

потребителей, продвижением выпускаемой продукции и формированием положительного имиджа отечественных производителей во внешней среде, повышения уровня конкурентоспособности продукции и увеличения объема продаж.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Панкина М. В. Основы методологии дизайн – проектирования / Екатеринбург: Изд-во Урал. Ун-та, 2020, 150 с.

2. Сидоренко М. Ю. Оборудование и благоустройство средовых объектов / Челябинск: Изд-во центр ЮУрГУ, 2017, 32с.

УДК 622.647: 661.182

С.П. Трофимов, доц., канд. техн. наук  
(БГТУ, г. Минск)

### **ГРАВИТАЦИОННАЯ СЕГРЕГАЦИЯ СЫПУЧИХ МАТЕРИАЛОВ И ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ЭТОГО ЯВЛЕНИЯ**

Сегрегация сыпучего материала (лат. *segregatio* – разделение) – процесс перераспределением не однородных частиц материала по высоте. Результатом этого явления является образование слоев разной крупности неоднородности внутри слоя. Процесс сегрегации зависит от физико-механических свойств, гранулометрического состава, формы, шероховатости поверхности, проницаемости, ориентации в пространстве, упругости отдельных частиц и ряда других параметров. Наиболее заметно проявляется разделение крупной и мелкой фракций смеси с отсутствием четких границ между слоями. При гравитационном расслаивании высыпаемого материала более крупные и менее плотные частицы обычно размещаются над более мелкими и плотными. В условиях гравитационного скатывания смеси частиц по поверхности скольжения и образования угла откоса послойное распределение разных фракций может быть другим.

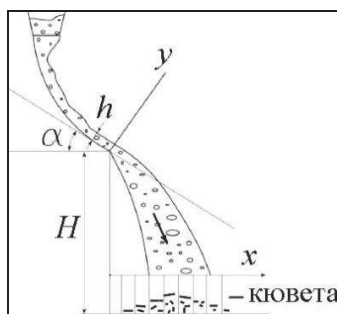
Сегрегация наблюдается даже при небольшом различии частиц по размеру, плотности, шероховатости, упругости, форме и т.д.) в процессах перемещения взаимодействующих твердых частиц (гравитационные спуски, течи, бункера, вращающиеся сушильные барабаны и другие виды оборудования). Она может оказывать значительное влияние на технологию, динамику течения сыпучих материалов, иногда качество продукции, использоваться для осуществления сепарации, калибровки, очистки и классификации компонентов смесей.

При проведении экспериментальных работ с сыпучим материалами, используются весьма разнообразные, не стандартизированные методы и лабораторное оборудование, сведения о них приведены в многочисленных источниках научно-технической информации [1–5 и др.]. Так для исследования свойств измельченной древесины (ИД) материалов в СПбГЛТУ разработана и используется модель бункера призматической формы с двумя прозрачными стенками (рис. 1), позволяющая визуализировать и определять параметры сыпучих материалов: форму потока истечения, высоту свободно стоящей стенки, ширину сводаобразующей щели и угол естественного откоса, [1].



**Рисунок 1 – Схема модели бункера с картиной сегрегации и сводаобразования зависших опилок**

Параметры быстрого сдвигового потока можно принять, как условно однородную среду, исходя из представления о сыпучем материале. Для проведения экспериментов была сконструирована лабораторная установка с оседанием измельченного материала разных фракций в отсеках кюветы, Рисунок 2.

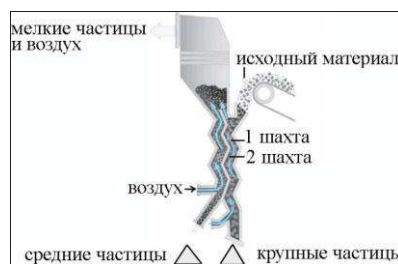


**Рисунок 2 – Схема работы лабораторной установки и сегрегации сдвига в потоке [2]**

В процессе исследований [2] фиксировались: плотность материала частиц; порозность неподвижного слоя; угол естественного откоса; время процесса; ширина и толщина слоя; ширина ячейки; высота порога и угол ската. Установлены причины неоднородности сыпучего материала: физико-механические свойства, размеры и форма частиц; примесь одного компонента к другому; свойств среды по ее объему

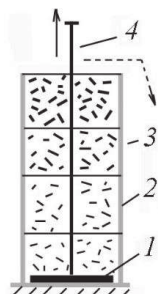
из-за различного пространственного распределения компонентов и концентрации твердой фазы.

ОАО «НПО Центр» разработаны, используются в лаборатории и на предприятиях разных отраслей каскадно-гравитационные классификаторы для разделения крупнодисперсных материалов на заданные фракции в диапазоне крупности 0,1–5,0 мм за счет взаимодействия гравитационных сил и воздушного потока. В конструкции оборудования (Рисунок 4) предусмотрена каскадная сепарация с высокой точностью разделения. Классификаторы этого типа используются автономно или в составе дробильно-сортировочных линий.



**Рисунок 3 – Схема работы каскадно-гравитационного классификатора**

В порядке отработки методики и средств технического обеспечения опытных работ в БГТУ изготовлена и используется простая лабораторная установка (рис. 4) в виде вертикального стального цилиндра (высота 800, диаметр 220 мм) с поршнем для пошагового подъема и съема слоя ИД, [1].



1 – поршень; 2 – цилиндр; 3 – слой материала; 4 – шток

**Рисунок 4 – Схема лабораторной установки для формирования слоя ИД**

Опытные работы на выше указанной установке предусматривали медленное заполнение цилиндра без уплотнения сыпучего материала и вибрационных воздействий с формированием слоя ИД практически только при наличии сил гравитации. После заполнения цилиндра испытуемый материал поднимался поршнем с последующим съемом порций с четырех уровней слоя.

Результаты опытных работ визуально и численно подтвердили наличие явления сегрегации ИД, даже в отсутствие динамических воздействий встряхивания. Их следует рассматривать в качестве пред-

варительных на стадии отработки методики и технических средств экспериментов.

Актуальность исследования сегрегации различного вида сыпучих материалов подтверждается системностью, периодичностью выполнения работ и появления многочисленных публикаций в разных странах применительно к различным видам производств, к которым причастны специализированные научные [1–7] организации и высшие учебные заведения. Явление сегрегации в процессах перемещения, бункеровки, образования потока и формирования слоя ИД изучено недостаточно. Необходимы исследования с увеличением объема опытного материала, более детальным учетом его характеристик и факторов воздействия на процесс сегрегации в целях получения рекомендаций для практического использования в проектной, конструкторской деятельности и на производстве.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Бачериков, И.В. Совершенствование функционирования закрытых складов древесных сыпучих материалов. Диссертация Спец. 05.21.01 – Технология и машины лесозаготовок и лесного хозяйства СПб.: СПбГЛТУ, 2017. – 138 с.

2. Кадильникова, Т.М. Исследование механизма сегрегации потока сыпучего материала / Т.М. Кадильникова, В.А. Криворучко. – Днепропетровск: Национальная металлургическая академия Украины. 01.01.2012 Збагачення корисних копалин, 2012. Вип. 51(92).

3. Оборудование для переработки минерального сырья НПО «Центр» [Электронный ресурс – [https:// pro-center.com](https://pro-center.com)].

4. Трофимов, С.П. Сегрегация измельченной древесины при формировании слоя в отсутствие вибрационного воздействия / С.П.Трофимов. – Материалы 87-й научно-технич. конференции профессорско-преподавательского состава, научных сотрудников и аспирантов. – Минск, 13 февраля 2023 г. [Электронный ресурс – <https://elib.belstu.by/>] / УО БГТУ. – Минск: БГТУ, 2023. – С. 203–206.

5. Куди, А.Н. Сегрегация и миграция в гравитационных потоках зернистых материалов: механизмы, интенсификация и технологии / А.Н. Куди, В.Н. Долгунин. – Тамбов: ТГТУ, 2019. – 136 с.

6. Захаров, А.Ю. Метод экспериментального исследования сегрегации сыпучих грузов на ленточном конвейере / А.Ю. Захаров, Н.В. Ерофеева // Вестник КузГТУ. – 2012. – №5. – С. 51–53.

7. Лозовецкий, В.В. Закономерности распределения структурных и физико-механических характеристик засыпок измельченной древесины в бункерах при гравитационном движении / В.В. Лозовецкий, А.А. Шадрин, В.В. Лебедев. – Лесотехнический журнал, Том 6, № 3 (23). – Воронеж: ВГЛТУ, 2016. – С. 100–108.