

*Севостьянов М.В., канд. техн. наук, доц.
Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова*

РЕСУРСОСБЕРЕГАЮЩЕЕ ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ КОМПЛЕКСНОЙ ПЕРЕРАБОТКИ ТЕХНОГЕННЫХ МАТЕРИАЛОВ*

msev31@mail.ru

Комплексное воздействие техногенных материалов на окружающую среду (воздух, почву, воду) создает экологическую напряженность, которая требует неотложного решения. В этой связи необходимость вторичного использования отходов производств с последующим воспроизводством природной сырьевой базы и защиты окружающей среды от загрязнений является весьма актуальной.

Это может быть достигнуто в результате разработки эффективных технологических способов утилизации техногенных материалов и технических средств для их реализации. Использование передовых технологий в области научно-технического предпринимательства, малого и среднего бизнеса, учитывающих такие факторы как энерго- и ресурсосбережение, возможность выпуска широкой номенклатуры изделий из техногенного сырья также перспективно и актуально. Разработка и создание малотоннажных ресурсо-энергосберегающих технологических комплексов и модулей, инновационного оборудования и патентозащищенных агрегатов, использование которых обеспечивает рациональные способы комплексной утилизации техногенных материалов, способствует повышению технико-экономической эффективности действующих предприятий и снижению экологической нагрузки на окружающую среду.

***Ключевые слова:** ресурсосбережение, брикетирование, экструдирование, гранулирование, техногенные материалы, технологический комплекс.*

Введение. В настоящее время постоянно возрастающие объемы выпускаемой продукции в различных отраслях промышленности сопровождаются образованием огромного количества техногенных материалов. Так, например, в промышленности строительных материалов уже накоплено порядка шести миллиардов тонн промышленных отходов. Это – золошлаковые смеси, фосфогипс, алюмо-силикатные отходы, гранулированные шлаки, хвосты обогащения, а также огромное количество нерудных сырьевых материалов: карбонатных пород, кремнезема, глинистых материалов и др.

При добыче руды и сырья для черной и цветной металлургии в России и странах СНГ в отвалы идет более 3 млрд. м³ горных пород (известняков, мела, глины, песка). Ежегодно сжигается более 100 млн. м³ отходов деревообработки и деревянной тары, не поступающей в оборот, скапливается и не утилизируется более 4 млн.т. макулатуры, такое же количество изношенных шин различных технических средств, более миллиона тонн стеклянного боя [1–3].

При выборе и разработке технологии переработки и вторичного использования техногенного сырья необходимо учитывать структурную неоднородность, анизотропию материалов, а также специфические особенности их физико-механических и физико-химических свойств, диапазон варьирования параметров. Морфологические особенности материалов, их плотность, прочность, текстура, сыпучесть, коэффициент

внутреннего и внешнего трения и др. определяют энергоемкость процесса переработки техногенного сырья.

Экономическая ситуация в стране нуждается в интенсивном развитии малотоннажных производств для сферы малого и среднего бизнеса, инновационных технологий и оборудования для рециклинга техногенных материалов, способных быстро перенастраиваться на выпуск того или иного вида продукции, пользующегося спросом у потребителя.

Для эффективной комплексной утилизации техногенных материалов необходимо создание ресурсосберегающего специального оборудования, учитывающего специфические особенности техногенных материалов и условия их переработки.

Основная часть. Ресурсосберегающие комплексы, как правило, содержат следующие технологические передель: измельчение техногенных материалов с различной степенью их размолоспособности, механоактивация сырья с достижением заданного гранулометрического состава и дисперсности, гомогенизация гетерогенных смесей, компактирование порошкообразных или вязкопластичных материалов различными способами и др.

В этой связи нами были разработаны патентозащищенные агрегаты специального назначения.

Для реализации процесса измельчения – самой энергоемкой технологической операции,

нами разработан роторно-центробежный агрегат комбинированного действия [4] с использованием съемных иглофрезерных элементов рабочих органов (рис. 1 а). Принцип действия этих агрегатов основан на избирательном комплексном воздействии на обрабатываемые материалы консольно установленных стержневых элементов, а также использовании энергоэффективного механизма разрушения. Данный тип машин целесообразно использовать для переработки анизотропных материалов природного и техногенного происхождения, в том числе твердых бытовых и промышленных отходов, органических материалов, растительного сырья, композиционных и сложных по структуре и составу компонентов и др.

Для измельчения и гомогенизации волокнистых материалов малой и средней прочности нами разработано техническое решение [5], позволяющее получить однородную композиционную смесь с введением в нее в процессе измельчения тонкодисперсных добавок – ингредиентов (рис.1 б). Агрегат обеспечивает низкую энергоемкость процесса механического разрушения при одновременной высокой производительности машины. Непосредственно измельчение происходит за счет высокоскоростного вращения ротора с режущими элементами в виде набора дисков – на первой стадии и ротора с игольчатыми элементами – на второй стадии.

В случае механического и пневмомеханического диспергирования техногенных материалов малой и средней прочности с невысокой абразивностью, твердо-жидких суспензий, а также анизотропных материалов (например, отходов вермикулитового производства) и др. нами разработана конструкция дезинтегратора [6], позволяющая получать гомогенный тонкодисперсный продукт из мелкокускового сырья (рис. 1 в). При работе агрегата достигается увеличение удельной поверхности измельчаемых материалов и смешение сухих поликомпонентных смесей с различными физико-механическими свойствами при высокой производительности машины.

Для сушки гранулированных и сыпучих материалов используется разработанный нами барабанно-винтовой сушильный агрегат [7]. Благодаря установленным по винтовой поверхности в коаксиально расположенных барабанах пересыпных полок повышается равномерность перемещения материала и теплопередача от теплоносителя материалу. Эффективность процесса сушки также повышается за счет обеспечения равномерности загрузки материала. Размещение на поверхности наружного барабана классифицирующего устройства обеспечивает удаление просыпи из материала заданной гранулометрии (рис.1 г).

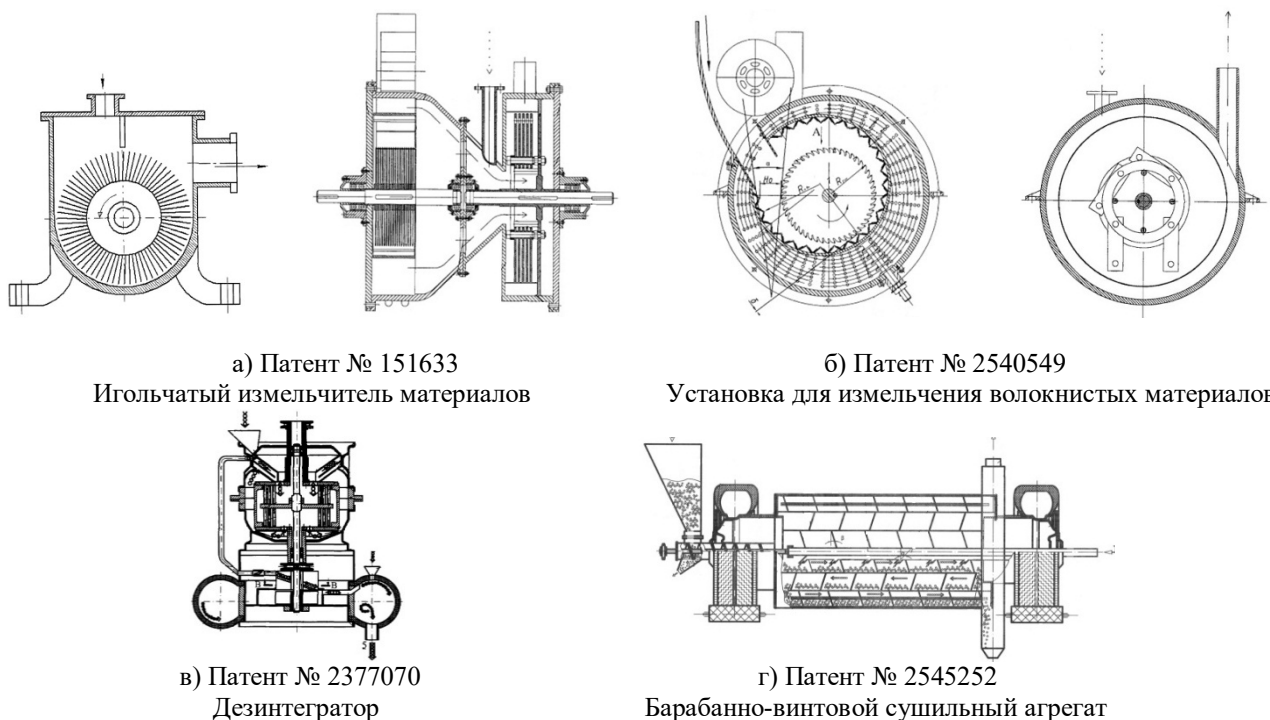


Рис. 1. Конструкции специального оборудования ресурсосберегающих комплексов

Совокупность специального оборудования и заданной технологии обеспечивает функцио-

нирование малотоннажных технологических комплексов для переработки техногенных мате-

риалов с различными физико-механическими свойствами. Ресурсосберегающие технологические комплексы имеют многофункциональное назначение и позволяют решать вопросы, связанные как с утилизацией техногенных материалов, так и с получением новых видов продукции на основе разработанных композиционных смесей.

Компактирование, как способ утилизации, является наиболее эффективным и распространенным технологическим переделом, который включает в себя различные процессы: гранулирование, экструдирование, брикетирование, прессование, окатывание, прокатку и другие способы формования техногенных материалов.

Области использования компактированных техногенных материалов весьма разнообразны, а товарная продукция может быть представлена в виде:

-брикетов различной формы и размеров, спрессованных из уловленного пылеуноса сушильных и обжиговых агрегатов;

-спрессованных топливных брикетов или экструдированных пеллет, сформованных из техногенных материалов различных отраслей промышленности (отходов деревообрабатывающих производств, сельскохозяйственного производства, маслоэкстракционных заводов – лузги и др.) с целью их термоутилизации и получения тепловой или электрической энергии в теплоэлектростанциях различной мощности;

-компактированных техногенных материалов с низкой насыпной массой ($\rho_m \leq 300 \text{ кг/м}^3$) для их использования в качестве альтернативных теплоизоляционных заполнителей при производстве строительных изделий (например, строительных блоков из отходов перлитового или вермикулитового производства, целлюлозно-бумажных отходов и др.);

-теплоизоляционных или огнестойких материалов, сформованных из порошкообразных поризованных смесей (отходов производства пеностекляных блоков, газосиликата и др.);

-импортзамещающей продукции – гранулированных стабилизирующих добавок щебеночно-мастичного асфальтобетона;

-компактированных органо-минеральных удобрений пролонгированного действия;

-экструдированных или микрогранулированных техногенных материалов из высокодисперсных поризованных компонентов (перлита, вермикулита и других материалов), обладающих повышенной адсорбционной способностью, используемых для фильтрации загрязненных жидких сред (отработанных масел, стоков пищевых производств и агропромышленных комплексов и др.);

-сбрикетированных отходов деревообрабатывающих производств с органическими нефтешламовыми связующими, загрязняющими окружающую среду при добыче нефти и др.

Для реализации процесса компактирования по указанным выше технологиям нами разработаны различные типы специального оборудования, которое учитывает физико-механические свойства формуемых техногенных материалов и обеспечивает различные режимы динамического воздействия (табл. 1).

Для брикетирования техногенных порошкообразных и вязкопластичных материалов с низкой насыпной массой нами разработан пресс-валковый агрегат (Патент РФ №2473421), оснащенный устройствами для предварительного уплотнения шихты [8]. В конструкции агрегата предусмотрены валковый и шнековый предуплотнители, позволяющие соблюдать механо-технологические требования для формования техногенных материалов с низкой насыпной массой, а именно обеспечивают:

- равномерную подачу формуемого материала из питающих устройств;

- равномерное распределение потоков шихты по ширине валков;

- постадийное уплотнение материала по ходу его движения в зону формования;

- максимальный коэффициент предварительного уплотнения шихты;

- возрастание динамического воздействия на обрабатываемый материал по ходу его движения;

- принудительное нагнетание уплотняемого материала в ячейки формирующих элементов вальцевого пресса и др.

Недостаточно полное удаление газообразной фазы из порошкообразного материала при его прессовании, незначительная по времени выдержка шихты под давлением, ограниченная возможность регулирования степени предварительного уплотнения перерабатываемых техногенных материалов, а также невысокая производительность агрегата при использовании рыхлых, малосыпучих техногенных материалов явились основанием для создания специальной конструкции вальцевого пресса с протяженной зоной уплотнения материала (Патент РФ № 2204486) [9].

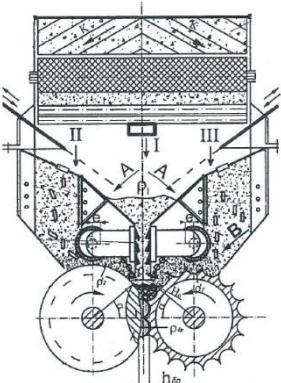
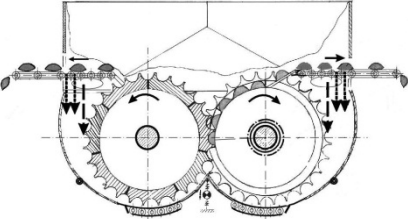
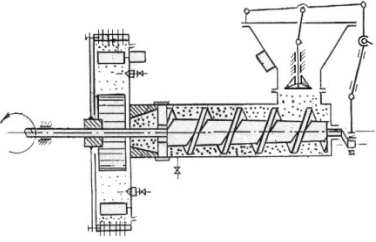
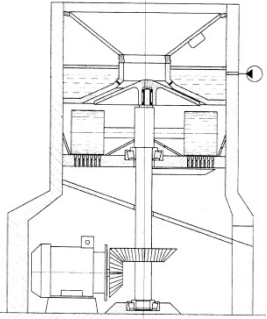
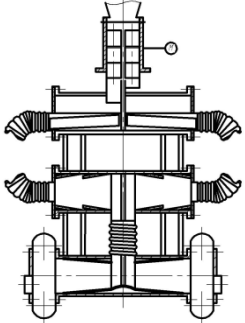
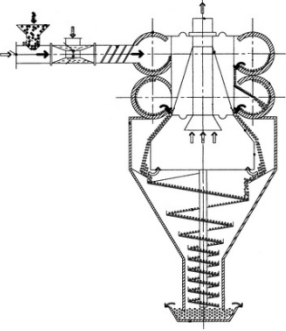
Для получения экструдированных материалов (гранул) известно большое многообразие агрегатов, использующих способ продавливания пластичных материалов через отверстия - фильеры. В пресс-валковом экструдере и многоцелевом грануляторе (Патент РФ №2207247, А.св. № 30244, соответственно) реализован ряд эффективных механо-технологических решений:

предварительное уплотнение шихты в шнековом предуплотнителе и конической втулке; повышение пластических свойств шихты за счет ее термopодогрева; реализация возможности введения ПАВ; равномерного распределения шихты по ширине уплотняющих валков при вибровоздей-

ствии; эффективный захват прессуемой массы валками и выдержка ее под давлением и др. В разработанных конструкциях пресс-валковых экструдеров учтены недостатки известных аналогов, а также расширены функциональные возможности агрегатов [10, 11].

Таблица 1

Оборудование для компактирования техногенных материалов различными способами

Брикетирование	Экструдирование	Вибро-центробежное и пневмомеханическое агломерирование
 <p>Патент РФ №2473421</p>  <p>Патент РФ № 2204486</p>	 <p>Патент РФ №2207247 А.с.в. № 30244</p>  <p>Патент РФ №135539</p>	 <p>Патент РФ №2412753</p>  <p>Патент РФ № 2538579</p>

Аналогичные технические решения реализуются в плоскоматричном грануляторе волокнистых материалов (Патент РФ №135539) при формовании шихты с малой насыпной массой (например, измельченных целлюлозно-бумажных отходов) [12].

Для удаления воздушной фазы предусмотрены предуплотнительные устройства, состоящие из внутреннего подвижного и наружного неподвижного конусов с гладкими и ребристыми поверхностями. Расположение конуса позволяет его использовать в виде резервуара для хранения и подачи жидкого связующего или пара. Для уменьшения застойной зоны и направленного движения материала под прессующие валцы в верхней части корпуса установлена вибрирующая воронка с наклонными бортами.

В вибрационно-центробежном грануляторе (Патент РФ №2412753) также реализуется принцип постадийного формования гранулируемых материалов: на 1-ой стадии – обезвоздушивание

исходной композиционной смеси за счет предварительного уплотнения в валковом устройстве и микрогранулирования шихты, на 2-ой стадии – уплотнение и классификация микрогранулята; на 3-ей стадии – гранулообразование материалов в водопадно-каскадном и каскадном режимах обработки формируемой шихты, на 4-ой стадии – придание сферической формы гранулам и упрочнение их поверхностного слоя в торообразных камерах [13].

Для получения микрогранулированных частиц из композиционных техногенных смесей полифракционного состава (пылеуноса сушильных и обжиговых агрегатов, просыпи – уплотненных частиц после классификации сформованных гранул с уловленным в аспирационной системе материалом), из высокодисперсных материалов, полученных в струйных аппаратах с целью пылеподавления и др. нами разработаны специальные патентозащищенные устройства [14–16]. Способ и устройства обеспечивают

пневмомеханическое микрогранулирование композиционной смеси с возможностью регенерации рабочих поверхностей от налипших материалов, а также увеличение эффективности процесса и массовой производительности аппаратов. Конструкция устройства (Патент № 2538579) расширяет технологические возможности агрегата: позволяет использовать техногенные материалы с низкой насыпной массой и различной структурой, повысить эффективность процесса смешивания компонентов и их микрогранулирование за счет сложно-пространственного движения частиц в тороидальных камерах, обеспечивает получение микрогранулята с необходимыми прочностными характеристиками.

Выводы. Техническим результатом запатентованных агрегатов и модернизированных устройств является повышение технологических возможностей машин, а полученная продукция: спрессованные брикеты, цилиндрические и сферообразные гранулы, могут быть использованы для реализации ряда инновационных технологий и производства новых видов продукции.

Разработанное нами патентозащищенное ресурсосберегающее оборудование позволяет повысить эффективность процесса компактирования техногенных материалов с различными физико-механическими характеристиками.

**Работа выполнена при финансовой поддержке гранта РФФИ и правительства Белгородской области в рамках научного проекта № 14-41-08054 p_офи м.*

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Севостьянов В.С., Михайличенко С.А., Севостьянов М.В., Спиринов М.Н., Колесников А.В., Уральский А.В. Энергосберегающие технологические комплексы и агрегаты для утилизации техногенных материалов // Вестник Белгородского государственного университета им. В.Г. Шухова. 2007. №1. С.85–90.
2. Сулименко Л.М. Агломерационные системы в производстве строительных материалов. Л.М. Сулименко, Б.С. Альбац. ВНИИЭСМ. 1994. 297с.
3. Ильина Т.Н. Процессы агломерации в технологиях переработки дисперсных материалов. Монография. Белгород, 2009. 229с.
4. Патент РФ на полезную модель №151633. Игольчатый измельчитель материалов. Севостьянов В.С., Сиваченко Т.Л., Ильина Т.Н., Сиваченко Л.А., Севостьянов М.В., Михайличенко С.А. Оpubл. 10.04.2015. Бюл. № 10. 2 с.
5. Патент РФ № 2540549. Установка для измельчения волокнистых материалов. Глаголев С.Н., Севостьянов В.С., Сиваченко Л.А., Севостьянов М.В., Сиваченко Т.Л., Михайличенко С.А., Макридин А.А., Маншин А.С.. Оpubл. 27.03.2012. Бюл. № 9. 8 с.
6. Патент РФ № 2377070. Дезинтегратор. Гридчин А.М., Севостьянов В.С., Лесовик Р.В., Глаголев Е.С., Севостьянов М.В., Качаев А.Е., Солопов Н.В., Алфимова Н.И. Оpubл. 27.12.2009. 7 с.
7. Патент РФ № 2545252. Барабанно-винтовой сушильный агрегат для сушки гранулированных и сыпучих материалов. Севостьянов В.С., Ильина Т.Н., Севостьянов М.В., Кошуков А.В., Бабуков В.А., Емельянов Д.А. Оpubл. 27.03.2015. Бюл. №9. 6 с.
8. Патент РФ № 2473421. Способ формования техногенных материалов и пресс-валковый агрегат для его осуществления. Глаголев С.Н., Севостьянов В.С., Свергузова С.В., Шинкарев Л.И., Спиринов М.Н., Фетисов Д.Д., Севостьянов М.В., Свергузова Ж.А. Оpubл. 27.01.2013. Бюл. №3. 10 с.
9. Патент РФ № 2204486. Вальцовый пресс для брикетирования порошкообразных материалов. Севостьянов В.С., Зубаков А.П., Бондаренко В.Н., Новиков Э.В., Севостьянов М.В. Оpubл. 20.05.2003. БИ № 14.
10. Патент РФ № 2207247. Пресс-валковый экструдер. Гридчин А.М., Севостьянов В.С., Лесовик В.С., Севостьянов М.В. и др. Оpubл. 27.06.2003. БИ № 18. 12 с.
11. Свидетельство на полезную модель РФ № 30244. Многоцелевой гранулятор. Гридчин А.М., Севостьянов В.С., Лесовик В.С., Севостьянов М.В. и др. Оpubл. 27.06.2003. БИ № 18. 4с.
12. Патент РФ № 135539. Гранулятор волокнистых материалов. Севостьянов М.В., Ильина Т.Н., Осокин А.В., Севостьянов В.С., Сабитов Р.А. Оpubл. 20.12.2013. Бюл. №35. 2с.
13. Патент РФ № 2412753. Вибрационно-центробежный гранулятор. Ильина Т.Н., Севостьянов М.В., Уральский А.В., Шарпеткин Е.А. Оpubл. 27.02.2011. Бюл. №6. 8с.
14. Патент РФ № 2538579. Устройство для пневмо-механического гранулирования техногенных материалов. Севостьянов В.С., Ильина Т.Н., Севостьянов М.В., Емельянов Д.А., Кошуков А.В. Оpubл. 10.01.2015. Бюл. №1. 6с.
15. Патент РФ на полезную модель № 120374. Эжекционная машина для смешения и микрогранулирования техногенных материалов. Глаголев С.Н., Севостьянов В.С., Гридчин А.М., Севостьянов М.В., Ядыкина В.В., Катаев Ф.Е. Оpubл. 20.09.2012. Бюл. №26. 2с.
16. Заявка на патент РФ № 2015154259. Пневмомеханическое устройство для микрогранулирования дисперсных материалов. Глаголев С.Н., Севостьянов В.С., Ильина Т.Н., Севостья-

нов М.В., Шкарпеткин Е.А., Осокин А.В., Бойчук И.П., Емельянов Д.А. заявл. 16.12.2015. 7с.

Sevostyanov M.V

THE RESOURCE-SAVING EQUIPMENT FOR THE INTEGRATED TECHNOGENIC MATERIALS RECYCLING

The complex influence of technogenic materials on the environment (air, soil, water) creates the ecological stress, which requires the prompt solutions. In this regard the necessity of industrial waste secondary use with the subsequent reproduction of the natural raw materials base and environmental protection against pollutions is very urgent.

This can be achieved as a result of developing the efficient technological methods of recycling technogenic materials and the technical facilities for implementing these methods. The application of advanced technologies in the sphere of scientific and technical business, small and medium business, taking into account such factors as energy and resource saving and the possibility of producing a wide range of items made of technogenic raw stuff is promising and relevant. The development and creation of light resource-saving and energy-saving complexes and modules, innovational equipment and patent-protected aggregates, the application of which provides the rational techniques of technogenic materials integrated recycling, contributes to the improvement of technical and economic efficiency of operating enterprises and to the reduction of environmental impact.

Key words: *resource-saving, briquetting, extrusion, granulation, technogenic materials, technological complex.*

Севостьянов Максим Владимирович, кандидат технических наук, доцент кафедры технологических комплексов, машин и механизмов.

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

Адрес: Россия, 308012, Белгород, ул. Костюкова, д. 46.

E-mail: msev31@mail.ru