

МАШИНОСТРОЕНИЕ И МАШИНОВЕДЕНИЕ

DOI: 10.12737/22248

Трофимченко В.Н., аспирант,
Воронов В.П., канд. физ.-мат. наук, проф.,
Мордовская О.С., канд. техн. наук, доц.,
Ханин С.И. канд. техн. наук, проф.

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова

ОПРЕДЕЛЕНИЕ УГЛА УСТАНОВКИ ЛЕНТ ДЕЗАГРЕГИРУЮЩЕГО УСТРОЙСТВА И ЭФФЕКТИВНОСТИ ДЕЗАГРЕГАЦИИ ЧАСТИЦ МАТЕРИАЛА В СЕПАРАТОРЕ

dh@intbel.ru

В производстве строительных материалов для разделения продуктов помола на фракции используют замкнутую систему помола мельница-сепаратор. В результате сепарации образуется крупка, которая возвращается на домол в мельницу, и готовый продукт. При этом вместе с крупкой в виде агрегатов в мельницу возвращаются и частицы готового продукта. Это снижает эффективность работы помольного комплекса в целом и сепаратора в частности. Применение в сепараторе устройства в виде многозаходных лент позволяет разрушать агрегаты частиц. В статье приведены аналитические выражения для определения угла установки лент устройства, эффективности дезагрегации частиц; результаты исследований процесса дезагрегации, полученные с использованием разработанных выражений для частиц различной крупности.

Ключевые слова: сепарация, агрегаты частиц, дезагрегирующее устройство, угол установки лент устройства, эффективность дезагрегации.

В производстве строительных материалов разделение продуктов помола на фракции применяется при получении цемента, молотого гипса, мела, извести, при этом используют замкнутую систему помола мельница-сепаратор. Об отрицательном влиянии агрегации тонкодисперсных частиц на эффективность процесса сепарации сообщается в работах [1, 2, 3]. Для снижения негативного влияния этого явления на сепарацию частиц разработана конструкция устройства в виде многозаходных лент. Устройство позволяет разрушать агрегаты частиц за счет эффективного взаимодействия с агрегатами [4]. Эффективность дезагрегации устройства зависит от ряда параметров, из которых важным является угол установки лент. Он имеет различные значения для частиц различной крупности. Максимальная эффективность устройства достигается при лобовом контакте агрегатов с лентами. В связи с этим определение угла установки лент устройства для частиц различной крупности является актуальной задачей, решение которой позволит установить его рациональные значения для различных технологических режимов работы сепаратора.

Для расчета угла установки лент устройства в сепарационной камере радиусом R_k необходимо определить значения радиальной (w_r) тангенциальной (w_ϕ) и вертикальной (w_z) проекций

скорости при подлете частицы материала к фрагменту многозаходной ленты после ее схода с поверхности распределительного диска. Значения w_r, w_ϕ, w_z могут быть определены по существующим методикам [5, 6, 7]. Согласно расчетной схеме, представленной на рисунке 1, величина угла установки ленты Ω для обеспечения лобового удара о поверхность многозаходной ленты для различных значений диаметров частиц материала относительно горизонта будет определяться следующим соотношением:

$$\Omega = \frac{\pi}{2} - \arctg \frac{w_z}{\sqrt{w_r^2 + w_\phi^2}}. \quad (1)$$

Так, для сепаратора Полидор $\varnothing 4000$ ($R_k=1,65\text{м}$) при постоянном расходе воздуха $Q = 30 \text{ м}^3/\text{с}$ и учете скорости схода частиц с распределительного диска были рассчитаны значения проекций скоростей для частиц размером 80 мкм, 200 мкм, 315 мкм, 630 мкм, а также согласно (1) определены значения угла Ω установки многозаходных лент.

Полученные в результате вычислений значения радиальной (w_r), тангенциальной (w_ϕ) и вертикальной (w_z) проекций скорости при подлете частицы к ленте, а также оптимальное значение угла установки лент Ω представлены в таблице 1.

Результаты показывают, что угол установки лент Ω относительно горизонтальной части распределительного устройства для восходящих частиц крупностью 200 мкм составляет 84° и для агрегатов крупностью 315 мкм: -75° , для агрегатов крупностью 630 мкм: -66° . При этих значениях углов установки лент достигается лобовой контакт агрегатов частиц соответствующей крупности.

Таким образом, полученное соотношение (1) позволяет определить углы установки дезагрегирующих многозаходных лент относительно горизонтальной плоскости, в зависимости от величин составляющих скорости движения частицы w_r, w_φ, w_z .

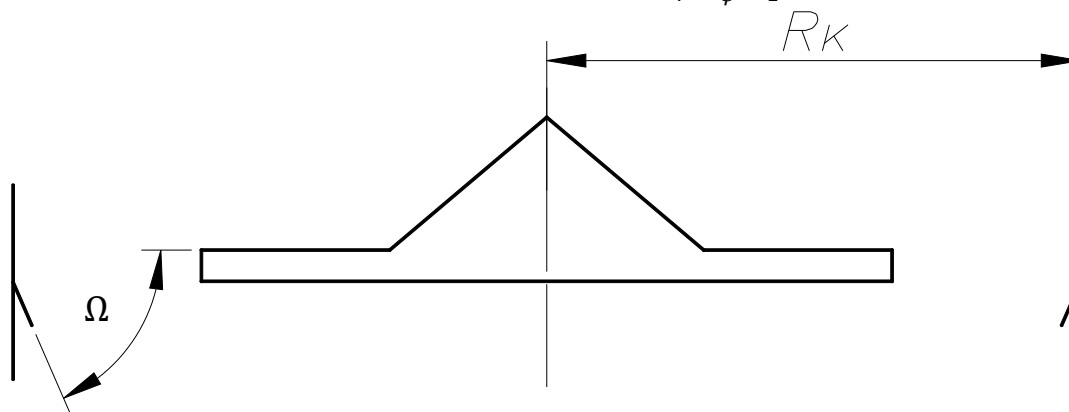


Рис. 1. Расчетная схема для определения угла установки многозаходных лент

Таблица 1

Значения компонент скорости частиц по крупности и угла установки многозаходных лент

Размер частиц	80 мкм	200 мкм	315 мкм	630 мкм
w_r , м/с	0,11	0,95	0,96	0,97
w_φ , м/с	0,41	0,88	1,36	1,85
w_z , м/с	2,12	0,14	0,45	0,83
Ω	11°	84°	-75°	-66°

При подлете к поверхности фрагмента многозаходной ленты частица материала будет обладать следующей кинетической энергией «Т»:

$$T = \frac{m}{2} (w_r^2 + w_\varphi^2 + w_z^2), \quad (2)$$

где m – масса частицы агрегата.

В работе [8] приведено соотношение, позволяющее найти затраты энергии на дезагрегацию:

$$\frac{\eta E}{m} = \frac{k\sigma}{3\rho} (S_k - S_n), \quad (3)$$

где k – степень измельчения; σ – поверхностное натяжение на границе «агрегат – окружающая среда»; S_n – удельная площадь поверхности частицы – агрегата; S_k – удельная площадь поверхности образовавшихся после дезагрегации частиц; η – эффективность дезагрегации; E – энергия, сообщаемая частице-агрегату извне; ρ – плотность частицы-агрегата.

Удельные площади поверхностей определяются следующими соотношениями:

$$S_n = \frac{\pi d^2}{\pi d^3} = \frac{6}{d}, \quad (4)$$

$$S_k = \frac{\pi \bar{d}_k^2}{\frac{\pi \bar{d}_k^3}{6}} = \frac{6}{\bar{d}_k}, \quad (5)$$

где d – исходный диаметр агрегата; $\bar{d}_k$ – средний конечный диаметр дезагрегированных частиц.

Если для описания энергии, сообщаемой материалу извне, взять соотношение (2), тогда с учетом (4) и (5) выражение (3) принимает следующий вид:

$$\frac{\eta E}{m} = \frac{4k\sigma}{\rho} \left(\frac{1}{\bar{d}_k} - \frac{1}{d} \right) = \eta (w_r^2 + w_\varphi^2 + w_z^2). \quad (6)$$

На основании соотношений (4) и (5) найдем, что степень дезагрегации можно представить в следующем виде:

$$k = \frac{S_k}{S} = \frac{d}{\bar{d}_k}. \quad (7)$$

Если экспериментальным путем, описанным в [9], определить величину поверхностного натяжения σ , тогда с учетом (7) находим, что:

$$\eta = \frac{4\sigma(d - \bar{d}_k)}{\rho \bar{d}_k^2 (w_r^2 + w_\varphi^2 + w_z^2)}. \quad (8)$$

Выражение (8) с учетом (7) примет следующий вид:

$$\eta = \frac{4\sigma k(k-1)}{\rho d (w_r^2 + w_\varphi^2 + w_z^2)} \cdot 100\%. \quad (9)$$

Выражение (9) показывает, что эффективность дезагрегации двух одинаковых частиц-агрегатов зависит от скорости частицы и угла

установки дезагрегирующих многозаходных лент. При лобовом столкновении агрегата с лентой степень дезагрегации увеличиваться при возрастании скорости столкновения.

На рисунке 2 показаны зависимости эффективности дезагрегации η от степени дезагрегации k – графики построены для сепаратора Полидор $\varnothing 4000$. Так, значение эффективности дезагрегации $\eta = 30\%$ для частицы размером 80 мкм достигает при степени дезагрегации $k =$

1,42. Для частицы размером 200 мкм такое же значение эффективности дезагрегации достигается при $k = 1,35$. Возрастание эффективности дезагрегации при увеличении степени дезагрегации носит практически линейный характер для агрегатов как крупностью 80 мкм, так и крупностью 200 мкм.

На рисунке 3 показаны зависимости эффективности дезагрегации η от степени дезагрегации исходной частицы-агрегата.

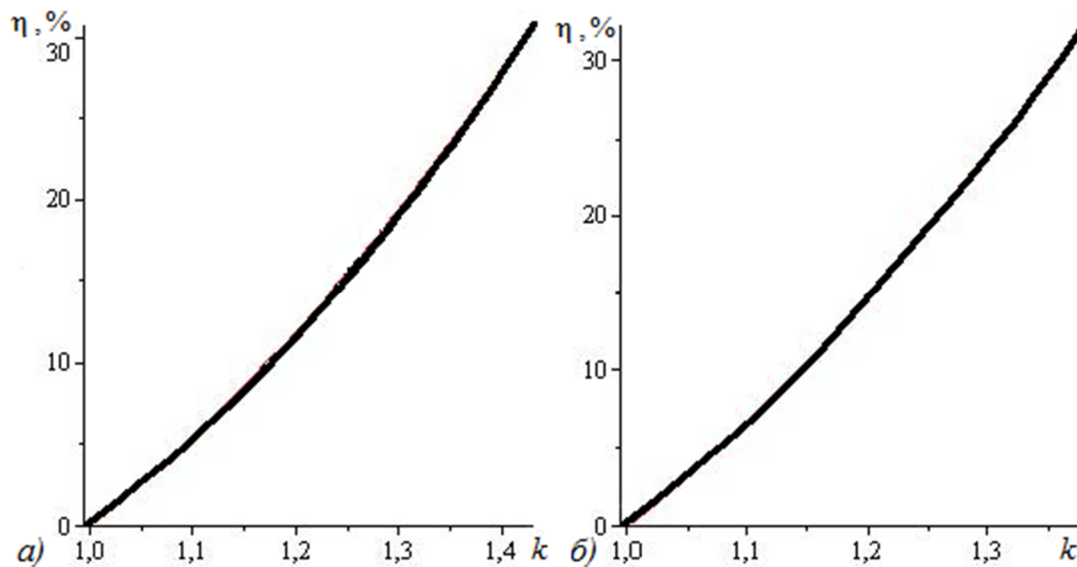


Рис. 2. Зависимость эффективности дезагрегации от степени дезагрегации для агрегатов размером а) 80 мкм и б) 200 мкм

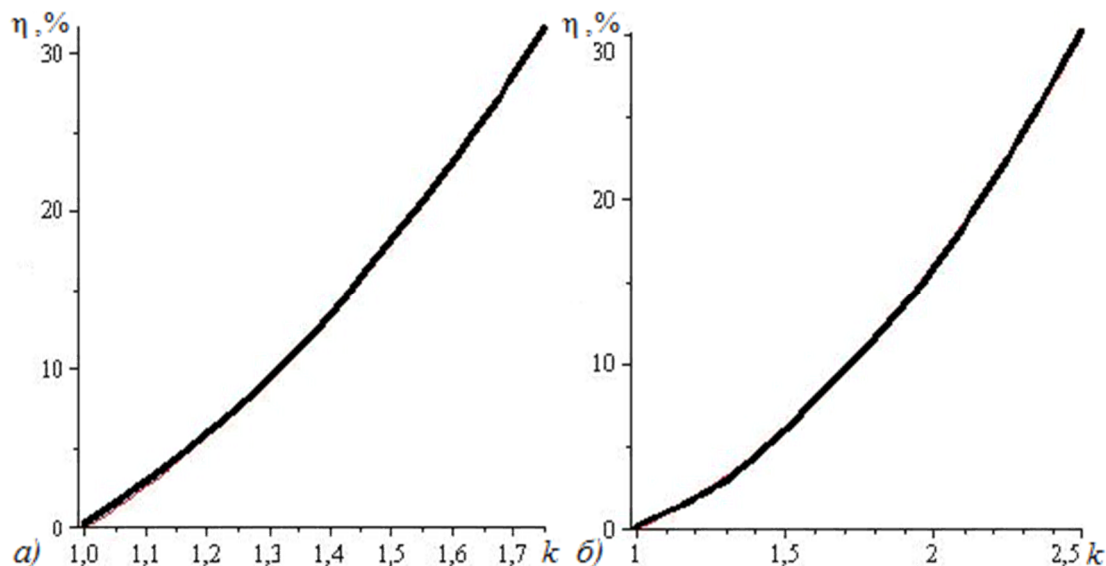


Рис. 3. Зависимость эффективности дезагрегации от степени дезагрегации для агрегатов размером а) 315 мкм и б) 630 мкм

Графики построены для сепаратора Полидор $\varnothing 4000$, при объемном расходе воздуха через сепарационную камеру $30 \text{ м}^3/\text{с}$. Значение эффективности дезагрегации $\eta = 30\%$ для агрегата частиц размером 315 мкм соответствует значению степени дезагрегации $k = 1,72$, для частицы размером 630 мкм значение эффективности $\eta = 30\%$ соответствует степени дезагрегации k

$= 2,48$. Полученные зависимости показывают, что для достижения одной и той же эффективности дезагрегации разных по крупности агрегатов частиц необходимо достичь различных степеней дезагрегации, причем, чем крупнее агрегат, тем выше степень дезагрегации.

Таким образом, полученное соотношение (1) позволяет определить угол Ω установки лент

дезагрегирующего устройства в камере сепарации для агрегатов, размер которых соответствует крупке, а выражение (9) дает возможность рассчитать эффективность дезагрегации устройства.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Ребиндер П.А. Поверхностные явления в дисперсных системах. Физико-химическая механика. Избранные труды. М.: Наука, 1979. 384 с.
2. Урьев Н.Б. Высококонцентрированные дисперсные системы. Москва: Изд-во «Химия», 1980. 320 с.
3. Clark M. Separation efficiency. International Cement Review (ICR). 2004. September. P.38.
4. Патент на изобретение №2544354, МПК B07B7/083. Циркуляционный динамический сепаратор сыпучих материалов / Трофимченко В.Н., Богданов В.С., Ханина О.С. Заявитель и патентообладатель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова». Заявка № 2014110830/03; заявлено 20.03.2014; Опубликовано 20.03.2015, Бюл. №8
5. Шваб А.В., Зятиков П.Н., Садретдинов Ш.Р., Брендаков В.Н. Исследование турбулентного двухфазного потока в центробежном аппарате. // Прикладная механика и техническая физика. 2012. Т53. №2. С 33–42.
6. Барский М.Д. Фракционирование порошков. – М.: Недра, 1980. 327 с.
7. Росляк А.Т., Бирюков Ю.А., Пачин В. Н. Пневматические методы и аппараты порошковой технологии. Томск; Изд-во Том. ун-та, 1990. 272 с.
8. Иванов О.С., Василишин М.С. Методика определения затрат энергии на дезагрегацию ультрадисперсных частиц. // Ползуновский вестник. № 4–1. 2011. С.180–182.
9. Иванов О.С. Совершенствование методов расчёта роторно-пульсационных аппаратов применительно к процессу измельчения: диссертация кандидата тех. наук. 05.17.08 Бийск, 2011. 130 с.

Trofimchenko V.N., Voronov V.P., Mordovskaya O.S., Khanin S.I.

CALCULATION OF AN INSTALLATION ANGLE FOR BANDS OF DISAGGREGATING DEVICE AND ITS EFFICIENCY FOR PARTICLES SEPARATION

For building materials production, separation process uses for size classification of powders production. Closed circle (mill and separator) uses for grinding of the powders. Coarse particles and fine particles are formed during separation process. The coarse particles return into a mill for additional grinding. The fine particles return into a mill as aggregates with coarse particles. Aggregation of particles and returning of them into a mill is decreased of efficiency of closed circle. Due to that installation of the disaggregating device promote to disaggregation particles process. In the article presents mathematical expressions for calculation of band installation angle of disaggregation device, efficiency of disaggregation process and results of disaggregation process investigation.

Key words: separation, aggregated particles, disaggregation device, band installation angle, efficiency of disaggregation device.

Трофимченко Владимир Николаевич, аспирант.

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова

Адрес: Россия, 308012, Белгород, ул. Костюкова, д. 46

E-mail: trofimchenko@inbox.ru

Воронов Виталий Павлович, кандидат физико-математических наук, профессор.

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова

Адрес: Россия, 308012, Белгород, ул. Костюкова, д. 46

E-mail: dh@intbel.ru

Мордовская Ольга Сергеевна, кандидат технических наук, доцент.

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова

Адрес: Россия, 308012, Белгород, ул. Костюкова, д. 46

E-mail: dh@intbel.ru

Ханин Сергей Иванович, кандидат технических наук, профессор.

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова

Адрес: Россия, 308012, Белгород, ул. Костюкова, д. 46

E-mail: dh@intbel.ru