

С. В. Ярмолик, ассистент; Д. И. Чиркун, ассистент;
А. Э. Левданский, доцент; Э. И. Левданский, профессор

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ПРОЦЕССА РАЗДЕЛЕНИЯ СЫПУЧИХ МАТЕРИАЛОВ В РОТОРНО-ГРАВИТАЦИОННОМ КЛАССИФИКАТОРЕ

In the article the outcomes of experimental researches of process of division of bulk materials in the rotor gravitational classifier are submitted. The advantages and lacks of used gravitational classifiers are marked and the necessity of mining of an improved design of the rotor gravitational classifier is justified. Are adduced the design concept of the rotor gravitational classifier and general view of the experimental installation, the description of a principle of operation of the classifier and technique of realization of experiment is given. Influencing rotational speed of disks and speed of an airflow on section of the classifier on efficiency of process of division of materials is investigated. The graphic relations of value of the boundary size and sharpnesses of a classification from speed of an airflow on section of the classifier are obtained. The efficiency of classification is determined at the different boundary sizes and the range of boundary fineness of aggregate with most high performance of division is established.

Введение. Современное производство предъявляет высокие требования к качеству порошкообразных материалов, в то же время несовершенство процессов измельчения не всегда позволяет получить продукт с заданным дисперсным составом. Поэтому в технологических процессах приготовления сыпучих материалов устанавливают специальные устройства – классификаторы. Процесс классификации может осуществляться двумя принципиально разными способами: грохочением на перфорированной поверхности либо в потоке воздушной или водной среды. Более прогрессивными являются сухие способы разделения в аппаратах с воздушными потоками [1, 2]. Гравитационные классификаторы по сравнению с другими типами воздушных классификаторов отличаются простотой конструкции и надежностью работы. Однако большинство из разработанных конструкций, как показывает проведенный анализ, имеют сравнительно невысокую эффективность разделения, что вызвано в основном неравномерностью распределения материала в рабочем объеме классификатора [1].

Основная часть. Для повышения эффективности классификации сыпучих материалов на кафедре механики материалов и конструкций БГТУ была разработана новая, более совершенная конструкция роторно-гравитационного классификатора, приведенная на рис. 1. Отличительной особенностью разработанной конструкции является наличие вращающихся дисков, благодаря которым обеспечивается равномерное распределение материала в рабочем объеме классификатора.

Процесс классификации в разработанной конструкции осуществляется следующим образом. Исходный материал через загрузочный патрубок подается на вращающийся диск клас-

сификатора. Под действием центробежной силы полидисперсный материал движется к периферии диска и равномерно распределяется в кольцевом зазоре между диском и корпусом классификатора. Далее под действием гравитационных сил частицы материала начинают двигаться вниз, попадают на пересыпной конус и опять направляются на нижележащий от конуса вращающийся диск. Таким образом, исходный материал, двигаясь вниз, многократно пересыпается с дисков на конусы и наоборот. Навстречу падающим частицам движется создаваемый вентилятором поток воздуха, который многократно пронизывает падающий слой материала, откуда подхватывает и уносит с собой мелкие частицы. Крупные частицы, преодолевая силу воздушного сопротивления, опускаются вниз.

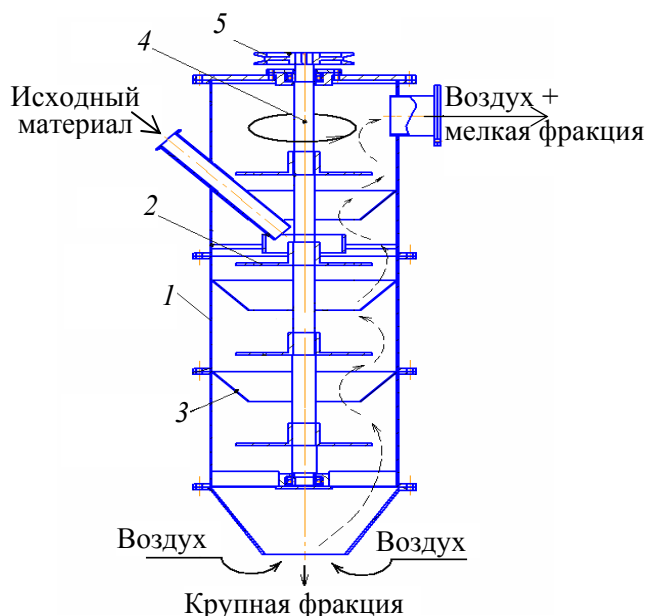


Рис. 1. Схема роторно-гравитационного классификатора:

1 – корпус; 2 – диск; 3 – пересыпной конус; 4 – вал; 5 – приводной шкив

Для оценки эффективности работы и области применения разработанного классификатора была собрана экспериментальная установка, представленная на рис. 2.

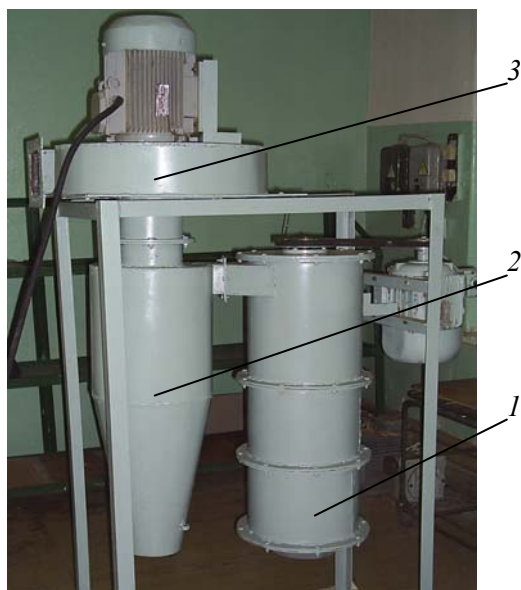


Рис. 2. Общий вид экспериментальной установки: 1 – классификатор; 2 – циклон; 3 – вентилятор

Для определения технологических характеристик классификатора были проведены серии экспериментов по исследованию влияния таких параметров, как частота вращения дисков и скорость воздушного потока по сечению классификатора, на процесс разделения.

В качестве исследуемого материала использовался кварцевый песок. На первоначальном этапе исследований был выполнен рассев песка на ситах и определен его гранулометрический состав.

В ходе исследования влияния частоты вращения дисков на качество разделения было установлено, что эффективность классификации растет до частоты 500 мин^{-1} , затем существенного повышения эффективности не наблюдается. Из этого следует, что диски выполняют в основном распределительную функцию, т. е. служат для равномерного распределения исходного материала по рабочему объему классификатора.

Для оценки влияния скорости воздушного потока по сечению классификатора на качество разделения была проведена серия экспериментов при постоянной частоте вращения дисков 500 мин^{-1} и различных скоростях воздушного потока (от 2 до 7 м/с).

После каждого опыта определяли гранулометрический состав мелкого и крупного продуктов и строили интегральные кривые распределения частиц по размерам для исходного, мелкого и крупного продуктов

(рис. 3). Затем были определены вероятности попадания частицы с размером δ в крупный продукт по формуле

$$T(\delta) = \frac{G_2}{G_0} \frac{dR_2(\delta)}{dR_0(\delta)} = 1 - \frac{G_1}{G_0} \frac{dR_1(\delta)}{dR_0(\delta)}, \quad (1)$$

где $R_0(\delta)$, $R_1(\delta)$, $R_2(\delta)$ – остатки на сите с диаметром отверстия δ соответственно исходного, мелкого и крупного продуктов; G_0 , G_1 и G_2 – соответствующие массовые потоки.

По результатам расчетов были построены кривые изменения вероятностей $T(\delta)$, называемые кривыми разделения (рис. 4).

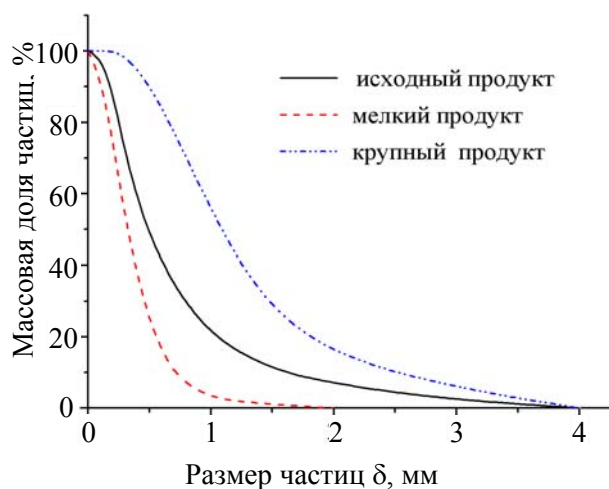


Рис. 3. Интегральные кривые распределения исходного, мелкого и крупного продуктов

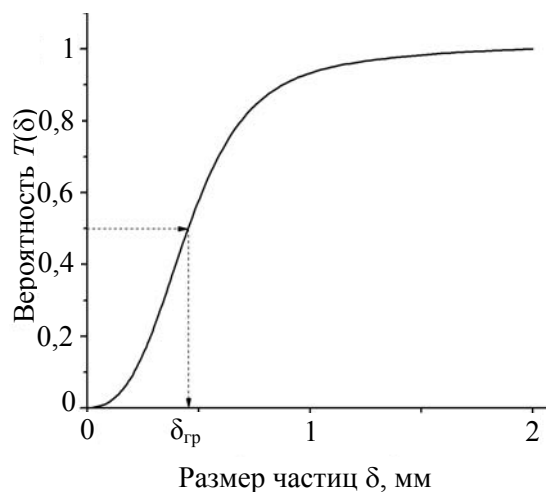


Рис. 4. Кривая разделения

Кривые разделения позволяют определить остроту сепарации и величину граничного размера разделения, т. е. размер частиц, вероятность выноса которых в крупный и мелкий продукты равна 0,5.

Граничный размер является главным режимным показателем и определяет возможность использования классификатора для разделения

конкретных сыпучих материалов, а острота сепарации характеризует качество классификации относительно граничного размера.

При идеальной классификации все частицы размером меньше граничного $\delta_{гр}$ попадают в мелкий продукт, а размером больше граничного – в крупный. В реальном процессе кривая разделения плавно изменяется от нуля до единицы, как это видно из графика (рис. 4). Очевидно, что более крутой наклон кривой разделения указывает на более близкую к идеальной классификацию, т. е. на более качественное разделение. Крутизна наклона кривой оценивается остротой сепарации $\chi_{25/75}$, которая рассчитывается по формуле

$$\chi_{25/75} = \delta_{25} / \delta_{75}, \quad (2)$$

где δ_{25} и δ_{75} – размеры частиц, вероятности попадания которых в крупный продукт равны 0,25 и 0,75 соответственно.

После определения значения граничного размера и остроты сепарации для различных скоростей воздуха были построены графики зависимостей граничного размера и остроты сепарации от скорости воздуха по сечению классификатора (рис. 5). Как видно из представленных графиков, граничный размер увеличивается с увеличением скорости воздуха по сечению классификатора от 0,07 до 0,6 мм. Острота сепарации достигает максимума при скорости воздушного потока 4,5 м/с, а затем плавно уменьшается. Данный показатель позволяет производить сравнительную оценку работы классификаторов.

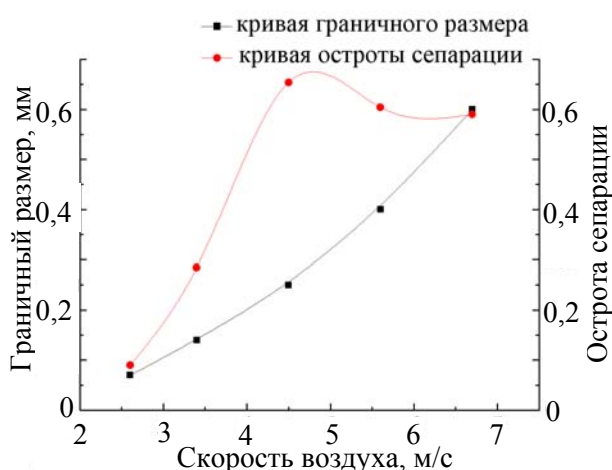


Рис. 5. Зависимость граничного размера и остроты сепарации от скорости воздуха

Важной характеристикой процесса разделения материалов является также эффективность классификации, которая определяется

как разность между извлечением для одного из продуктов и его загрязнением другим продуктом.

Для оценки качества разделения материалов относительно определенного граничного размера были рассчитаны значения эффективностей для различных граничных размеров и на основании полученных данных построен график зависимости эффективности от граничного размера (рис. 6).

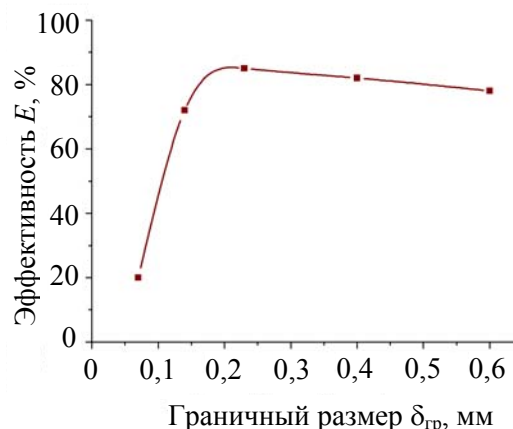


Рис. 6. Эффективность разделения классификатора

Как видно из графика (рис. 6), разработанный роторно-гравитационный классификатор обеспечивает наиболее высокую эффективность разделения ($E = 80-85\%$) при граничных размерах 0,2–0,4 мм.

Вывод. На основании проведенных исследований можно сделать следующие выводы:

- наибольшее влияние на качество разделения оказывает скорость воздуха по сечению классификатора. Наличие вращающихся дисков позволяет равномерно распределить материал по всему рабочему объему аппарата, что значительно повышает качество разделения;
- эффективность разделения в разработанном классификаторе достигает 80–85% на границах разделения 0,2–0,4 мм, что на 10–15% выше, чем во многих типовых конструкциях;
- полученные графические зависимости позволяют определить технологические параметры для различных границ разделения и ожидаемую эффективность классификации.

Литература

1. Барский, М. Д. Гравитационная классификация зернистых материалов / М. Д. Барский, В. И. Ревнивцев, Ю. В. Соколкин. – М.: Недра, 1974. – 232 с.
2. Мизонов, В. Е. Аэродинамическая классификация порошков / В. Е. Мизонов, С. Г. Ушаков. – М.: Химия, 1989. – 158 с.