

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА РАЗДЕЛЕНИЯ ПОЛИДИСПЕРСНЫХ ПОРОШКОВ

Бондарев Р.А.

Научный руководитель – Киркор М. А., к.т.н., доцент
Могилевский государственный университет продовольствия
г. Могилев, Республика Беларусь

Разделение полидисперсных порошков является весьма сложной, комплексной задачей. Особенно сложным является выделение частиц с размерами в интервалах от 5 до 50 мкм. Разделение частиц малых размеров осложняется преобладающим влиянием электростатических сил и сил сухого трения по отношению к массовым силам. Наибольшие показатели эффективности разделения в указанных интервалах частиц имеют центробежные роторные классификаторы [1]. Однако не для всех конструкций имеются эмпирические зависимости, характеризующие протекание процесса классификации.

Цель эксперимента – определение зависимостей, характеризующих процесс классификации полидисперсных порошков для конструкции роторного центробежного классификатора, снабженного ротором с криволинейными лопатками [2].

Объектом исследования является процесс разделения полидисперсных порошков, осуществляющийся на установке содержащей роторный центробежный классификатор снабженный ротором с криволинейными лопатками. Схема установки представлена на рисунке 1.

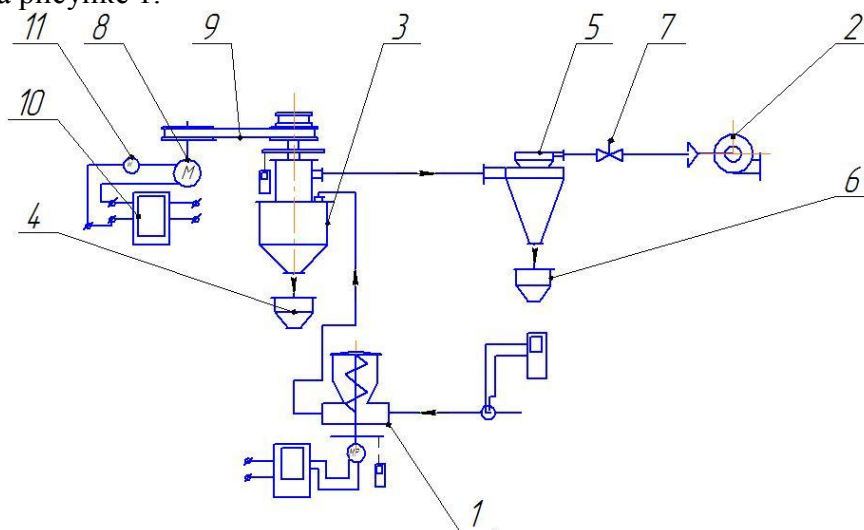


Рисунок 1 – Схема лабораторной установки

Установка работает следующим образом: исходный продукт засыпается в бункер (1) снабженный шнековым питателем. Шнековый питатель равномерно подает продукт в камеру смешения, где частицы порошка захватываются воздушным потоком, который создает всасывающий вентилятор (2).

Запыленный поток попадает в рабочую камеру роторноцентробежного классификатора (3), где происходит разделение материала по крупности.

Грубый продукт под действием силы тяжести удаляется из камеры классификатора в бункер грубой фракции (4).

Мелкая фракция удаляется из рабочей камеры классификатора совместно с воздушным потоком и осаждается в циклоне типа СКЦН (5). Целевой продукт удаляется из циклона под действием силы тяжести в бункер мелкой фракции (6).

Регулировка объемного расхода воздуха осуществляется с помощью регулировочной заслонки (7). Ротор классификатора приводится во вращение с помощью трехфазного асинхронного двигателя (8) мощностью 5,0 (кВт) с помощью ременной передачи (9). Регулировка частоты вращения ротора осуществляется с помощью частотного преобразователя (10).

В качестве исследуемого материала, был выбран порошок измельченных топливных пиллетов. Условиями его дальнейшего использования в технологии получения бродильного субстрата при производстве биоэтанола являлось выделение фракции размером менее $\delta_{гр} = 20$ мкм. Данный размер был принят как граничный.

С целью получения зависимостей, с помощью программы математического анализа STATGRAPHICS был спланирован эксперимент.

В качестве входных параметров были выбраны: модифицированный критерий Рейнольдса Re_m и критерий Фруда Fr , определяемые по выражениям (1) и (2) [3]. Эти критерии были выбраны для выявления влияния конструктивных размеров, кинематических и расходных характеристик проведения процесса на его качественные характеристики.

$$Re_m = \frac{v \cdot d_3 \cdot \rho}{\mu}, \quad (1)$$

где v – абсолютная скорость движения потока, м/с, которая определяется как векторная сумма скоростей относительного и переносного движений;

d_3 – эквивалентный диаметр канала, м;

ρ – плотность среды, кг/м³;

μ – вязкость среды, Па·с.

$$Fr = \frac{n^2 d_p}{g}, \quad (2)$$

где n – частота вращения ротора, об/с;

d_p – диаметр ротора, м;

g – ускорение свободного падения, м/с².

В качестве выходных параметров были выбраны: потребляемая мощность, выраженная модифицированным критерием Эйлера Eu_m и качество классификации K_k , определяемые по выражениям (3) и (4) [3,4]. Критерий Эйлера был выбран в качестве выходного параметра с целью оптимизировать параметры проведения процесса с учетом потребляемой мощности.

$$K_k = \frac{\eta}{\varepsilon}, \quad (3)$$

где η – КПД классификатора;

ε – степень проскока грубой фракции.

$$Eu_m = \frac{N_n}{\rho \cdot n^3 \cdot d_p^5}, \quad (4)$$

где N_n – потребляемая мощность классификатора, Вт;

Мощность, расходуемая на привод аппарата, замерялась при помощи мультиметра APPA – 109N (11). Гранулометрический состав исследовался на седиментографе LS 100 Q фирмы BeckmanCoulter. Серия предварительных экспериментов позволила выявить интервалы варьирования входных факторов.

Математическая обработка экспериментальных данных с применением программы статистического анализа STATISTICA 6.0 позволила получить зависимость качества классификации от режимных параметров установки. Качество классификации при граничном размере 20 мкм в зависимости от критериев подобия Re_m , Fr описывается выражением (5):

$$K_k = -222,1 - 392,54 \cdot Fr + 4,1 \cdot 10^{-3} \cdot Re_m, \quad (5)$$

Графическая интерпретация полученного выражения, представленная в виде поверхности отклика, показана на рисунке 2.

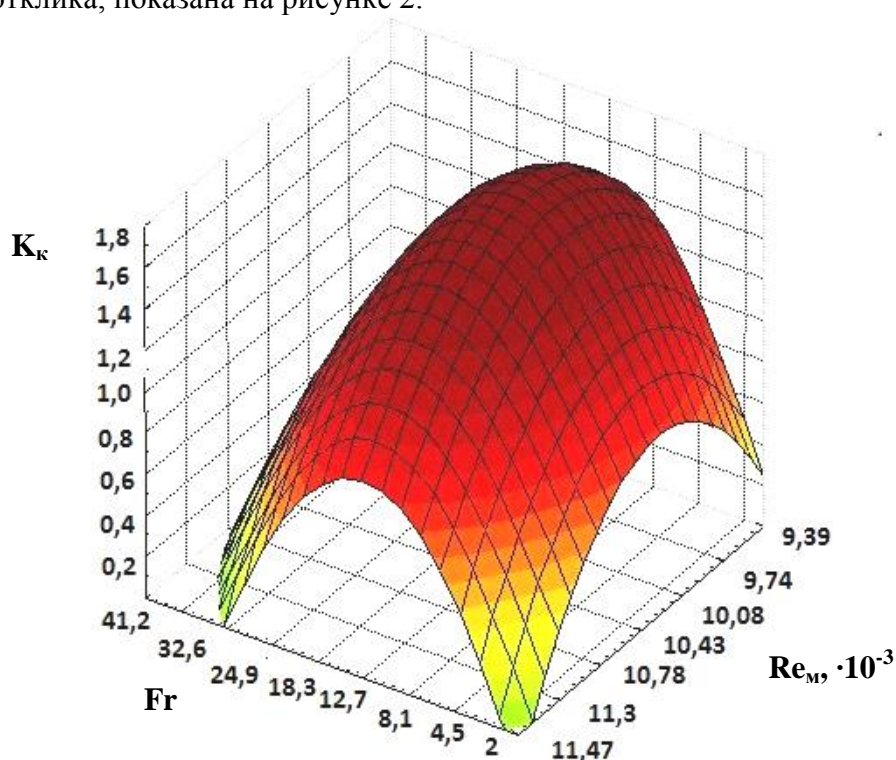


Рисунок 2 – Зависимость качества классификации от критериев подобия

Анализ полученного выражения показывает, что поверхность отклика имеет область максимальных значений. Наличие экстремума качества классификации свидетельствует о том, что интервалы варьирования режимных параметров выбраны верно.

Дальнейшая математическая обработка экспериментальных данных позволила получить зависимость модифицированного критерия Эйлера от критериев подобия Re_m , Fr :

$$Eu_m = \exp 11,62 + 3,74 \cdot 10^{-3} Re_m + Fr, \quad (6)$$

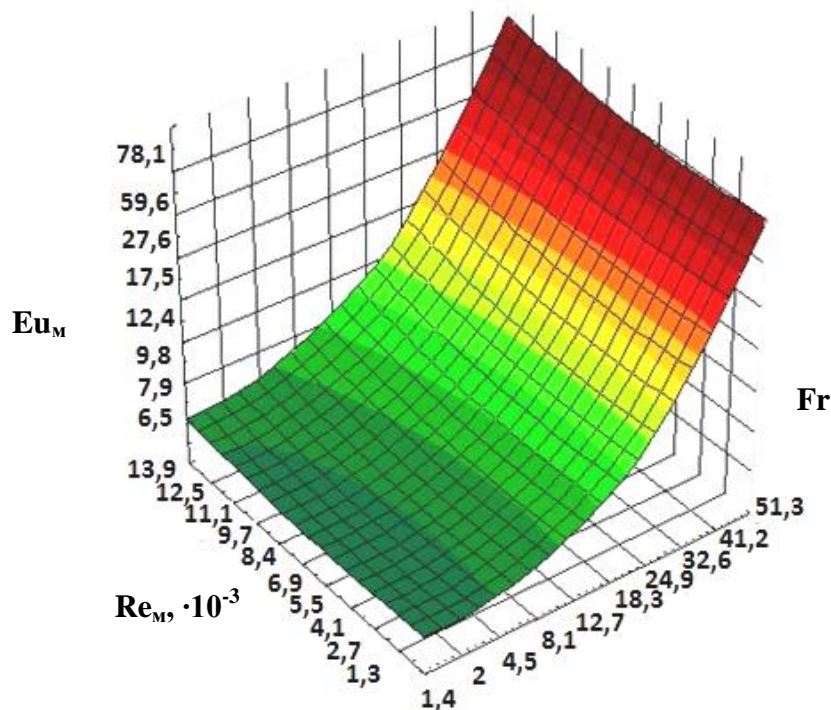


Рисунок 3 – Зависимость модифицированного критерия Эйлера от критериев подобия

Полученная в ходе анализа зависимость (5) может быть использована для определения наиболее эффективных параметров работы центробежного роторного классификатора. Наибольшее значение качества классификации и, следовательно, наивысшее качество готового продукта достигается при значениях модифицированного критерия Рейнольдса от $9,8 \cdot 10^3$ до $10,7 \cdot 10^3$ и значениях критерия Фруда от 8,1 до 24,5.

Зависимость (6) может быть использована для определения потребляемой мощности на привод ротора классификатора.

Выражения (5), (6) могут быть использованы как основные уравнения в методике инженерного расчета центробежных роторных классификаторов, а также для моделирования процесса при создании промышленных установок.

ЛИТЕРАТУРА

1. Бондарев, Р.А. Оценка эффективности процесса центробежной классификации / Р.А. Бондарев, М.А. Киркор // Праці Таврійського державного агротехнологічного університету. – 2013. – Вип. 13. – Т.1. – С. 26 – 32.
2. Центробежный классификатор для получения тонкодисперсных порошков: МПК (2009) B07B7/083; B01D45/00 / М.А. Киркор, Р.А. Бондарев; заявитель Мог.гос. ун-т. прод. – № а 20121640; заявл. 28.11.2012.
3. Касаткин А.Г. Основные процессы и аппараты химической технологии/ А. Г. Касаткин. – 8-е изд., перераб. – М.: Химия, 1971. – 784 с.
4. Мизонов В.Е. Аэродинамическая классификация порошков/ В.Е. Мизонов, С.Г. Ушаков. – М.: Химия, 1989. – 160с.