

МАШИНОСТРОЕНИЕ И МАШИНОВЕДЕНИЕ

DOI:10.12737/article_5c506246246cf7.72565493

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

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

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

РАСЧЕТ МОЩНОСТИ, ЗАТРАЧИВАЕМОЙ НА ДВИЖЕНИЕ ДВУХФАЗНОЙ СРЕДЫ В ПАТРУБКЕ РЕЦИКЛА ДЕЗИНТЕГРАТОРА

Аннотация. В настоящее время дезинтеграторы являются одним из видов оборудования, применяемого при помоле, смешении и активации ряда материалов. Одним из преимуществ дезинтеграторов является возможность получения продукта помола с заданным зерновым составом. Для получения узкого гранулометрического состава продукта помола была создана экспериментальная установка с патрубком рецикла, обеспечивающего разгрузку готового продукта и возврат крупки на дополнительное измельчение в камеру помола. Патрубок рецикла представляет собой резиноканевую трубу круглого поперечного сечения с радиусом кривизны, обеспечивающим движение двухфазной среды из зоны разгрузки к загрузочной части дезинтегратора. При выполнении теоретических исследований процесса помола в данной установке необходимо определить энергетические затраты на движение двухфазной среды в патрубке рецикла.

В данной статье получено аналитическое выражение, позволяющее определить дополнительную потребляемую мощность, связанную с установкой патрубка рецикла. Дополнительная потребляемая мощность складывается из мощности, затрачиваемой на перемещение воздуха и мощности, затрачиваемой на перемещение частиц материала внутри патрубка рецикла.

Представлена расчетная схема для определения дополнительной потребляемой мощности дезинтегратора предлагаемой конструкции. Анализ полученной графической зависимости позволяет сделать вывод, что в рассматриваемом диапазоне изменения циклической частоты вращения роторов и радиуса кривизны патрубка рецикла увеличение потребляемой мощности имеет линейный характер.

Таким образом, полученное аналитическое выражение определяет величину дополнительной потребляемой мощности, связанной с установкой патрубка рецикла в дезинтегратор в зависимости от конструктивных и технологических параметров.

Ключевые слова: дезинтегратор, патрубок рецикла, материал.

В настоящее время дезинтеграторы являются одним из видов оборудования, применяемого при помоле, смешении и активации ряда материалов [1]. Одним из преимуществ дезинтеграторов является возможность получения продукта помола с заданным зерновым составом. Для получения узкого гранулометрического состава продукта помола была создана экспериментальная установка с патрубком рецикла, обеспечивающего возврат крупки на дополнительное измельчение в камеру помола (рис. 1). При выполнении теоретических исследований процесса помола в данной установке необходимо определить энергетические затраты на движение двухфазной среды в патрубке рецикла.

Определим величину дополнительной $P_{доп}$ мощности, которую необходимо затратить на движение двухфазной среды (воздух плюс частицы материала внутри патрубка рецикла).

Искомую величину мощности представим в следующем виде:

$$P_{доп} = P_g + P_m, \quad (1)$$

где P_g – величина мощности, затрачиваемая на перемещение массы воздуха внутри патрубка рецикла; P_m – величина мощности, затрачиваемая на перемещение частиц материала внутри патрубка рецикла.

Искомые значения мощности будут равны величине работы « A_g » на перемещение воздуха и частиц материала « A_m » отнесенные ко времени « t_a » нахождения выделенного объема воздуха и частиц материала в патрубке рецикла.

Далее будем предполагать, что время накопления частиц материала и выделенного объема воздуха (ΔV см. рисунок 1) в патрубке рецикла совпадают.

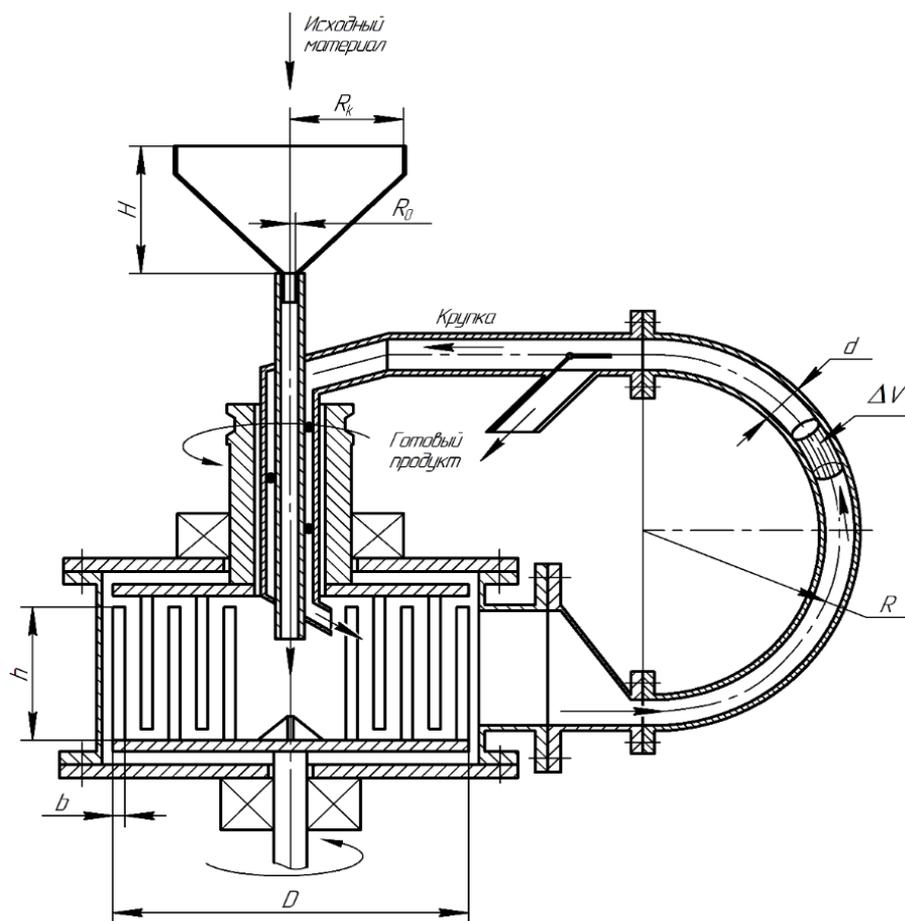


Рис. 1. Расчетная схема для определения мощности, затрачиваемой на движение двухфазной среды в патрубке рецикла дезинтегратора

Величину времени t_a можно найти как отношение пройденного пути $\pi \cdot R$ к среднему значению скорости v_{cp} движения выделенного объема воздуха. На основании сказанного можно записать следующие соотношения:

$$t_a = \frac{\pi \cdot R}{v_{cp}}, \quad (2)$$

где R – радиус кривизны патрубка рецикла, м

$$v_{cp} = \frac{v_\phi + v_\phi \left(\frac{\pi}{2} \right)}{2}, \quad (3)$$

где v_ϕ – тангенциальная скорость движения воздушного потока в криволинейном патрубке, м/с.

Подстановка (3) в (2) с учетом [2], [3] приводит к следующему результату

$$t_a = \frac{\beta_0}{\omega}, \quad (4)$$

где ω – циклическая частота вращения, c^{-1} ; и введено следующее обозначение:

$$\beta_0 \cong \frac{\pi \cdot R}{2b \cdot \left(\frac{D}{h} \right)^{\frac{3}{2}} \cdot \left(1 - 4 \frac{h}{D} \right) \cdot \left(1 + \frac{R \cdot q}{4\omega^2 b^2 \frac{D}{h} \left(1 - 8 \frac{h}{D} \right)} \right)^{\frac{1}{2}}}, \quad (5)$$

где D – наружный диаметр описанной окружности ударных элементов, м; b – ширина ударных элементов, м; h – высота ударных элементов, м; q – объемный расход крупнозернистого сыпучего материала через конический бункер, m^3/c .

Вычислим величину работы по перемещению выделенного объема воздуха в патрубке рецикла:

$$A_s = \frac{\pi^3}{4} \cdot \rho \cdot d^2 \cdot R^2 \cdot q, \quad (6)$$

где d – диаметр поперечного сечения патрубка рецикла, м; ρ – плотность воздуха, кг/м³.

Найдем величину работы по перемещению частиц материала в патрубке рецикла:

$$A_m = M_m \cdot q \cdot \pi \cdot R, \quad (7)$$

здесь M_m – масса частиц материала, перемещаемая в патрубке рецикла, величина данной массы определяется следующим соотношением:

$$M_m = \gamma \cdot q_0 \cdot t_a, \quad (8)$$

где γ – насыпная плотность материала, кг/м³; q_0 – объемный расход материала, проходящего через выходное отверстие конического бункера дезинтегратора, м³/с.

Соотношение (8) с учетом [4] принимает вид:

$$M_m = \pi \cdot \gamma \cdot R_0^2 \cdot \sqrt{\frac{q \cdot H \cdot R_0}{2 \cdot (R_k - R_0)}} \cdot t_a. \quad (9)$$

$$P_{\text{дон}} = \pi^2 \cdot q \cdot R \cdot \left[\frac{\pi \cdot d^2 \cdot R \cdot \rho \cdot \omega}{4 \cdot \beta_0} + \gamma \cdot R_0^2 \sqrt{\frac{q \cdot H \cdot R_0}{2 \cdot (R_k - R_0)}} \right]. \quad (13)$$

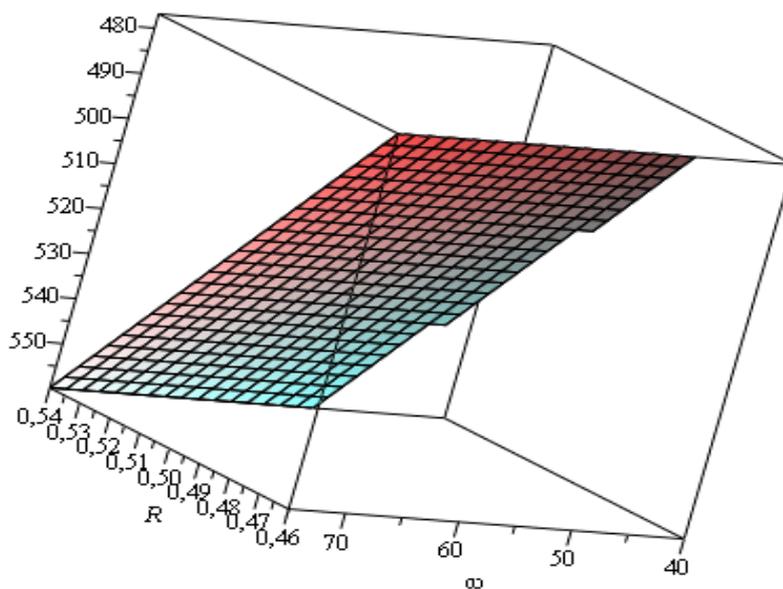


Рис. 2. Графическая зависимость дополнительной потребляемой мощности, связанной с установкой патрубка рецикла от его радиуса кривизны R и циклической частоты вращения роторов ω .

Анализ графической зависимости, представленной на рис. 2, позволяет сделать вывод, что в рассматриваемом диапазоне изменения ω и R увеличение потребляемой мощности имеет линейный характер. Таким образом, полученное соотношение (13) определяет величину дополнительной потребляемой мощности, связанной с установкой патрубка рецикла в дезинтегратор в зависимости от конструктивных ($R_k, R_0, H, b, D, h, R, d$) и технологических (ω, γ, ρ) параметров.

где R_0 – радиус нижнего основания конического бункера, м; R_k – радиус верхнего основания конического бункера, м; H – высота конического бункера, м.

Подстановка (9) в (7) приводит к следующему результату:

$$A_m = \pi \cdot \gamma \cdot R_0^2 \cdot R \cdot q \sqrt{\frac{q \cdot H \cdot R_0}{2 \cdot (R_k - R_0)}} \cdot t_a. \quad (10)$$

На основании соотношений (6) и (10) находим:

$$P_{\text{с}} = \frac{\pi^3 \cdot q \cdot \rho \cdot d^2 \cdot R^2 \cdot \omega}{4 \cdot \beta_0}, \quad (11)$$

$$P_m = \frac{A_m}{t_a} = \pi^2 \cdot \gamma \cdot R_0^2 \cdot R \cdot q \cdot \sqrt{\frac{q \cdot H \cdot R_0}{2 \cdot (R_k - R_0)}}. \quad (12)$$

Подстановка (11) и (12) в (1) позволяет получить следующее выражение:

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Хинт И.А. Основы производства силикалитных изделий. М.: Стройиздат, 1962. 636 с.
2. Семикопенко И.А., Воронов В.П., Смирнов Д.В. Математическое описание движения вязкой среды в патрубке возврата дезинтегратора. Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2014. № 5. С. 113–117.
3. Блиничев В.Н., Бобков С.П., Ключков Н.В., Пискунов А.В. Методика расчета расхода

воздуха в центробежно-ударной мельнице. Известия ВУЗов. Химия и химическая технология. №2. 1982. С. 230–232.

4. Семикопенко И.А., Воронов В.П.,

Смирнов Д.В., Фадин Ю.М. Расчет объемного расхода материала через загрузочный бункер дезинтегратора. Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2015. № 1. С. 68–70.

Информация об авторах

Семикопенко Игорь Александрович, кандидат технических наук, доцент кафедры механического оборудования. E-mail: semikopenko.i@yandex.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.

Смирнов Дмитрий Владимирович, аспирант, кафедры механического оборудования. Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова. Россия, 308012, Белгород, ул. Костюкова, д. 46.

Поступила в октябре 2018 г.

© Семикопенко И.А., Воронов В.П., Смирнов Д.В., 2019

^{1,*}*Semikopenko I.A.,¹Voronov V.P.,¹Smirnov D.V.*

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

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

POWER CALCULATION EXPENDED ON MOVEMENT OF A TWO-PHASE MEDIUM IN THE PIPE BRANCH OF RECYCLING DISINTEGRATOR

Abstract. *Currently, disintegrators are used in grinding, mixing and activation of a number of materials. The possibility of obtaining a grinding product with a given grain composition is an advantage of disintegrators. To obtain a narrow granulometric composition of the grinding product, an experimental installation with a recycling pipe branch is created. This ensures the unloading of finished product and grains' return to additional milling in the grinding chamber. The branch pipe of the recycle is a rubber-fabric pipe of circular cross-section with a radius of curvature, providing the movement of a two-phase medium from the discharge zone to the loading part of the disintegrator. It is necessary to determine the energy costs for the movement of a two-phase medium in the recycle pipe when performing theoretical studies of the grinding process in this installation. In this article, the analytical expression is received, which allows to define the additional power consumption connected with installation of a branch pipe of a recycle. The additional power consumption consists of the power required to move the air, and the power required to move the material particles inside the recycling pipe. A calculation scheme for determining the additional power consumption of proposed disintegrator is presented. Analysis of the graphical dependences obtained allows to conclude that in the considered range of variation of the cyclic rotation frequency of the rotors and the radius of curvature of the recycle pipe, the increase in power consumption is linear. Thus, the resulting analytical expression determines the amount of additional power consumption associated with the installation of the recycle pipe in the disintegrator, depending on the design and technological parameters.*

Keywords: *disintegrator, recycling pipe, material.*

REFERENCES

1. Hint I.A. Basics of production of silicalcitic products. M.: Stroyizdat. 1962, 636 p.
2. Semikopenko I.A., Voronov V.P., Smirnov D.V. Mathematical description of the motion of a viscous medium in the disintegrator return pipe. Bulletin of BSTU. V.G. Shukhov, 2014, no. 5, pp. 113–117.
3. Blinichev V.N., Bobkov S.P., Klochkov

N.V., Piskunov A.V. The method of calculating the air flow in a centrifugal impact mill. University news. Chemistry and Chemical Technology, no. 2, 1982, p. 230–232.

4. Semikopenko I.A., Voronov V.P., Smirnov D.V., Fadin Yu.M. Calculation of the volume flow of material through the disintegrator feed hopper. Bulletin of BSTU. V.G. Shukhov, 2015, № 1, pp. 68–70.

Information about the authors

Semikopenko, Igor A. PhD, Assistant professor. E-mail: semikopenko.i@yandex.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.

Smirnov, Dmitriy V. Research assistant. Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhov. Russia, 308012, Belgorod, st. Kostyukova, 46.

Received in October 2018

Для цитирования:

Семикопенко И.А., Воронов В.П., Смирнов Д.В. Расчет мощности, затрачиваемой на движение двухфазной среды в патрубке рецикла дезинтегратора // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2019. №1. С. 119–123. DOI:10.12737/article_5c506246246cf7.72565493

For citation:

Semikopenko I.A., Voronov V.P., Smirnov D.V. Power calculation expended on movement of a two-phase medium in the pipe branch of recycling disintegrator. Bulletin of BSTU named after V.G. Shukhov, 2019, no. 1, pp. 119–123. DOI:10.12737/article_5c506246246cf7.72565493