

*Глаголев С. Н., д-р экон. наук, проф.,  
Севостьянов В. С., д-р техн. наук, проф.,  
Гриджин А. М., д-р техн. наук, проф.,  
Уральский В. И., канд. техн. наук, проф.,  
Севостьянов М. В., канд. техн. наук, доц.,  
Ядыкина В. В., д-р техн. наук, проф.*

*Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова*

## РЕСУРСО-ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИЕ МОДУЛИ ДЛЯ КОМПЛЕКСНОЙ УТИЛИЗАЦИИ ТЕХНОГЕННЫХ МАТЕРИАЛОВ\*

**msev31@mail.ru**

*Показана экономическая и экологическая целесообразность утилизации порошкообразных и волокнистых материалов низкой насыпной массы с использованием компактирования.*

*Разработаны малотоннажные ресурсо-энергосберегающие модули для комплексной утилизации техногенных материалов.*

*Представлены опытно-конструкторские разработки, направленные на совершенствование процессов механоактивации минеральных добавок и экструдирования техногенных смесей. Разработаны технологические комплексы, обеспечивающие выпуск конкурентоспособных стабилизирующих добавок для щебеночно-мастичного асфальтобетона с вторичным использованием целлюлозно-бумажных отходов в дорожном строительстве.*

***Ключевые слова:** экструдирование, гранулирование, техногенные материалы, стабилизирующие добавки, технологический комплекс.*

Интенсивный рост промышленного производства России и мировой индустрии не может позитивно влиять на окружающую среду, не нанося вред экологии человеческого обитания. Внедрение новых технологий переработки неорганических и органических материалов несет за собой появление огромного количества отходов. Современные промышленные производства зачастую ориентированы на первичную прибыль из природного сырья, не уделяя должного внимания проблеме утилизации техногенных материалов.

В промышленности строительных материалов (ПСМ) достаточно успешно внедрена практика вторичного использования отходов, а также техника и технологии переработки полидисперсных материалов методом компактирования: экструдирования, гранулирования, брикетирования, прессования и др. Комплексная утилизация техногенного сырья предусматривает нестандартные методы воздействия на материал, а иногда и их сочетание.

Физико-химические свойства порошкообразных материалов, дисперсность, а также требования к физико-механическим параметрам готового продукта определяют способ формирования. Утилизация техногенных материалов при помощи компактирования, дает «вторую жизнь» отходам производства, обеспечивая при этом существенный экономический эффект [1-4]. Так, например, использование рациональных способов утилизации фосфогипса позволяет химиче-

ским предприятиям снизить себестоимость производства фосфорной кислоты до 40 %.

Создание малотоннажных ресурсо-энергосберегающих модулей в области научно-технического предпринимательства, малого и среднего бизнеса является приоритетным направлением для роста отечественного производства. Использованное инновационное оборудование и запатентованные агрегаты, в результате работы которых происходит комплексная утилизация техногенных материалов с сопутствующим экономическим эффектом, можно объединить в отдельные ресурсо-энергосберегающие модули. Данные модули совмещают в себе различные технологические процессы при воздействии на перерабатываемый материал: дробление, измельчение, смешение, увлажнение, формование, сушка и др. Конечный вид скомпактированного продукта (в форме гранул, брикетов, пеллет и др.) удобен для упаковки, транспортировки, хранения и равномерного распределения при дальнейшем использовании [5].

В некоторых технологических модулях для существенного улучшения физико-механических свойств порошкообразных материалов прибегают к способу их механоактивации. Более развитая (активная) поверхность частиц в высокодисперсном состоянии приводит к увеличению сил их межмолекулярного сцепления, что в конечном итоге при формировании повышает прочность скомпактированного тела.

Для получения механоактивированных минеральных добавок (ММД) нами разработан

технологический модуль (рис. 1).

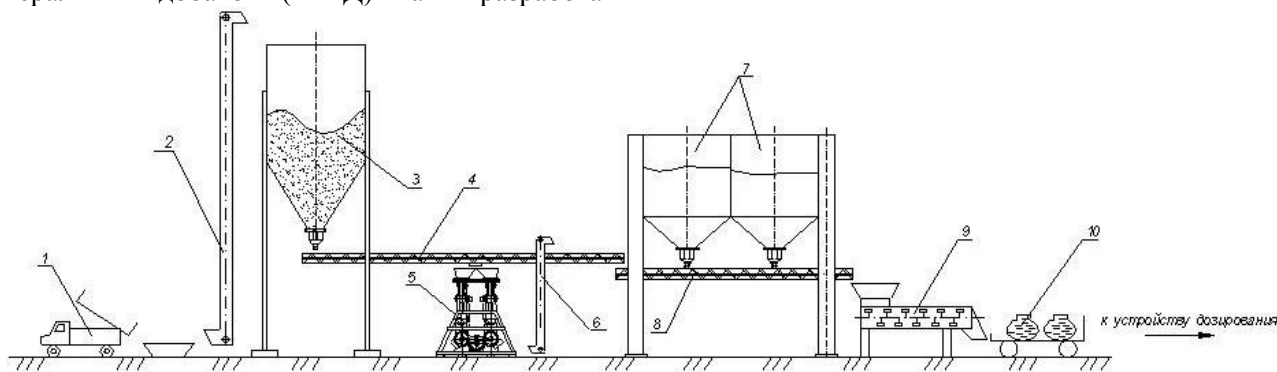


Рис. 1. Технологический модуль для механоактивации техногенных порошкообразных материалов

1 – автотранспорт; 2,6 – вертикальные конвейеры (нории); 3 – приемный бункер ММД; 4,8 – шнековые конвейеры; 5 – ЦПСА; 7 – матерчатые бункера; 9 – лопастная смеситель; 10 – механоактивированная композиционная смесь.

Исходные техногенные минеральные добавки (известняк, шлак и др.) размером частиц  $d_{cp} \leq 3-5$  мм загружаются из автотранспорта 1 в приемный бункер и с помощью вертикального конвейера (нории) 2 загружаются в бункер для хранения добавок 3. С помощью ячеякового питателя минеральные добавки дозируются и загружаются в шнековый конвейер 4. Из последнего материал загружается в центробежный помольно-смесительный агрегат (ЦПСА) 5 с параллельными помольными блоками, где подвергается механоактивации до размеров частиц  $d_{cp} \leq 0,03-0,05$  мм. Регулирование частоты вращения входного вала ЦПСА осуществляется с помощью преобразователя частоты. Измельченный материал возвращается в шнековый конвейер 4 с помощью нории 6 и транспортируется последовательно посредством шнекового конвейера 8 в лопастную смеситель 9. В лопастной смеситель также могут подаваться измельченные ранее другие специальные добавки.

Гомогенная композиционная смесь из смесителя выгружается в специальную тару, проходит весовое дозирование материала и отгружается потребителю. Возможно дальнейшее транспортирование к месту использования, например, в качестве сырьевого компонента для технологического модуля по переработке целлюлозно-бумажных отходов (ЦБО).

Огромные тоннажи отходов целлюлозы (макулатуры) рационально вторично использовать в дорожном строительстве [6]. Исходя из практического опыта развитых стран: США, Франции, Германии, Швеции, Норвегии, Финляндии, к числу наиболее перспективных материалов для строительства дорожных покрытий относится щебеночно-мастичный асфальтобетон (ЩМА), который обладает рядом значительных преимуществ по сравнению с традиционными

асфальтобетонами: повышенной сдвигоустойчивостью и трещиностойкостью, устойчивостью к колееобразованию. Его шероховатая поверхность обеспечивает надлежащее сцепление с колесом автомобиля, что повышает безопасность движения, а также уменьшает шум и аквапланирование [7].

ЩМА успешно используется в различных регионах России и стран СНГ с 2000 года. В Белгородской области этой проблеме также уделяется большое внимание: ЩМА выпускается с 2006 года, доля производства от общего количества асфальтобетона составляет около 25%.

Обязательным компонентом ЩМА является стабилизирующая волокнистая добавка, препятствующая сегрегации и отслоению битумного вяжущего при высоких технологических температурах. К настоящему времени наибольшее распространение получили стабилизирующие добавки на основе целлюлозы, являющейся продуктом различных способов переработки растительного сырья. При этом целлюлоза применяется либо в виде фибриллированного волокна, либо в виде гранул. Грануляция волокна облегчает дозирование и гарантирует гомогенное распределение стабилизирующей добавки в смеси. Поставщиками таких добавок (например, VIATOR, TOPCEL, GENICEL и др.) являются, в основном, зарубежные компании Швеции и Германии.

Стабилизирующие добавки TOPCEL и VIATOR рекомендованы ГОСТ 31015 – 2002 для приготовления щебеночно-мастичных асфальтобетонных смесей. Это специальные гранулы на основе целлюлозы, имеющие ленточную структуру нитей. Гранулы TOPCEL содержат обработанные воском волокна для уменьшения гигроскопичности, гранулы VIATOR имеют битумное покрытие каждого волокна для обеспе-

чения полной влагонепроницаемости и сохранности при длительном хранении. Недостатком этих добавок является их высокая стоимость. Применяются также добавки на основе асбеста, синтетических волокон, резиновой крошки. Следует отметить, что поиск эффективных стабилизирующих добавок для ЩМА продолжается.

В БГТУ им. В.Г. Шухова в соответствии с задачами, поставленными в долгосрочной целевой программе «Совершенствование и развитие транспортной инфраструктуры Белгородской области на 2011 – 2017 годы», утвержденной постановлением правительства Белгородской области, проводятся научные исследования и опытно-конструкторские разработки, направленные на повышение качества автомобильных дорог региона. Одним из перспективных направлений таких работ является создание инновационных предприятий по производству конкурентоспособных стабилизирующих добавок для щебеночно-мастичного асфальтобетона.

Процесс производства гранулированных стабилизирующих добавок (ГСД) щебеночно-мастичного асфальтобетона реализуется в технологическом модуле по переработке ЦБО (рис.

2,3). Технологический процесс выпуска ГСД включает следующие операции: складирование исходных ЦБО; дозирование и их транспортирование к измельчителю (шредеру); двухстадийное измельчение ЦБО с введением композиционных механоактивированных минеральных добавок; осаждение измельченных ЦБО в циклоне-разгрузителе; пылеулавливание тонкой фракции ЦБО и ММД в системе аспирации; гранулирование композиционной смеси в плоско-матричном грануляторе с последующей классификацией готового продукта в очистителе-просеивателе барабанного типа; транспортирование ГСД для их последующей упаковки, взвешивание и складирование ГСД.

Некоторые техногенные материалы имеют низкую насыпную плотность (менее  $200 \text{ кг/м}^3$ ) и нуждаются в поэтапном процессе формования с обязательной стадией предварительного уплотнения. В технологическом модуле уплотнение композиционной смеси (ЦБО, ММД, органическое связующее) осуществляется после прохождения роторной дробилки и соответствующей аспирации пылевоздушной смеси в циклоне-осадителе и последующей очистке воздуха в рукавном фильтре.

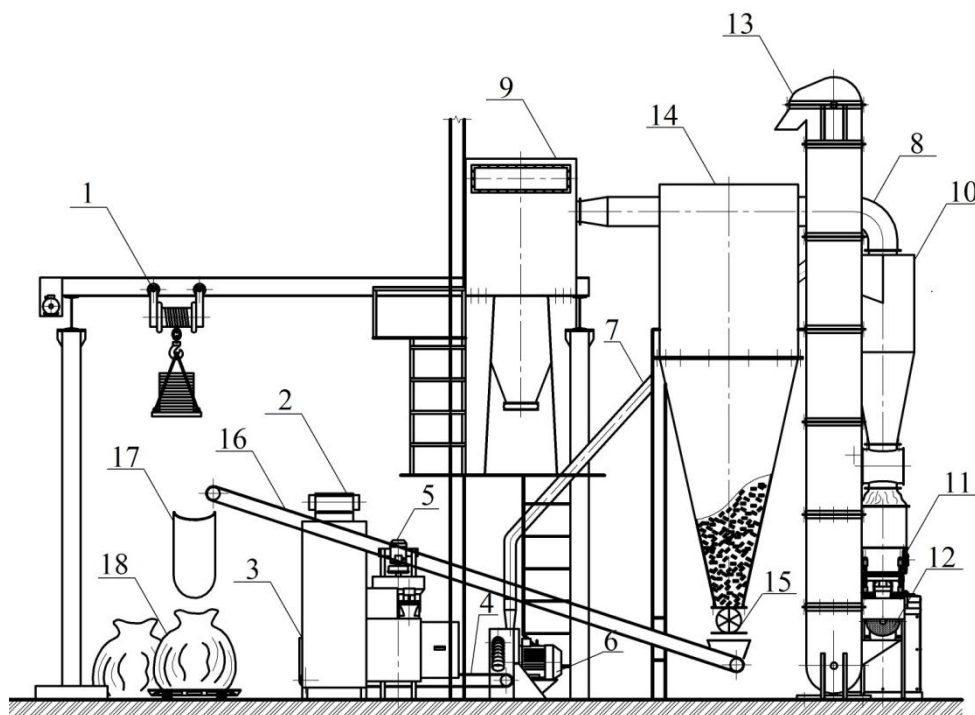


Рис. 2. Технологический модуль для производства гранулированных стабилизирующих добавок щебеночно-мастичного асфальтобетона

- 1 – тельфер; 2 – ленточный конвейер; 3 – измельчитель (шредер); 4 – скребковый дозатор; 5 – дозатор ММД; 6 – роторная дробилка; 7 – трубопровод; 8 – трубопровод системы аспирации; 9 – система рукавных фильтров; 10 – циклон-разгрузитель; 11 – плоскоматричный гранулятор; 12 – барабанный классификатор; 13 – элеватор (нория); 14 – бункер; 15 – ячейковый разгрузитель; 16 – транспортер; 17 – разгрузительный лоток; 18 – биг-бэги с продукцией.



Рис. 3. Технологический модуль для производства ГСД ЩМА

Высокая эффективность процесса измельчения с одновременной возможностью смешивания гетерогенных смесей реализуется в разработанном нами центробежном помольно-смесительном агрегате (ЦПСА) [8, 9]. Данный тип машин (рис. 4) может успешно применяться

на строительных предприятиях, производящих сухие строительные смеси, пенобетон, высококонцентрированные вяжущие, высокодисперсные наполнители, лакокрасочные материалы и другие порошкообразные строительные материалы.



Рис. 4. Центробежный помольно-смесительный агрегат

Отличительной особенностью данного агрегата является сочетание в одной технологической машине стадий среднего, тонкого и сверхтонкого измельчения, а именно возможности совмещения ударных и истирающих нагрузок за счет обеспечения соответствующих траекторий движения помольных камер. Разработанная конструкция ЦПСА с параллельными помольными блоками позволяет измельчать сыпучие материалы различной прочности до удельной поверхности  $S_{уд}=500-800 \text{ м}^2/\text{кг}$ .

Таким образом, возможность комплексного воздействия на утилизируемый техногенный материал, совмещение различных технологических процессов при работе оборудования позволяют качественно решать вопросы переработки

отходов. Создание ресурсо-энергосберегающих технологических модулей для комплексной утилизации техногенных материалов оказывает благоприятное воздействие на развитие научно-технического предпринимательства, малого и среднего бизнеса.

*\*Работа выполнена в рамках реализации Программы стратегического развития БГТУ им. В.Г.Шухова на 2012 – 2016 годы.*

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Глаголев С.Н., Севостьянов В.С., Свергузова С.В., Уральский В.И., Севостьянов М.В., Фетисов Д.Д., Сапронова Ж.А., Шинкарев Л.И. Технические средства и технологии для ком-

плексной утилизации изотропных и анизотропных техногенных материалов // Экология и промышленность России. 2012. №12. С 6-10.

2. Гридчин А.М., Севостьянов В.С., Дубинин Н.Н. и др. Энергосберегающая техника и технологии для комплексной переработки природных и техногенных материалов // Стекло мира. 2006. №6. С. 45-48.

3. Севостьянов В.С., Михайличенко С.А., Севостьянов М.В., Спириин М.Н. и др. Энергосберегающие технологические комплексы и агрегаты для утилизации техногенных материалов // Вестник БГТУ им. В.Г.Шухова. 2007. №1. С. 85-90.

4. Глаголев С.Н., Севостьянов В.С., Ильина Т.Н., Уральский В.И. Технологические модули для комплексной переработки техногенных материалов // Химическое и нефтегазовое машиностроение. 2010. №9. С. 43-45.

5. Севостьянов В.С., Свергузова С.В., Шинкарев Л.И., Севостьянов М.В., Спириин М.Н., Фетисов Д.Д. Техника и технология брикетирования порошкообразных и вязкопластичных техногенных материалов // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2012. №3. С. 87-90.

6. Севостьянов В.С., Макридин А.А., Севостьянов М.В., Шинкарев Л.И. Техника и техно-

логия комплексной утилизации целлюлозно-бумажных отходов. // Сб. статей XIII Междунар. науч.-практ. конф. «Города России: проблемы строительства, инженерного обеспечения, благоустройства и экологии», 2011. Пенза. С. 152-156.

7. Ядыкина В.В., Гридчин А.М., Тоболенко С.С. Стабилизирующая добавка для щебеночно-мастичного асфальтобетона из отходов промышленности // Строительные материалы. 2012. №8. С.64-66.

8. Пат. 2277973 Российская Федерация, В 02 С 17/08. Помольно-смесительный агрегат / Гридчин А.М., Севостьянов В.С., Лесовик В.С., Уральский В.И., Сеница Е.В.; заявитель и патентообладатель ООО «ТК РЕЦИКЛ»; опубл. 20.06.2006, Бюл. №17.

9. Пат. 2381837 Российская Федерация, В 02 С 17/08. Помольно-смесительный агрегат / Гридчин А.М., Севостьянов В.С., Лесовик В.С., Уральский В.И., Уральский А.В., Сеница Е.В.; заявитель и патентообладатель Белгородский государственный технологический университет, ООО «ТК РЕЦИКЛ»; опубл. 20.02.2010, Бюл. №5.