

УДК 621.928

## ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРОЦЕССА ЦЕНТРОБЕЖНОЙ КЛАССИФИКАЦИИ

Бондарев Р.А., аспирант\*

Киркор М.А., к.т.н.

*Могилевский государственный университет продовольствия*

Тел. (0222)45-35-78

**Аннотация** – данная работа по определению качественных характеристик процесса центробежной классификации и посвящена получению критериальных зависимостей, позволяющих получать оптимальные параметры работы классификатора, повышая тем самым эффективность проведения процесса.

**Ключевые слова**– центробежная классификация, разделение полидисперсных порошков, получение оптимальных параметров, качество классификации.

Для высокоэффективного проведения процесса классификации полидисперсных порошков необходимо обладать данными, отображающими оптимальные параметры работы оборудования.

Процесс классификации является довольно сложным процессом. Качество разделения тонкодисперсных порошков зависит от множества факторов.

Одним из наиболее информативных параметров, характеризующих течение процесса, является КПД классификатора, однако КПД классификатора не отражает качество готового продукта. В то же самое время к тонкодисперсным пищевым порошкам предъявляются довольно жесткие требования такого показателя качества как максимальный размер фракции.

Следовательно, для более рационального проведения процесса необходимо выбрать показатель эффективности, учитывающий также качество готового продукта.

На данный момент нет достоверных зависимостей проведения процесса классификации, которые бы учитывали показатели качества готового продукта.

Таким образом, для оптимизации процесса центробежной классификации пищевых полидисперсных порошков необходимо получение зависимостей данного процесса в критериальном виде. Данные зависимости могут применяться для разработки новых видов

---

© Бондарев Р.А., аспирант, Киркор М.А., к.т.н.

\* *Научный руководитель – к.т.н., доцент Киркор М.А.*

высокоэффективного оборудования для разделения пищевых полидисперсных порошков, а также для оценки эффективности существующих моделей.

Для определения оптимальных параметров процесса разделения полидисперсных пищевых продуктов была изготовлена лабораторная установка центробежного классификатора (рис.1, 2, 3).

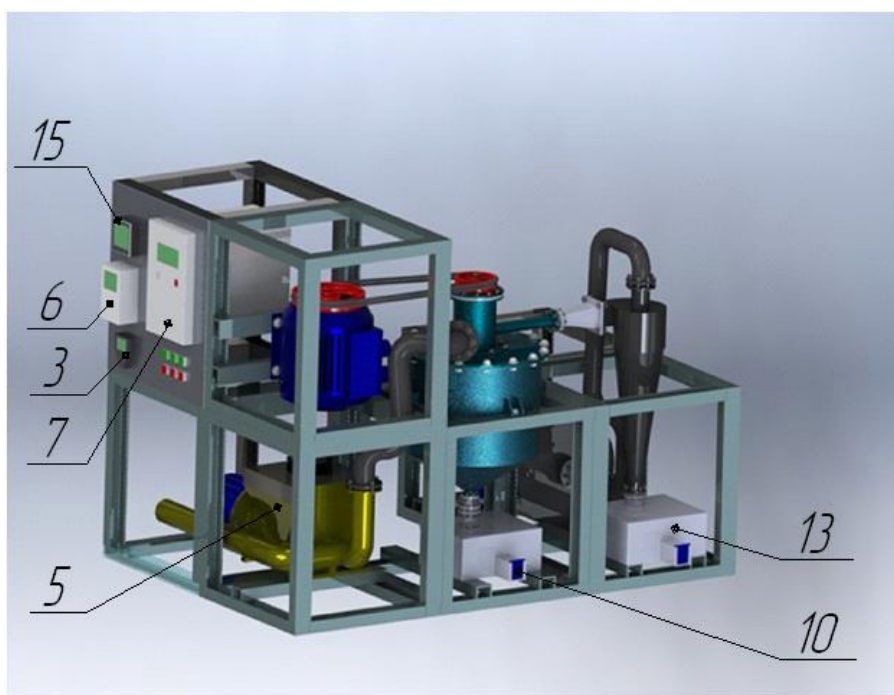


Рис. 1. Лабораторная установка.

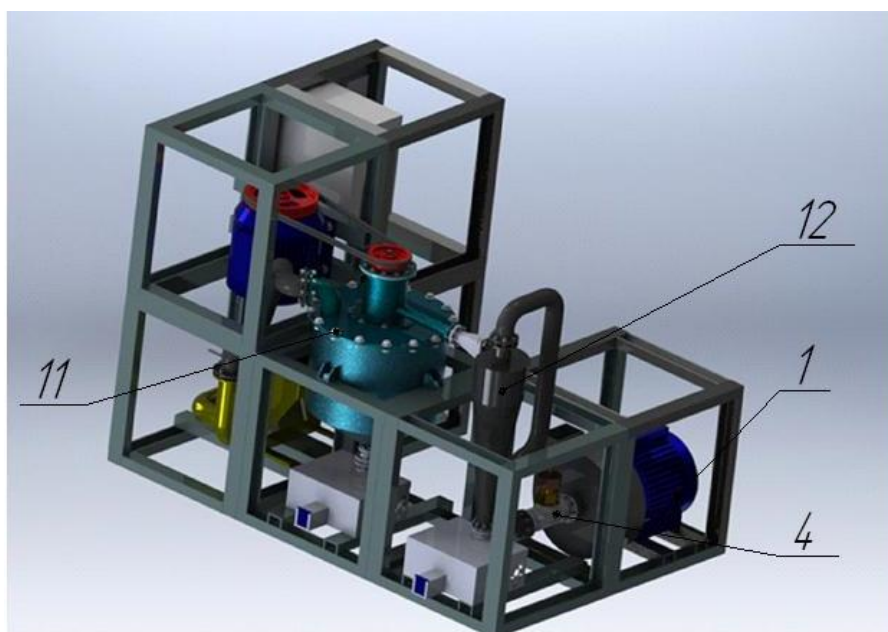


Рис. 2. Лабораторная установка.

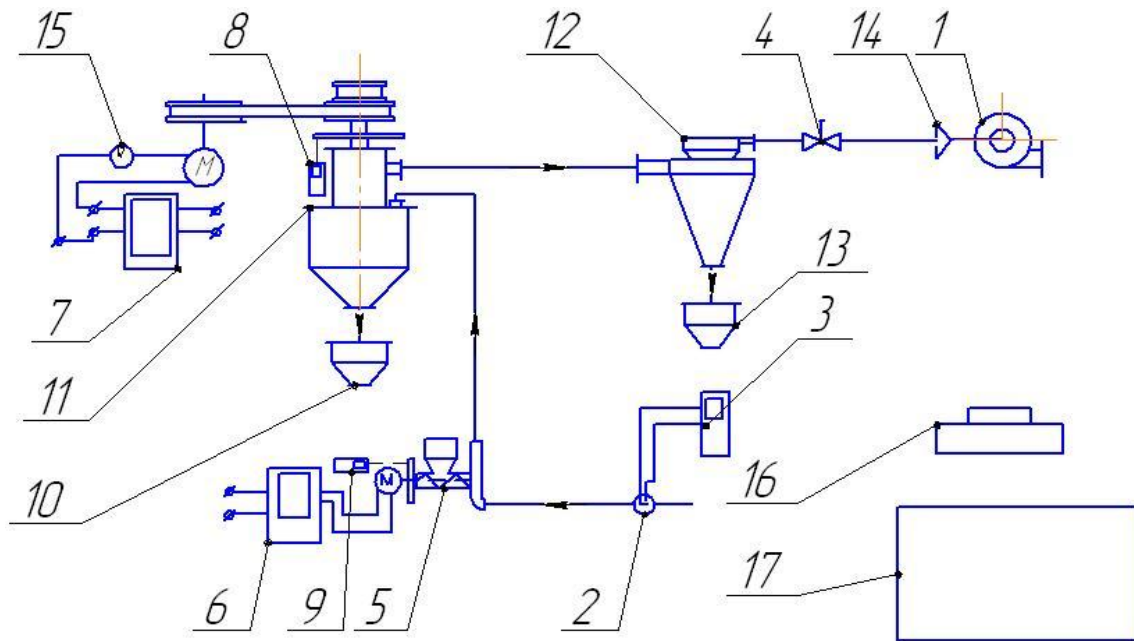


Рис. 3. Схема лабораторної установки:

1 – воздуходувная машина; 2 – трубка Пито-Прандтля; 3 – анемометр; 4 – регулировочный кран; 5 – шнековый питатель; 6 – частотный преобразователь; 7 – частотный преобразователь; 8 – лазерный фототахометр; 9 – лазерный фототахометр; 10 – бункер для грубой фракции; 11 – классификатор; 12 – циклон; 13 – бункер для мелкой фракции; 14 – фильтр; 15 – ваттметр; 16 – весы; 17 – седиментограф.

Установка состоит из всасывающего вентилятора 1 с напряжением питания 220В, мощностью электродвигателя 3000Вт, частотой сети 50Гц, позволяющем создавать разрежение до 70 кПа и получать объемный расход воздуха до 50 м<sup>3</sup>/ч; питателя исходного порошкового материала (шнекового типа) 5 с приводом через частотный преобразователь 6 с напряжением переменного тока 380В; непосредственно роторного центробежного классификатора 11 с приводом, состоящим из клиноременной передачи с двигателем трехфазного тока асинхронным, мощностью 2,2 кВт и частотой вращения 1500 об/мин, питание которого осуществляется через частотный преобразователь 7 с частотой сети 50 Гц и напряжением сети 380В; циклона типа СКЦН-34 12 с диаметром цилиндрической части 80 мм; бункеров для сбора крупной 10 и мелкой 13 фракций, а также фильтра окончательной очистки 14. Мощность, расходуемая на привод аппарата, замерялась при помощи мультиметра АРРА – 109N13 с пределом измерения 3000 Вт.

Изменение расхода воздуха в исследуемом диапазоне осуществлялось с помощью регулировочного крана 4, предварительно тарированного.

Контроль текущего значения расхода воздуха осуществлялся трубкой Пито-Прандтля 2, подключенной к анемометру 3.

Регулировка частоты вращения рабочего органа осуществлялась с помощью частотного преобразователя 7, предварительно прошедшим тарировку. Измерение частоты вращения ротора производилось лазерным фототахометром 8.

Взвешивание продукта производилось на весах 16, предварительно прошедшими поверку. Анализ гранулометрического состава производился на седиментографе 17.

Таким образом, разработанная установка позволяет производить широкий спектр измерений, необходимых для изучения процесса классификации.

Критерием оценки эффективности проведения процесса разделения полидисперсных порошков, который учитывает качество готового продукта, является качество классификации [1], определяемое по выражению (1)

$$K_k = \frac{\eta}{\varepsilon}, \quad (1)$$

где  $\eta$  – КПД классификатора;  
 $\varepsilon$  – степень проскока грубой фракции;  
 $K_k$  – качество классификации.

Качество классификации является единым критерием, который позволяет производить оценку, как эффективности оборудования, так и качества готового продукта.

Коэффициент полезного действия классификатора является интегральным показателем эффективности, характеризующим степень неидеальности процесса в диапазоне размеров частиц меньше максимально допустимого размера.

Коэффициент полезного действия классификатора определяется по формуле (2) [1]

$$\eta = \int_0^1 \varphi_{\delta}(\bar{\delta}) d\bar{\delta}, \quad (2)$$

где  $\eta$  – КПД классификатора;  
 $\varphi(\bar{\delta})$  – функция, описывающая кривую распределения частиц;

$\bar{\delta}$  – диаметр частицы в безразмерном виде.

Степень проскока грубой фракции является интегральным показателем эффективности, характеризующим степень неидеальности процесса в диапазоне частиц больше максимально допустимого размера. Следовательно, данный показатель эффективности учитывает качество готового продукта с учетом граничного размера.

Степень проскока грубой фракции определяется по формуле (3)[1]

$$\varepsilon = \int_1^{\bar{\delta}_{\max}} \varphi_{\delta}(\bar{\delta}) d\bar{\delta}, \quad (3)$$

где  $\varepsilon$  – степень проскока;

$\bar{\delta}_{\max}$  – максимальный размер фракции в безразмерном виде.

Таким образом, критерий качества классификации учитывает весь диапазон значений интегральной кривой распределения.

При разделении полидисперсных порошковых систем в центробежном роторном классификаторе движущей силой процесса является разница сил инерции от центростремительного ускорения частиц различной массы. Так как частицы материала разделяются в аэродинамическом потоке, необходимо выразить свойства данного потока и оценить их влияние на качество проведения процесса классификации.

Наиболее глубокие свойства аэродинамического потока в роторном центробежном классификаторе отображает соотношение между инерционными силами и силами внутреннего трения.

Следовательно, наиболее полно процесс разделения в данном случае выражает модифицированный критерий Рейнольдса (4)[2]

$$\text{Re}_M = \frac{\rho \cdot d_p^2 \cdot n}{\mu}, \quad (4)$$

где  $\text{Re}_M$  – модифицированный критерий Рейнольдса;

$\rho$  – плотность продукта, кг/м<sup>3</sup>;

$n$  – частота вращения ротора, с<sup>-1</sup>;

$d_p$  – диаметр ротора, м;

$\mu$  – динамическая вязкость воздуха, Па•с.

На основани експериментальних даних було отримано вираження (5), описуюче залежність якості класифікації від модифікованого критерія подоби Рейнольдса:

$$K_k = 8 \cdot 10^{-8} Re_{,m} + 0,3794 . \quad (5)$$

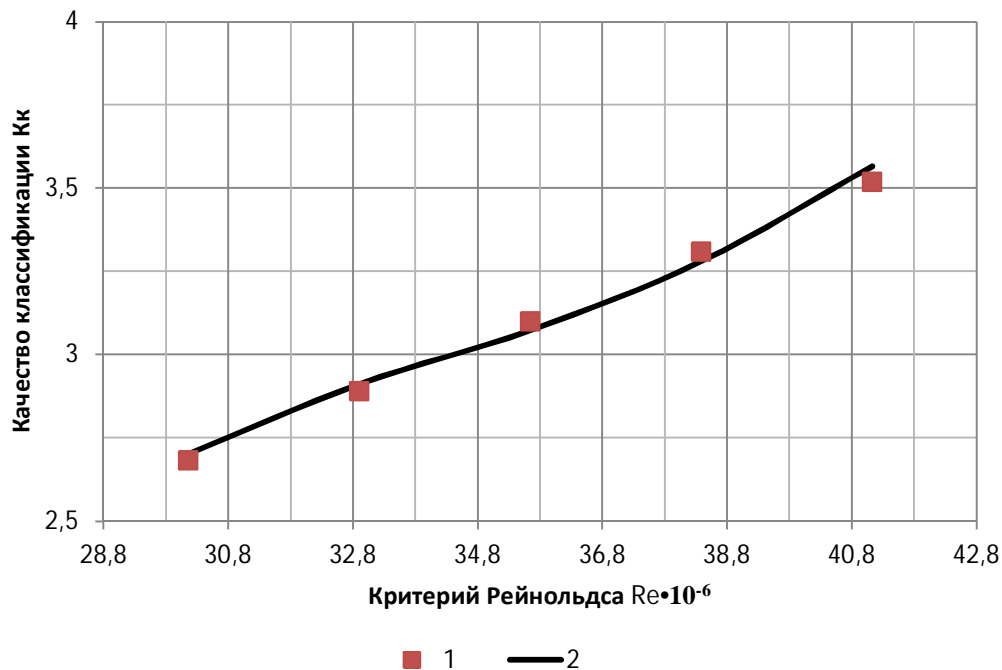


Рис. 4. Залежність якості класифікації від критерія Рейнольдса:

1 – експеримент; 2 – розрахунок по вираженню (5).

При аналізі залежності (5) очевидно, що з увеличением числа Рейнольдса лінійно зростає якість класифікатора. Дане явлення зв'язано з увеличением доли інерціальних сил над силами внутрішнього тріння внутрі аеродинамічного потоку. Следовательно, влияние сил внутрішнього тріння отрицательно сказывается на ведении процесса разделения полидисперсных систем.

Полученная зависимость (5) может применяться для получения оптимальных параметров процесса, а также для оценки и сравнения уже существующих конструкций центробежных классификаторов.

При этом данная зависимость удобна в проведении инженерного расчета центробежных роторных классификаторов, так как позволяет моделировать процесс.

Полученное уравнение подобия информативно отображает зависимость параметров процесса и качества разделения пищевых полидисперсных порошков.

Литература:

1. *Мизонов В.Е.* Аэродинамическая классификация порошков /В.Е. Мизонов, С.Г. Ушаков. – М.: Химия, 1989. – 160с.

2. *Касаткин А.Г.* Основные процессы и аппараты химической технологии /А.Г. Касаткин. – М.:Химия, 1971. – 784с.

## **ОЦІНКА ЕФЕКТИВНОСТІ ПРОЦЕСУ ВІДЦЕНТРОВОЇ КЛАСИФІКАЦІЇ**

Бондарев Р.А., Киркор М.А.

**Анотація - ця робота за визначенням якісних характеристик процесу відцентрової класифікації і присвячена отриманню критерійних залежностей, що дозволяють отримувати оптимальні параметри роботи класифікатора, підвищуючи тим самим ефективність проведення процесу.**

## **ESTIMATION OF EFFICIENCY OF PROCESS OF CENTRIFUGAL CLASSIFICATION**

R.A. Bondarev, M.A. Kirkor

### *Summary*

**This work is the definition of the quality characteristics of the centrifugal process of classification and is devoted to obtaining criterial dependence, which give the optimal parameters of the classifier, thus increasing the efficiency of the process.**