

Заключение. В работе была получена зависимость толщины РЗМ для изотопов ^{135}Xe , ^{137}Xe , ^{138}Xe от коэффициента ослабления гамма-излучения для таких материалов как: уран, свинец, вольфрам, серия материалов Абрис –РЗ, которая позволит определить наиболее подходящий по толщине материал при заданном коэффициенте ослабления, минимизирующий ресурсные затраты. Дальнейшая работа по данной теме предполагает расчет экономической целесообразности использования данных материалов для условий планируемого облучения.

Список использованных источников

1. Русских И.М., Селезнев Е.Н., Ташлыков О.Л., Щеклеин С.Е. Экспериментально-теоретическое исследование органометаллических радиационно-защитных материалов, адаптированных к источникам излучения со сложным изотопным составом // Ядерная физика и инжиниринг. 2014. № 5. С. 449-455.

2. Ташлыков О.Л., Щеклеин С.Е., Лукьяненко В.Ю., Михайлова А.Ф., Русских И.М., Селезнев Е.Н., Козлов А.В. Оптимизация состава радиационной защиты // Известия высших учебных заведений. Ядерная энергетика. 2015. № 4. С. 36-42.

УДК 621.928.6

АНАЛИТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОЙ ПЕРЕЧИСТКИ СЫПУЧЕГО МАТЕРИАЛА В ПНЕВМАТИЧЕСКИХ КЛАССИФИКАТОРАХ

ANALYTICAL MODEL SERIAL RECLEANING LOOSE MATERIAL IN THE PNEUMATIC CLASSIFIER

Любовицкая Л. Э., Пономарев В. Б.

Уральский федеральный университет, г. Екатеринбург, v.b.ponomarev@urfu.ru

Lyubovitskaya L. E., Ponomarev V. B.
Ural Federal University, Ekaterinburg

Аннотация: В работе получены математические зависимости, позволяющие вычислять значение параметра эффективности и границы разделения при последовательной перечистке сыпучего материала в нескольких однотипных аппаратах. Показано, что целесообразность перечисток продуктов в применяемых в промышленности классификаторах ограничивается 2-3 стадиями.

Abstract: The paper presents mathematical relationships that allow to calculate the efficiency value of the separation boundary in the serial recleaning loose material in several similar devices. It is shown that the usefulness recleanings products in classifiers used in the industry is limited to 2-3 steps.

Ключевые слова: критерий Эдера-Майера; эффективность; граница разделения; аппроксимация Плитта; показатель остроты разделения.

Key words: criterion Eder-Mayer; efficiency; separation boundary; approximation Plitt; severity index of separation.

Ресурсосберегающие технологии современной промышленности предъявляют все более высокие требования к свойствам порошкообразных материалов, в частности к их гранулометрическому составу. Зачастую применяемые на производстве классификаторы не обладают достаточной для решения технологической задачи эффективностью разделения. При этом возникает необходимость поиска и приобретения более эффективных и дорогостоящих (как правило, импортных) аппаратов.

Для повышения эффективности сепарации можно предложить использование существующих классификаторов, организовав последовательную переработку сыпучего материала в несколько ступеней. При этом суммарная эффективность группы аппаратов будет существенно выше единичного агрегата.

Оценить эффективность сепарации можно по фракционному составу получаемого в аппарате крупного и мелкого продукта. Гранулометрический состав продуктов можно описать функцией фракционного извлечения узких классов частиц, например, в мелкий продукт. Аппроксимируем функцию фракционного разделения двухпараметрической формулой Плитта:

$$\Phi_m(x_i) = \frac{1}{1 + (x_i/x_{50})^p}, \quad (1)$$

где x_i – размер узкой фракции частиц, мкм; x_{50} – граница разделения, мкм; p – показатель остроты разделения, связанный с известным критерием эффективности разделения Эдера-Майера зависимостью:

$$k_{75/25} = (1/9)^{\frac{1}{p}}. \quad (2)$$

Рассмотрим перемелку мелкого продукта на двух классификаторах (рисунок). Исходный материал поступает в первый аппарат, где разделяется воздушным потоком на два продукта. Крупный материал (К1) осаждается под действием силы тяжести в бункер под сепаратором, мелкий (М1) выносится потоком воздуха в улавливающий циклон и разгружается в приемную воронку второго классификатора. Процесс разделения повторяется, при этом крупные

продукты объединяются в общем бункере под классификаторами, готовый мелкий материал выгружается из-под второго циклона.

Если предположить, что классификаторы настроены на одну границу разделения и имеют равную эффективность, можно записать:

$$\Phi_M(x_i) = \Phi_{M1}(x_i)\Phi_{M2}(x_i) = \Phi_{M1}^2(x_i). \quad (3)$$

$$\text{С учетом (1) } \Phi_M(x_i) = \left(\frac{1}{1 + (x_i/x_{50})^{p_1}} \right)^2 \text{ или } \sqrt{\Phi_M(x_i)} = \frac{1}{1 + (x_i/x_{50})^{p_1}}$$

Так как частицы с размером x_{75} и x_{25} извлекаются в мелкий продукт соответственно на 75 % и 25 % ($\Phi_M(x_{75}) = 0,75$; $\Phi_M(x_{25}) = 0,25$), будут справедливы равенства

$$\sqrt{0,75} = \frac{1}{1 + (x_{75}/x_{50})^{p_1}}; \quad \sqrt{0,25} = \frac{1}{1 + (x_{25}/x_{50})^{p_1}}$$

или

$$\sqrt{0,75} + \sqrt{0,75}(x_{75}/x_{50})^{p_1} = 1; \quad \sqrt{0,25} + \sqrt{0,25}(x_{25}/x_{50})^{p_1} = 1.$$

После преобразований

$$(x_{75}/x_{50})^{p_1} = (1 - \sqrt{0,75})/\sqrt{0,75}; \quad (4)$$

$$(x_{25}/x_{50})^{p_1} = (1 - \sqrt{0,25})/\sqrt{0,25}. \quad (5)$$

Так как критерий Эдера-Майера определяется в виде

$$k_{75/25} = x_{75}/x_{25}, \quad (6)$$

разделив (4) на (5) и подставив (6) получим

$$(x_{75}/x_{25})^{p_1} = \frac{(1 - \sqrt{0,75})\sqrt{0,25}}{\sqrt{0,75}(1 - \sqrt{0,25})} = (k_{75/25})^{p_1} \text{ или } k_{75/25} = \left(\frac{(1 - \sqrt{0,75})\sqrt{0,25}}{\sqrt{0,75}(1 - \sqrt{0,25})} \right)^{\frac{1}{p_1}} \quad (7)$$

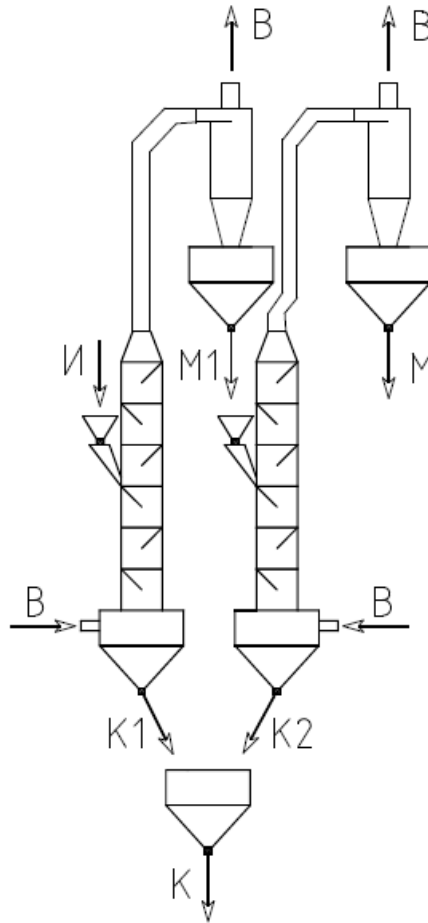


Схема последовательной пересортировки мелкого продукта в воздушных классификаторах: В – воздушный поток; И – исходный материал; К1, К2 – крупные продукты разделения в первом и втором классификаторе; К – общий крупный продукт; М1 – мелкий продукт первого классификатора; М – готовый мелкий продукт разделения

Подставив (7) в (2), выразим показатель эффективности для двойной пересортировки

$$p = p_1 \frac{\ln(1/9)}{\ln\left(\frac{(1-\sqrt{0,75})\sqrt{0,25}}{\sqrt{0,75}(1-\sqrt{0,25})}\right)}$$

Аналогично рассчитаем общую границу разделения после пересортировки

$$\sqrt{0,5} = \frac{1}{1 + (x_{50}/x_{50_1})^{p_1}}; (x_{50}/x_{50_1})^{p_1} = \frac{1 - \sqrt{0,5}}{\sqrt{0,5}}; x_{50} = x_{50_1} \left(\frac{1 - \sqrt{0,5}}{\sqrt{0,5}} \right)^{\frac{1}{p_1}}$$

По аналогии для произвольного числа пересортировок n при одинаковой настройке аппаратов:

$$k_{75/25} = \left(\frac{\left(1 - 0,75^{\frac{1}{n}}\right) 0,25^{\frac{1}{n}}}{0,75^{\frac{1}{n}} \left(1 - 0,25^{\frac{1}{n}}\right)} \right)^{\frac{1}{p_1}}; x_{50} = x_{50_1} \left(\frac{1 - 0,5^{\frac{1}{n}}}{0,5^{\frac{1}{n}}} \right)^{\frac{1}{p_1}}$$

Сделаем анализ этих зависимостей при эффективности классификаторов 65 % по критерию Эдера-Майера ($p = 5,1$). Тогда при первой перечистке эффективность возрастает на 4,3 %, при второй – на 1,4 %, при третьей – на 0,7 %. Последовательная установка трех одинаковых аппаратов дает прирост качества сепарации порядка 6 %. Дальнейшее наращивание аппаратов нецелесообразно.

Таким образом, для повышения остроты разделения порошков можно предложить последовательную установку не более двух или трех однотипных аппаратов, что обеспечит ресурсоэффективность процесса последовательной перечистки сыпучего материала.

УДК 621.438

ПРОЧНОСТНАЯ И ВИБРАЦИОННАЯ ДОВОДКА ЛОПАТКИ ТРЕТЬЕЙ СТУПЕНИ ОСЕВОГО КОМПРЕССОРА ГТК 10-4

STRENGTH AND VIBRATORY TUNING OF THE BLADE THIRD STAGE AN AXIAL COMPRESSOR GTK 10-4

Марченко Ю. Г. Седуни В. А., Серков С. А.
Уральский федеральный университет, г. Екатеринбург,
jurijmarchenko@rambler.ru

Marchenko Y. G., Sedunin V. A., Serkov S. A.
Ural federal university, Ekaterinburg

Аннотация: В данной работе представлен вариант модернизации лопатки третьей ступени осевого компрессора ГТК 10-4 на основе анализа прочностного и вибрационного состояния исходной лопатки. Проанализированы эквивалентные и вибрационные напряжения, возникающие в лопатке. Построена резонансная диаграмма для рабочих режимов третьей ступени.

Abstract: This paper presents a variant of the blade modernization third stage axial compressor GTK 10-4 based on an analysis of the strength and vibration state of the original blades. The article provides an analysis of equivalent and vibration stresses in the blade. Resonance diagram was plotted for operating mode of the third stage.

Ключевые слова: осевой компрессор; диаграмма Кэмпбелла; частоты колебаний; эквивалентные напряжения.

Key words: axial compressor; Campbell diagram; oscillation frequency; equivalent stress.