добавок; осаждение измельченных ЦБО в аспирационной системе; гранулирование композиционной смеси в плоскоматричном грануляторе с последующей сушкой и классификацией готового продукта в барабанно-винтовом сушильном агрегате [6]; транспортирование ГСД для их последующей упаковки; взвешивание и складирование ГСД.

Исходные ЦБО доставляются автотранспортом на склад, оборудованный тельфером ( $N = 1$  кВт; грузоподъемность  $G = 1$  т). Для обеспечения необходимой влажности сырья и качественного хранения тюки с ЦБО перемещают посредством ручного гидравлического штабелера в сухое отапливаемое помещение (особенно в зимний период). Процесс производства гранулированной продукции из ЦБО с минеральными добавками происходит следующим образом.

Объемный тюк сырья (отходов) загружается на поверхность наклонного стола подачи материала  $1$ , расположенного перед ленточным конвейером ( $b = 0,4$  м;  $l = 4$  м;  $\alpha = 30^\circ$ )  $2$  с магнитоуловителями. Установленными порциями материал транспортируется конвейером до приемного бункера шредера  $3$  и попадает непосредственно в рабочую камеру измельчения. От воздействия вращающихся и неподвижных ножей с поддавливанием ЦБО гидротолкателем сырье измельчается до фракции, заданной размерами ячеек экрана ( $20 \dots 30$  мм). Далее материал поступает в скребковый объемный дозатор ЦБО  $4$  ( $B = 0,5$  м;  $L = 3$  м). В процессе транспортирования измельченного сырья дозатором к агрегату тонкого измельчения – роторной дробилке  $5$  (диаметр ротора  $d_{\text{рот}} = 0,521$  м; число молотков – 28 шт.; ширина дробильной камеры  $b = 0,137$  м;  $n = 3000$  мин $^{-1}$ ;  $N_{\text{уст}} = 22 \cdot 10^3$  Вт) в ЦБО подаются связующие добавки [7] или просыпь, образующаяся при гранулировании. Это достигается при внесении минеральных компонентов в верхний слой перемещающегося сырья с помощью дозатора минеральных добавок ( $S_{\text{шн}} = 7 \cdot 10^{-2}$  м;  $n = 0,3$  с $^{-1}$ ;  $d_{\text{шн}} = 10 \cdot 10^{-2}$  м). Роторная дробилка через патрубок ( $D = 0,125$  м;  $L = 1,5$  м) засасывает в конце транспортирования дозатора приготовленную смесь. В рабочей камере дробилки осуществляется тонкое измельчение всех компонентов с выходом частиц ( $1 \dots 2$  мм) через выгрузочное сито и сопутствующая этому процессу гомогенизация. Воздушным потоком композиционная смесь через патрубок попадает в циклон-разгрузитель  $6$  ( $D = 0,675$  м;  $H = 2,1$  м), где происходит осаждение материала, а избыточный воздух с частицами материала проходит далее по трубопроводу ( $D = 0,315$  м;  $L = 8$  м) и улавливается в рукавных фильтрах  $7$  ( $Q = 4500$  м $^3$ /ч, процесс аспирации). Композиционная смесь через шлюзовой затвор ( $N = 1,1$  кВт;  $n = 56$  м $^{-1}$ ;  $B = 0,54$  м) подается в блок смешения компонентов, где интенсивно смешивается с органическим связующим. Последнее поступает из бака  $8$  в систему смесителей  $9$ . Далее готовый материал попадает в камеру экструдирования плоскоматричного гранулятора  $10$  ( $d_{\text{м}} = 425 \cdot 10^{-3}$  м;  $d_{\text{ф}} = 5 \cdot 10^{-3}$  м;  $B_{\text{вал}} = 120 \cdot 10^{-3}$  м;  $n = 90$  мин $^{-1}$ ;  $l_{\text{гр}} = (5 \dots 10) \cdot 10^{-3}$  м). Выходящие разогретые гранулы проходят сушку и классификацию от просыпи в барабанно-винтовом сушильном агрегате  $11$  ( $L = 2$  м;  $D = 0,4$  м;  $d_{\text{отв}} = 3 \cdot 10^{-3}$  м;  $n = 30$  мин $^{-1}$ ). Прошедшая классификацию продукция попадает в загрузочный бункер нории  $12$ , которая транспортирует гранулы в бункер-запасник  $13$  ( $V = 7$  м $^3$ ) с роторным шлюзовым разгрузителем.

Полученные гранулы выгружаются на ленту скребкового конвейера  $14$  ( $b = 0,4$  м;  $l = 6,5$  м;  $\alpha = 20^\circ$ ;  $N = 1,5$  кВт), который перемещает продукцию в зону взвешивания и упаковки. Затем гранулы фасуются в биг-бэги и взвешиваются на платформенных промышленных весах  $15$  ( $m = 1$  т). Мешки готовой продукции весом  $500 \dots 600$  кг загружаются тельфером в автотранспорт и отправляются потребителю.

Разработанный ресурсосберегающий технологический комплекс обладает следующими отличительными особенностями и преимуществами:

- возможность переработки техногенных волокнистых материалов с различными физико-механическими свойствами;
- возможность ввода перед стадией окончательного доизмельчения и смешения различных механоактивированных или топливосодержащих добавок, что расширяет номенклатуру выпускаемой продукции (топливосодержащих пеллет для выработки тепловой и электрической энергии, поризованных заполнителей для производства теплоизоляционных изделий, гранулированных органоминеральных удобрений пролонгированного действия и др.);
- возможность реализации технологического рециклинга тепловых потоков в целях экономии энергозатрат при выпуске экструдированной продукции;
- обеспечение утилизации отсеянной просыпи гранул и уловленных пылевидных материалов и их использование в основном технологическом процессе, а, следовательно, повышение производительности технологической линии;
- повышение качества гранул и производительности пресс-валкового экструдера при обеспечении замкнутого рециклинга тепловых потоков и утилизируемых техногенных материалов.

Разработанная технологическая линия производительностью 250 т в год послужила основой для промышленного производства ГСД ЩМА на предприятии ООО «Мостстройинвест» мощностью 1000 т в год (см. рис. 1).

Технико-экономический результат разработанной технологии заключается в получении качественных гранул с различными физико-механическими характеристиками при постадийном высокоскоростном смешении поликомпонентной шихты, ее предуплотнении и экструдировании с организацией рециклинга тепловых потоков и утилизации просыпи гранул путем пневмо-механического гранулирования [8].

### **Результаты лабораторных и опытно-промышленных испытаний**

В лабораториях управления автомобильных дорог общего пользования и транспорта по Белгородской области, отдела контроля качества ОАО «Орелдорстрой» и сертифицированной лаборатории кафедры автомобильных и железных дорог БГТУ им. В. Г. Шухова испытаны гранулированные стабилизирующие добавки на основе целлюлозно-бумажных отходов в сравнении с известными добавками [9, 10]. Результаты испытаний показали, что ЩМА с использованием полученных стабилизирующих добавок удовлетворяют требованиям ГОСТ 31015–2002 и ТУ 5718.030.01393697–99 и не уступают по всем показателям асфальтобетону с традиционной импортной добавкой Viator-66, что подтверждено актами и протоколами испытаний.

После проведения исследовательских работ, связанных с корректировкой состава добавки и усовершенствованием технологического оборудования, с целью повышения эффективности производства и снижения стоимости производимого продукта, реконструированы и заново построены отдельные участки дорог Белгородской области (г. Белгород, ул. Макаренко, пос. Разумное, 20 – 22.03.2012 г.; автомобильная дорога «Крым» – Сырцево 10.07.2014 г.; автомобильная дорога Церковный – Щетиновка – граница Борисовского р-на 14.10.2014 г.), представлена последовательность работ по укладке опытного участка дороги с использованием ГСД ЩМА.

Осмотр опытных участков показал, что дефектов на асфальтобетонном покрытии не обнаружено. Результаты испытаний уложенной смеси и вырубков асфальтобетона из покрытия полностью удовлетворяют требованиям ГОСТ 31015–2002, предъявляемым к ЩМА. Результаты определения основных показателей качества образцов представлены в табл. 1.

Таблица 1

### Результаты лабораторных исследований ГСД ЩМА

Наименование показателей	Требования ГОСТ 31015–2002	ЩМА с ГСД
Средняя плотность, г/см <sup>3</sup>	для ЩМА-15	2,39
Устойчивость к расслаиванию по показателю стекания вяжущего, %	не более 0,20	0,13
Водонасыщение, % по объему	от 1,0 до 4,0	2,7
Предел прочности при сжатии, МПа, при температуре, °С:		
20	не менее 2,2	3,9
50	не менее 0,65	1,6
Сдвигоустойчивость:		
коэффициент внутреннего трения	не менее 0,93	0,94
сцепление при сдвиге при температуре 50 °С, МПа	не менее 0,18	0,53
Трещиностойкость – предел прочности на растяжение при расколе при температуре 0 °С	не менее 2,5 не более 6,0	3,5
Влажность стабилизирующей добавки, %	не более 8,0	5,2
Термостабильность стабилизирующей добавки, %	не более 7,0	2,2

### Оценка технико-экономической эффективности

Стоимость зарубежных гранулированных фиброполнителей составляет порядка 40...45 тыс. р. за 1 т, что на 20 – 30 % удорожает использование ЩМА в России. Кроме того, только 35 % технических волокнистых материалов идет на вторичную переработку (в Японии, например, более 75 %).

Проведенные расчеты показали экономическую целесообразность получения ГСД как для производителя, так и потребителей данной продукции.

Ожидаемый экономический эффект от внедрения ресурсосберегающего технологического комплекса производительностью 250 т ГСД в год составит около 1100 тыс. р. Срок окупаемости капитальных вложений – 3,1 года. Чистая прибыль на единицу выпускаемой продукции при оптовой цене (без учета НДС) составит 6,8 тыс. р. Рентабельность выпускаемой продукции – 34 %.

Производство ГСД ЩМА из отечественного сырья по разработанной технологии с использованием патентозащищенного оборудования позволяет снизить продажную стоимость добавки на 20 – 30 %.

### Заключение

Таким образом, проведенные лабораторные и опытно-промышленные испытания показали, что разработанная технология производства импортозамещающих ГСД ЩМА и патентозащищенное оборудование полностью соответствуют существующим требованиям для производства качественных дорожных покрытий. Кроме того, проведенные промышленные испытания с представителями –

производителями асфальтобетонных смесей (ООО «Автодорстрой-Подрядчик», ООО «Линдор» и др.) подтвердили технологическую возможность применения и технико-экономическую целесообразность использования ГСД ЩМА для удовлетворения потребностей как Белгородской области, так и других регионов России. Ресурсосберегающий технологический комплекс позволяет не только перерабатывать многочисленные отходы производства, но и производить востребованный на рынке продукт – гранулированную стабилизирующую добавку, которая соответствует требованиям ГОСТ и имеет отпускную стоимость на 20 – 25 % ниже, по сравнению с импортной добавкой Viator-66.

*Работа выполнена при финансовой поддержке гранта РФФИ и правительства Белгородской области в рамках научного проекта № 14-41-08054 p\_офи\_м.*

#### *Список литературы*

1. Арутюнов, В. Г. Первый опыт строительства покрытий из щебеночно-мастичного асфальтобетона в России / В. Г. Арутюнов, Г. Н. Кирюхин, В. М. Юмашев // Дороги России XXI века. – 2002. – № 3. – С. 58 – 61.
2. Методические рекомендации по устройству верхних слоев дорожных покрытий из щебеночно-мастичного асфальтобетона (ЩМА) / Гос. дорож. науч.-исслед. ин-т ФГУП «СОЮЗДОРНИИ». – М. : [б. и.], 2002. – 36 с.
3. Райнхольд, Д. Щебеночно-мастичный асфальт / Дитер Райнхольд // Автомобил. дороги. – 2002. – № 3. – С. 80.
4. Ресурсо-энергосберегающие модули для комплексной утилизации техногенных материалов / С. Н. Глаголев [и др.] // Вестн. Белгород. гос. технол. университета им. В. Г. Шухова. – 2013. – № 6. – С. 102 – 106.
5. Тепловой анализ технологической линии по экструдированию и сушке техногенных волокнистых материалов / С. Н. Глаголев [и др.] // Вестн. Белгород. гос. технол. университета им. В. Г. Шухова. – 2015. – № 2. – С. 78 – 83.
6. Пат. 2545252 Российская Федерация, F26B 11/04. Барабанно-винтовой сушильный агрегат для сушки гранулированных и сыпучих материалов / В. С. Севостьянов, Т. Н. Ильина, М. В. Севостьянов, А. В. Кошуков, В. А. Бабуков, Д. А. Емельянов ; заявитель и патентообладатель ФГБОУ ВПО «Белгород. гос. технол. университет им. В. Г. Шухова». – № 2013138030/06 ; заявл. 13.08.2013 ; опубл. 27.03.2015, Бюл. № 9. – 6 с.
7. Пат. 2542010 Российская Федерация, C04B 26/26, C08L 95/00. Стабилизирующая добавка для щебеночно-мастичной асфальтобетонной смеси / Глаголев С. Н., Ядыкина В. В., Гридчин А. М., Севостьянов В. С., Траутвайн А. И., Юрьев П. В., Севостьянов М. В., Тоболенко С. С. ; заявитель и патентообладатель Белгород. гос. технол. университет им. В. Г. Шухова. – № 2014110302/03 ; заявл. 18.03.2014 ; опубл. 20.02.2015, Бюл. 5. – 7 с.
8. Пат. 2538579 Российская Федерация, B01F 13/10. Устройство для пневмомеханического гранулирования техногенных материалов / Севостьянов В. С., Ильина Т. Н., Севостьянов М. В., Емельянов Д. А., Кошуков А. В. ; заявитель и патентообладатель Белгород. гос. технол. университет им. В. Г. Шухова. – № 2013137715/05 ; заявл. 12.08.2013 ; опубл. 10.01.2015, Бюл. № 1. – 6 с.
9. Соломенцев, А. Б. Влияние стабилизирующих добавок для ЩМА на свойства вязкого дорожного битума / А. Б. Соломенцев, И. А. Баранов // Строительство и реконструкция. – 2011. – № 4 (36). – С. 56 – 62.
10. Баранов, И. А. Оценка влияния стабилизирующих добавок на физико-механические показатели свойств щебеночно-мастичного асфальтобетона / И. А. Баранов, А. Б. Соломенцев // Строительство и реконструкция. – 2010. – № 5 (31). – С. 45 – 51.

## Resource-Saving Technological System for Production of Granulated Stabilizers for Stone Mastic Asphalt Concrete

M. V. Sevostyanov<sup>1</sup>, T. N. Ilyina<sup>2</sup>, I. A. Kuznetsova<sup>3</sup>,  
A. V. Osokin<sup>1</sup>, I. G. Martakov<sup>1</sup>

*Departments: "Machine parts and Theory of Mechanisms and Machines" (1);  
msev31@mail.ru; "Heat, gas supply and ventilation" (2),  
"Economics and production management" (3),  
Shukhov Belgorod State Technological University*

**Keywords:** granular products; flat matrix granulator; recycling; pulp and waste paper; resource-saving technological system; stabilizing additive; stone mastic asphalt concrete.

**Abstract:** The paper describes the feasibility of developing a competitive granular additive based on pulp and paper waste for stone-mastic asphalt concrete. We designed resource-saving technological system and equipment for production of granular products from different composite mixtures, and described process operations of the system. We also describe the findings of laboratory studies of the granular stabilizing additive, as well as pilot testing results during laying and maintenance of asphalt concrete using the developed additive.

### References

1. Arutyunov V.G., Kiryukhin G.N., Yumashev V.M. [Stone mastic asphalt paving. The first experience in Russia.], *Dorogi Rossii XXI veka* [Russian roads in the XXI century], 2002, no. 3, pp. 58-61. (In Russ.)
2. State Road Research Institute FSUE "SOYUZDORNII", *Metodicheskie rekomendatsii po ustroystvu verkhnikh sloev dorozhnykh po-krytii iz shchebenochno-mastichnogo asfal'tobetona (ShchMA)*, [Guidelines for the construction of the top layers of stone mastic asphalt paving], Moscow, 2002, 36 p. (In Russ.)
3. Reinhold D. [Stone mastic asphalt], *Avtomobil'nye dorogi* [Car roads], 2002, no. 3, p. 80. (In Russ.)
4. Glagolev S.N., Sevost'yanov V.S., Gridchin A.M., Ural'skii V.I., Sevost'yanov M.V., Yadykina V.V. [Resource-saving modules for comprehensive utilization of man-made materials] *Vestnik Belgorodskogo gosudarstvennogo tekhnologicheskogo universiteta im. V.G. Shukhova* [Bulletin of the V.G. Shukhov Belgorod State Technological University], 2013, no. 6, pp. 102-106. (In Russ.)
5. Glagolev S.N., Sevost'yanov V.S., Gridchin A.M., Trubaev P.A., Sevost'yanov M.V., Koshchukov A.V. [Thermal analysis of the technological line for extrusion and drying man-made fiber materials], *Vestnik Belgorodskogo gosudarstvennogo tekhnologicheskogo universiteta im. V.G. Shukhova* [Bulletin of the V.G. Shukhov Belgorod State Technological University], 2015, no. 2, pp. 78-83. (In Russ.)
6. Sevost'yanov V.S., Ilyina T.N., Sevost'yanov M.V., Koshchukov A.V., Babukov V.A., Emel'yanov D.A., Belgorodskij gosudarstvennyj tekhnologicheskij universitet im. V.G. Shukhova, *Barabanno-vintovoi sushil'nyi agregat dlya sushki granulirovannykh i sypuchikh materialov* [Drum Screw Drying Aggregate for Granulated and Bulk Material Drying], Russian Federation, 2015, Pat. 2545252. (In Russ., Abstract in Eng.)
7. Glagolev S.N., Yadykina V.V., Gridchin A.M., Sevost'yanov V.S., Trautvain A.I., Yur'ev P.V., Sevost'yanov M.V., Tobolenko S.S., Belgorodskij gosudarstvennyj tekhnologicheskij universitet im. V.G. Shukhova, *Stabiliziruyushchaya dobavka dlya shchebenochno-mastichnoi asfal'tobetonnoi smesi* [Stabilising Additive for Crushed-Stone-Mastic Asphalt Concrete Mix], Russian Federation, 2015, Pat. 2542010. (In Russ., Abstract in Eng.)

8. Sevost'yanov V.S., Il'ina T.N., Sevost'yanov M.V., Emel'yanov D.A., Koshchukov A.V., Belgorodskij gosudarstvennyj tekhnologicheskij universitet im. V.G. Shukhova, *Ustroistvo dlya pnevmomekhanicheskogo granulirovaniya tekhnogennykh materialov* [Device for Pneumatic Mechanical Granulating of Man Made Materials], Russian Federation, 2015, Pat. 2538579. (In Russ., Abstract in Eng.)

9. Solomentsev A.B., Baranov I.A. [Influence of stabilizing additives for RMA on properties of viscous road bitumen], *Stroitel'stvo i rekonstruktsiya* [Building and reconstruction], 2011, no. 4 (36), pp. 55-61. (In Russ., Abstract in Eng.)

10. Baranov I.A., Solomentsev A.B. [Estimate of stabilizing additive effect upon physico-stress-strain properties of crushed rock-mastic asphalt concrete], *Stroitel'stvo i rekonstruktsiya* [Building and reconstruction], 2010, no. 5 (31), pp. 45-51. (In Russ., Abstract in Eng.)

---

### **Ressourcensparender technologischer Komplex für die Produktion der granulierten stabilisierenden Zusätze des Schottermastixasphaltenbetons**

**Zusammenfassung:** Es ist die Zweckmäßigkeit der Entwicklung des konkurrenzfähigen granulierten Zusatzes aufgrund der Papierabfälle für den Schottermastixasphaltenbetons gezeigt. Es ist den ressourcensparenden technologischen Komplex und die Ausrüstung für die Erzeugung der granulierten Produktion aus den verschiedenen Kompositionsmischungen entwickelt, es sind die technologischen Operationen bei der Arbeit des Komplexes gezeigt. Es sind die Ergebnisse der Laborforschungen des granulierten stabilisierenden Zusatzes, sowie die industriellen Tests beim Verpacken und dem Betrieb des Asphaltbetons unter Ausnutzung des entwickelten Zusatzes angeführt.

---

### **Complexe technologique économisant les ressources pour la production des additifs granulés stabilisants du béton d'asphalte coulé gravillonné**

**Résumé:** Est montrée l'opportunité de l'élaboration de l'additif granulé compétitif à la base des déchets de papier et de cellulose pour le béton d'asphalte coulé gravillonné. Est conçu le complexe technologique économisant les ressources et l'équipement pour la fabrication des produits granulés à partir de différents mélanges composites; sont présentées les opérations technologiques lors du fonctionnement du complexe. Sont cités les résultats des recherches de laboratoire de l'additif granulé stabilisant, ainsi que des essais lors de l'installation et l'exploitation du béton d'asphalte coulé gravillonné.

---

**Авторы:** *Севостьянов Максим Владимирович* – кандидат технических наук, доцент кафедры «Технологические комплексы, машины и механизмы»; *Ильина Татьяна Николаевна* – доктор технических наук, профессор кафедры «Теплогазоснабжение и вентиляция»; *Кузнецова Ирина Анатольевна* – кандидат экономических наук, профессор кафедры «Экономика и организация производства»; *Осокин Антон Владиславович* – аспирант кафедры «Технологические комплексы, машины и механизмы»; *Мартаков Игорь Геннадьевич* – аспирант кафедры «Технологические комплексы, машины и механизмы», ФГБОУ ВО «Белгородский государственный технологический университет им. В. Г. Шухова», г. Белгород.

**Рецензент:** *Шарапов Рашид Ризаевич* – доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой «Подъемно-транспортные и дорожные машины», ФГБОУ ВО «Белгородский государственный технологический университет им. В. Г. Шухова», г. Белгород.