

DOI: 10.12737/article_5bf7e35c330984.80260733

^{1,*}Семикопенко И.А., ¹Воронов В.П., ¹Беляев Д.А., ¹Ханин С.И.¹Белгородский государственный технологический университет им. Шухова

Россия, 208012, Белгород, ул. Костюкова, д. 46

*E-mail: semikopenko.ia@bstu.ru

ОПРЕДЕЛЕНИЕ УСЛОВИЯ ВЫХОДА ЧАСТИЦЫ МАТЕРИАЛА В ТАНГЕНЦИАЛЬНЫЙ ПАТРУБОК ДЕЗИНТЕГРАТОРА

Аннотация. В настоящее время дезинтеграторы являются одним из видов оборудования, применяемого при помол, смешении и активации ряда материалов. Одним из преимуществ дезинтеграторов является возможность получения готового продукта с заданным гранулометрическим составом. При конструировании дезинтеграторов помимо участков интенсивного воздействия на измельчаемый материал необходимо определять рациональные конструктивные параметры загрузочных и разгрузочных узлов. Данные параметры должны учитывать скорость частиц, а также пропускную способность, как на входе в камеру помола, так и на выходе из неё. В данной статье получено аналитическое выражение, позволяющее определить условие выхода частицы материала в тангенциальный разгрузочный патрубок. Кроме этого, получено соотношение, определяющее функциональную зависимость радиуса равновесной траектории частицы материала в зависимости от диаметра частицы при фиксированных конструктивных h , R_2 и технологических ρ , ω , f параметрах дезинтегратора. Представлена расчетная схема для определения условия выхода частицы в тангенциальный разгрузочный патрубок. Принято допущение о том, что в начале тангенциального разгрузочного патрубка (на расстоянии l_0 от начала координат) скорость воздуха в тангенциальном разгрузочном патрубке равна нулю, а изменение скорости воздуха носит линейный характер. В результате проведенных теоретических исследований можно сделать вывод, что основное влияние на угловой размер тангенциального разгрузочного патрубка оказывают прежде всего частота вращения роторов и размер частицы готового продукта. Данные результаты дают возможность подобрать рациональные конструктивные и технологические параметры дезинтегратора с тангенциальным разгрузочным патрубком.

Ключевые слова: дезинтегратор, тангенциальный патрубок, материал.

Введение. Дезинтеграторы являются одним из видов помольного оборудования, осуществляющего помол, смешение и активацию материалов [1]. Одной из задач, которую необходимо решить при проектировании корпуса дезинтегратора, является задача рационального конструктивного исполнения разгрузочных патрубков.

Рассматривая периферийную зону камеры помола, можно отметить, что с внешнего ряда ударных элементов в радиальном направлении происходит сход воздуха и частиц материала (рис. 1).

Согласно результату работы [1, 2] движение твердых сферических частиц диаметром d , плотностью ρ в радиальном направлении описывается уравнением:

$$\frac{d\vartheta_r}{dt} = \frac{\vartheta_\phi^2}{r} + \frac{1}{\tau}(u_r - \vartheta_r), \quad (1)$$

где u_r – скорость воздуха в радиальном направлении, равная:

$$u_r = \omega \sqrt{2R_2h - h^2} \quad (2)$$

здесь ω – частота вращения роторов; h – высота ударного элемента; R_2 – радиус внешнего ряда ударных элементов.

Параметр, имеющий размерность времени:

$$\tau = \frac{\rho d^2}{18\mu}, \quad (3)$$

здесь μ – динамическая вязкость воздуха.

Рассмотрим случай, когда

$$\frac{d\vartheta_r}{dt} = 0, \vartheta_\phi = \omega r_p, \quad (4)$$

где r_p – радиус равновесной траектории вращательного движения частицы материала.

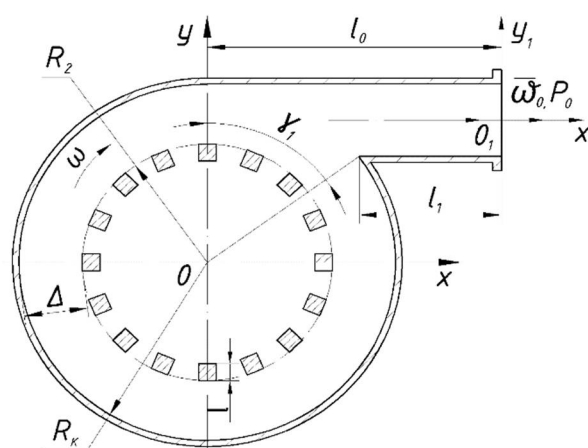


Рис. 1. Расчетная схема для определения условия выхода частицы в тангенциальный разгрузочный патрубок.

Соотношения (4) определяют условия выхода частицы материала на равновесную траекторию движения в случае, когда центробежная сила уравновешивается стоксовской силой сопротивления.

Согласно результатам работы [1] скорость частицы материала в радиальном направлении после схода с ударного элемента равна:

$$v_r = \frac{\omega R_2 (1 - \frac{l}{2R_2})}{2f}, \quad (5)$$

здесь R_2 – радиальное расстояние от оси вращения роторов до радиуса описанной окружности ударных элементов внешнего ряда (рис. 1); l – размер ударного элемента в радиальном направлении; f – коэффициент трения частицы о рабочую поверхность ударного элемента.

Основываясь на конструктивных размерах величин h , l , R_2 , можно найти, что

$$\frac{h}{R_2} \ll 1 \text{ и } \frac{l}{2R_2} \ll 1. \quad (6)$$

С учетом соотношений (6) формулы (2) и (5) можно привести соответственно к следующему виду:

$$u_r = \omega R_2 \sqrt{\frac{2h}{R_2}}, \quad (7)$$

$$v_r = \frac{\omega R_2}{2f} \quad (8)$$

Применив соотношения (4) к (1) с учетом (7) и (8) находим, что

$$r_p = \frac{R_2 (\frac{1}{2f} - \sqrt{\frac{2h}{R_2}})}{\omega \tau}. \quad (9)$$

Подстановка (3) в (9) позволяет получить следующий результат:

$$r_p = \frac{18\mu R_2 (\frac{1}{2f} - \sqrt{\frac{2h}{R_2}})}{\omega \rho d^2}. \quad (10)$$

Полученное соотношение (10) определяет функциональную зависимость радиуса равновесной траектории частицы материала в зависимости от диаметра частицы при фиксированных конструктивных h , R_2 и технологических ρ , ω , f параметрах.

Рассмотрим плоское движение частиц материала в плоскости, перпендикулярной оси вращения роторов дезинтегратора. В рассматриваемой плоскости введем две декартовы системы координат xoy (см. рис. 1) для описания движения частиц в области $R_2 < r < R_k$ и x_1oy_1 для описания движения частиц в тангенциальном разгрузочном патрубке, выполненном в форме прямоугольной призмы.

Согласно результату работы [3], скорость истечения воздуха из тангенциального разгрузочного патрубка определяется соотношением

$$w_0 = \varphi \sqrt{\frac{p-p_0}{\rho_0}}, \quad (11)$$

где φ – коэффициент скорости, равный 0,668; p – давление воздуха в корпусе дезинтегратора; p_0 – наружное давление; ρ_0 – плотность воздуха в камере помола дезинтегратора.

Считаем, что в начале тангенциального разгрузочного патрубка (на расстоянии l_0 от начала координат xoy) скорость в тангенциальном разгрузочном патрубке равна нулю, а изменение скорости воздуха носит линейный характер. Вследствие этого можно получить следующее соотношение:

$$w(x_1) = \frac{x_1 + l_0}{l_0} w_0. \quad (12)$$

Учитываем, что связь между координатами при параллельном переносе устанавливается соотношениями:

$$x_1 = x - l_0; y_1 = y - R_2 - \Delta/2, \quad (13)$$

где $\Delta = R_k - R_2$.

Поэтому выражение (12) в системе координат x_1oy_1 принимает вид:

$$w(x) = \frac{x}{l_0} w_0. \quad (14)$$

Частица материала, находящаяся на равновесных траекториях (10), попадает в тангенциальный разгрузочный патрубок, имеющий угловой размер γ , если за время прохождения углового размера γ , равного γ/ω в направлении оси ox будет пройдено расстояние большее или равное величине $l_0 - l_1$. Поэтому

$$[\omega r_p \cdot \sin \gamma + w(x = l_0 - l_1)] \cdot \frac{\gamma}{\omega} \geq l_0 - l_1. \quad (15)$$

Учитывая, что согласно расчетной схеме на рис. 1

$$\sin \gamma = \frac{l_0 - l_1}{R_k} = \frac{l_0 - l_1}{R_2 + \Delta}. \quad (16)$$

С учетом (14) и (16) соотношение (15) можно привести к следующему виду:

$$\gamma \geq \frac{\omega}{\frac{\omega r_p}{R_2 + \Delta} + \frac{w_0}{l_0}}. \quad (17)$$

Таким образом, полученное условие (17) определяет угловой размер тангенциального разгрузочного патрубка в зависимости от конструктивных и технологических параметров дезинтегратора.

Из графической зависимости, представленной на рис. 2, можно заключить, что угловой размер тангенциального разгрузочного патрубка

дезинтегратора зависит в первую очередь от частоты вращения роторов и размеров частиц готового продукта. Так, при увеличении ω с 0,25 до 0,35 γ увеличивается с 0,04 до 0,054 радиан.

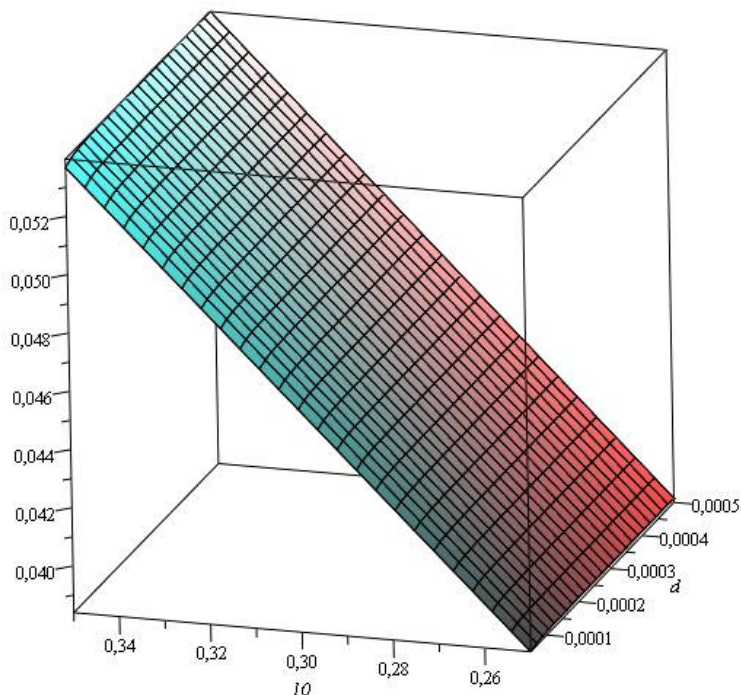


Рис. 2. Зависимость углового размера тангенциального патрубка от частоты вращения роторов и диаметра частицы материала

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Хинт И.А. Основы производства силикалитных изделий. М.: Стройиздат, 1962. 636 с.
2. Волков Р.А., Гнутов А.Н., Дьячков В.К. Конвейеры: Справочник / Р. А. Волков, А. Н. Гнутов, В. К. Дьячков и др, Под общ. ред. Ю. А. Пертена. Л.: Машиностроение, 1984. 367 с.
3. Семикопенко И.А., Воронов В.П., Юрченко А.С. Расчет оптимального диаметра шнекового питателя для подачи материала в камеру

помола дезинтегратора // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2017. №3. С. 85–87.

4. Кухлинг К. Справочник по физике. 2 изд. М.: Мир, 1985. 520 с.

5. Воронов В.П., Семикопенко И.А., Пензев П.П. Теоретические исследования скорости движения частиц материала вдоль поверхности ударного элемента мельницы дезинтеграторного типа // Известия ВУЗов. Строительство. № 11-12. 2008. С. 93–96.

Информация об авторах

Семикопенко Игорь Александрович, кандидат технических наук, доцент кафедры механического оборудования. E-mail: semickopenko.i@yandex.ru, semikopenko.ia@bstu.ru. Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова. Россия, 308012, Белгород, ул. Костюкова, д. 46.

Воронов Виталий Павлович, кандидат физико-математических наук, профессор кафедры механического оборудования. Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова. Россия, 308012, Белгород, ул. Костюкова, д. 46.

Беляев Денис Александрович, аспирант, кафедры механического оборудования. Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова. Россия, 308012, Белгород, ул. Костюкова, д. 46.

Ханин Сергей Иванович, доктор технических наук, профессор кафедры механического оборудования. Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова. Россия, 308012, Белгород, ул. Костюкова, д. 46.

Поступила в сентябре 2018 г.

© Семикопенко И.А., Воронов В.П., Беляев Д.А., Ханин С.И., 2018

^{1,*}**Semikopenko I.A., ¹Voronov V.P., ¹Belyaev D.A., ¹Hanin S.I.**

¹Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhov
Russia, 308012, Belgorod, st. Kostyukova, 46

*E-mail: semickopencko.i@yandex.ru; semikopenko.ia@bstu.ru

DETERMINATION THE EXIT OF MATERIAL PARTICLES TO TANGENTIAL PIPE OF THE DISINTEGRATOR

Abstract. Disintegrators are used today as an equipment for grinding, mixing and activation of a number of materials. Disintegrators' advantage is a possibility to obtain a finished product with a given grain-size composition. The design parameters of loading and unloading units must be determined during engineering the disintegrator, aside from areas of intense exposure to the ground material. These parameters should include the particles' speed and the throughput of an entrance and exit of grinding chamber. The article provides an analytical expression that allows to determine the exit of material particle into the tangential discharge pipe. In addition, the ratio is obtained that determine functional dependence of an equilibrium path of the material particle depending on the particle diameter at fixed structural h , R_2 and technological ρ , ω , f parameters of the disintegrator. A calculation scheme for determining the conditions of the particle exit into the tangential discharge pipe is presented. It is assumed that at the beginning of the tangential discharge pipe (at a distance l_0 from the origin) the air velocity in the tangential discharge pipe is zero, and the change in air velocity is linear. In the result of theoretical studies, it is concluded that the rotor speed and the particle size of the finished product affect the angular size of the tangential discharge pipe. These results allow selecting rational design and technological parameters of the disintegrator with a tangential discharge pipe.

Keywords: disintegrator, tangential pipe, material.

REFERENCES

1. Hint I.A. Basics of production of silicalcitic products. Moscow: Stroiizdat. 1962, 636 p.
2. Volkov RA, Gnutov AN, Dyachkov V.K. Conveyors: Reference book. Under general. Ed. A. A. Perten. L.; Mechanical Engineering, 1984, 367 p.
3. Semikopenko IA, Voronov VP, Yurchenko AS Calculation of the optimal diameter of the screw feeder for feeding the material into the grinding

chamber of the disintegrator. Bulletin of BSTU named after V.G. Shukhov, 2017. no. 3, pp. 85–87.

4. Kuhlning K. Handbook of Physics. 2 ed. - Moscow: Mir. 1985, 520 p.

5. Voronov VP, Semikopenko IA, Penzev P.P. Theoretical studies of the velocity of material particles along the surface of a shock element of a disintegrator type. Izvestiya VUZov. Building, № 11-12, 2008, P. 93-96.

Information about the author

Semikopenko, Igor A. PhD, Assistant professor. E-mail: semickopencko.i@yandex.ru, semikopenko.ia@bstu.ru. Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhov. Russia, 308012, Belgorod, st. Kostyukova, 46.

Voronov, Vitaliy P. PhD, Professor. Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhov. Russia, 308012, Belgorod, st. Kostyukova, 46. E-mail: semikopenko.ia@bstu.ru.

Belyaev, Denis A. Postgraduate student. Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhov. Russia, 308012, Belgorod, st. Kostyukova, 46.

Hanin, Sergey I. DSc, Professor. Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhov. Russia, 308012, Belgorod, st. Kostyukova, 46.

Received in September 2018

Для цитирования:

Семикопенко И.А., Воронов В.П., Беляев Д.А., Ханин С.И. Определение условия выхода частицы материала в тангенциальный патрубок дезинтегратора // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2018. №11. С. 122–125. DOI: 10.12737/article_5bf7e35c330984.80260733

For citation:

Semikopenko I.A., Voronov V.P., Belyaev D.A., Hanin S.I. The definition of the exit particles of the material to the tangential inlet of the disintegrator. Bulletin of BSTU named after V.G. Shukhov, 2018, no. 11, pp. 122–125. DOI: 10.12737/article_5bf7e35c330984.80260733