

DOI: 10.34031/article_5cd6df492da642.78472895

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

Russia, 308012, Belgorod, st. Kostyukova, 46

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

РАСЧЕТ КОНСТРУКТИВНЫХ ПАРАМЕТРОВ ЗАГРУЗОЧНОГО УЗЛА ДЕЗИНТЕГРАТОРА ПРИ УСТАНОВКЕ ПАТРУБКА РЕЦИКЛА МАТЕРИАЛА

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 продукта помола с заданным гранулометрическим 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 необходимо согласовать пропускные способности загрузочного узла и патрубка рецикла дезинтегратора. Кроме этого, для сбалансированной работы дезинтегратора и питателя необходимо, чтобы массовый расход материала через питатель и массовый расход материала (пропускная способность) проходящего через ряды ударных элементов совпадали. Массовая пропускная способность крупнодисперсного материала, движущегося в патрубке рецикла, была определена исходя из предположения о линейном характере изменения насыпной плотности при движении материала внутри патрубка рецикла. В результате теоретических исследований получено аналитическое выражение, позволяющее определить радиус трубы модернизированного питателя исходя из конструктивных и технологических параметров дезинтегратора с патрубком рецикла. Представлена расчетная схема для определения радиуса трубы усовершенствованного дезинтегратора. Анализ полученного аналитического выражения позволяет сделать вывод, что радиус трубы модернизированной установки связан с конструктивными и технологическими параметрами дезинтегратора.

Ключевые слова: дезинтегратор, патрубок рецикла, материал.

При вводе в загрузочный узел дезинтегратора патрубка рецикла, через который поступает крупнодисперсный материал на доизмельчение в камеру помола, необходимо изменить диаметр трубы выпускного отверстия бункера, чтобы согласовать его пропускную способность по материалу, поступающему в камеру помола с пропускной способностью рядов ударных элементов дезинтегратора. Для сбалансированной работы дезинтегратора и питателя, не содержащего патрубков рецикла необходимо, чтобы массовый расход материала через питатель и массовый расход материала (пропускная способность) проходящего через ряды ударных элементов совпадали.

Согласно результату работы [1] данный баланс будет соблюдаться при выполнении следующего равенства:

$$\frac{2\pi H \omega R_k^2}{(R_k - R_d) \cdot f} \left[\frac{\gamma_k - \gamma_0}{3} R_k + \frac{(\gamma_0 - \gamma_k) R_d}{4} \right] = \pi \gamma_0 R_{OH}^2 \sqrt{\frac{g R_{OH}}{2tg\alpha}}, \quad (1)$$

где R_d – радиус распределительного диска в камере помола; R_k – радиус корпуса камеры помола; R_{OH} – радиус выпускного отверстия трубы бункера без ввода патрубка рецикла; H – высота

камеры помола; ω – циклическая частота вращения ротора; f – коэффициент трения частицы о поверхность ударного элемента; γ_0 – плотность насыпного материала в бункере; γ_k – насыпная плотность готового продукта; g – ускорение свободного падения; α – угол наклона образующей конуса бункера к вертикали.

Вычислим массовую пропускную способность крупнодисперсного материала, движущегося в патрубке рецикла. Искомую величину которого можно найти согласно следующему выражению:

$$Q_{кр} = \frac{d}{dt} \iiint_V \gamma(r) dV, \quad (2)$$

где $\gamma(r)$ – изменение насыпной плотности материала, движущегося в патрубке рецикла.

Функциональную зависимость $\gamma(r)$ можно найти исходя из предположения о линейном характере изменения насыпной плотности при движении материала внутри патрубка рецикла:

$$\gamma(r) = \gamma_k + \frac{\gamma_{кр} - \gamma_k}{R_* - R_3} (r - R_3). \quad (3)$$

Здесь $\gamma_{кр}$ – насыпная плотность крупнодисперсной части потока в патрубке рецикла. r – текущая координата внутри патрубка рецикла; R_3 – радиус внешней поверхности патрубка рецикла; R_* – радиус центральной части патрубка рецикла.

С учетом (3) выражение (2) можно представить в виде

$$Q_{кр} = \frac{d_0}{dt} \int_{-d_0/2}^{d_0/2} dz \int_{-\pi/2}^{\pi/2} d\phi \int_{K \cdot R}^{R_*} \left(\gamma_K + \frac{\gamma_{кр} - \gamma_K}{R_* - R_3} (r - R_3) \right) r dr, \quad (4)$$

$K \cdot R$ – радиальный размер для установки, регулируемой поворотной заслонкой (см. рисунок).
 d_0 – диаметр патрубка рецикла.

Интеграл (4) можно привести к следующему виду:

$$Q_{кр} = d_0 \int_{-\pi/2}^{\pi/2} d\phi \int_{K \cdot R}^{R_*} \left(\gamma_K \frac{dr}{dt} + 2 \frac{\gamma_{кр} - \gamma_K}{R_* - R_3} r \frac{dr}{dt} - \frac{\gamma_{кр} - \gamma_K}{R_* - R_3} R_3 \frac{dr}{dt} \right) dr, \quad (5)$$

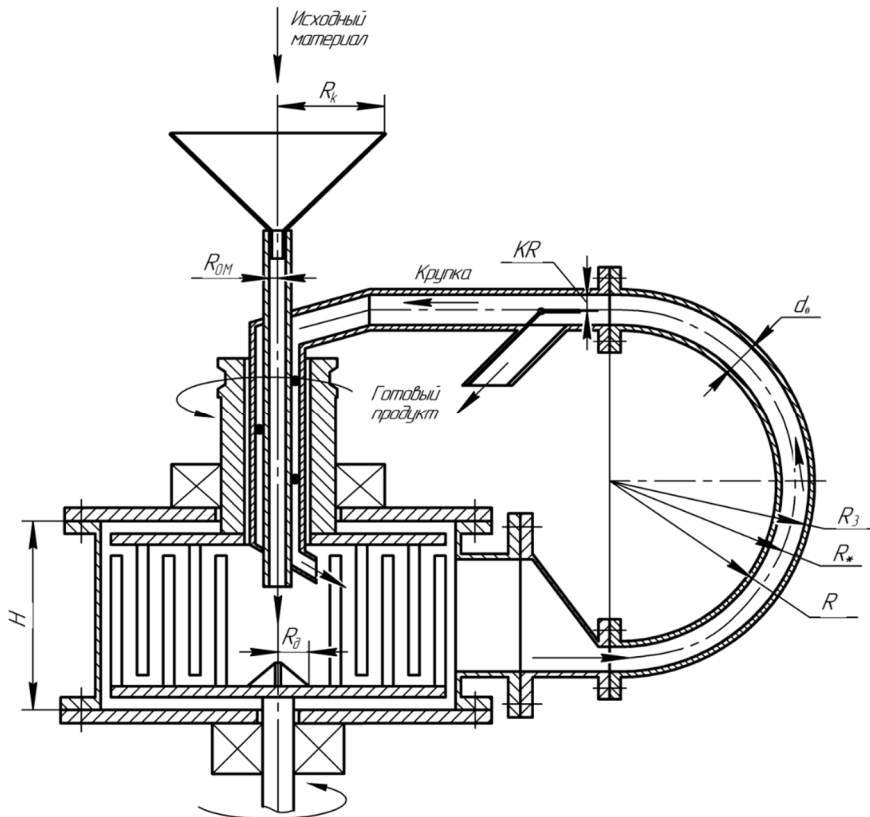


Рис. 1. Расчетная схема для определения конструктивных параметров загрузочного узла дезинтегратора с патрубком рецикла материала

Если учесть, что:

$$\frac{dr}{dt} = v_r, \quad (6)$$

$$\frac{m v_\phi^2}{r} = 3\pi \mu d_r \cdot v_r \quad (7)$$

$$m = \frac{\pi d_r^3}{6} \cdot \rho, \quad (8)$$

$$v_\phi \approx u_\phi = \sqrt{u_0^2 - 2Rg(1 + \sin \phi)}. \quad (9)$$

На основании (7) с учетом (6), (8) и (9) находим:

$$v_r = \frac{\rho d_r^2 (u_0^2 - 2Rg \sin \phi)}{18\mu \cdot r}, \quad (10)$$

где μ – динамическая вязкость воздуха; ϕ, r – полярные координаты в плоскости патрубка рецикла; v_ϕ – скорость частиц материала в патрубке рецикла; u_0 – скорость воздуха в патрубке рецикла; ρ – плотность частицы материала; d_r – диаметр частиц материала; R – внутренний радиус кривизны патрубка рецикла.

Подстановка (6) с учетом (10) в (5) приводит к следующему результату:

$$Q_{кр} = \frac{d_0 \cdot \rho \cdot d_r^2}{18\mu} \int_{-\pi/2}^{\pi/2} d\phi \int_{KR}^{R_*} \left(\gamma_K \cdot \frac{u_0^2 - 2gR(1 + \sin \phi)}{r} + 2 \cdot \frac{\gamma_{кр} - \gamma_K}{R_* - R_3} \cdot (u_0^2 - 2Rg(1 + \sin \phi)) - \frac{\gamma_{кр} - \gamma_K}{R_* - R_3} \cdot R_3 \cdot \frac{u_0^2 - 2gR(1 + \sin \phi)}{r} \right) dr. \quad (11)$$

Вычисление интеграла (11) приводит к следующему результату:

$$Q_{кр} = \frac{\pi \cdot d_0 \cdot \rho \cdot d_r^2 (u_0^2 - 2Rg)}{18\mu} \left[\left(\gamma_{кр} - \frac{\gamma_{кр} - \gamma_{кр}}{R_* - R_3} R_3 \right) \ln \frac{R_*}{R_{кр}} + 2 \frac{R_* - R_{кр}}{R_* - R_3} (\gamma_{кр} - \gamma_{кр}) \right]. \quad (12)$$

Для сбалансированной работы дезинтегратора с рециклом крупнодисперсного материала

необходимо, чтобы выполнялось следующее соотношение:

$$\frac{2\pi H \omega \cdot R_{кр}^2}{(R_{кр} - R_{д})f} \left[\frac{\gamma_{кр} - \gamma_0}{3} R_{кр} + \frac{\gamma_0 R_{д} - \gamma_{кр} R_{д}}{4} \right] + \frac{\pi \cdot d_0 \cdot \rho \cdot d_r^2 (u_0^2 - 2Rg)}{18\mu} \cdot \left[\left(\gamma_{кр} - \frac{\gamma_{кр} - \gamma_{кр}}{R_* - R_3} R_3 \right) \ln \frac{R_*}{R_{кр}} + 2 \frac{R_* - R_{кр}}{R_* - R_3} (\gamma_{кр} - \gamma_{кр}) \right] = \pi \gamma_0 R_{ом}^2 \sqrt{\frac{g R_{ом}}{2t g a^2}}, \quad (13)$$

где $R_{ом}$ – измененный радиус выпускной трубы бункера при неизменном угле наклонных стенок, обеспечивающий согласованную работу загрузочного бункера с патрубком рецикла.

Отношение (12) к (13) позволяет получить выражение:

$$\frac{R_{ом}^{5/2}}{R_{ом}^{5/2}} = \frac{\frac{2\pi H \omega \cdot R_{кр}^2}{(R_{кр} - R_{д})f} \left(\frac{\gamma_{кр} - \gamma_0}{3} R_{кр} + \frac{\gamma_0 R_{д} - \gamma_{кр} R_{д}}{4} \right)}{\left\{ \frac{2\pi H \omega \cdot R_{кр}^2}{(R_{кр} - R_{д})f} \left(\frac{\gamma_{кр} - \gamma_0}{3} R_{кр} + \frac{\gamma_0 R_{д} - \gamma_{кр} R_{д}}{4} \right) + \frac{\pi \cdot d_0 \cdot \rho \cdot d_r^2 (u_0^2 - 2Rg)}{18\mu} \left[\left(\gamma_{кр} - \frac{\gamma_{кр} - \gamma_{кр}}{R_* - R_3} R_3 \right) \ln \frac{R_*}{R_{кр}} + 2 \frac{R_* - R_{кр}}{R_* - R_3} (\gamma_{кр} - \gamma_{кр}) \right] \right\}}. \quad (14)$$

Таким образом, полученное соотношение (14) позволяет рассчитать радиус трубы модернизированного питателя исходя из конструктивных и технологических параметров дезинтегратора с патрубком рецикла материала. Построим

графическую зависимость соотношения радиусов выпускного отверстия питателя в дезинтеграторе традиционной схемы работы и с патрубком рецикла от радиуса кривизны патрубка рецикла и его диаметра (рис. 2).

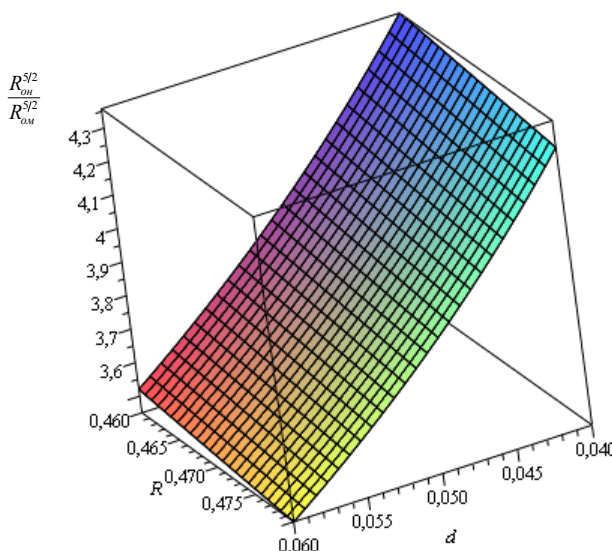


Рис. 2. Зависимость соотношения радиусов выпускного отверстия питателя в дезинтеграторе традиционной схемы работы и с патрубком рецикла от радиуса кривизны патрубка рецикла и его диаметра

Из представленной графической зависимости можно сделать вывод, что с увеличением радиуса кривизны патрубка рецикла и его диаметра соотношение радиусов выпускного отверстия питателя до ввода патрубка рецикла к измененному радиусу уменьшается.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Богданов В.С, Семикопенко И.А., Воронов В.П. Дезинтеграторы. 2015, 250 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., Клочков Н.В., Пискунов А.В. Методика расчета расхода воздуха в центробежно-ударной мельнице. Известия ВУЗов. Химия и химическая технология. 1982. №2. 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 ноябре 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*

THE DESIGN PARAMETERS OF A BOOT NODE OF THE DISINTEGRATOR AT INSTALLATION OF PIPE RECYCLE MATERIAL

Abstract. *Currently, disintegrators are equipment used for grinding, mixing and activation of a number of materials. The possibility of obtaining a grinding product with a given granulometric composition is one of the advantages of disintegrators. An experimental unit with a recycling pipe is created to obtain a narrow granulometric composition of the grinding product. It provides unloading of the finished product and returning the grits for additional grinding to the chamber. The branch pipe of the recycle is a rubber-fabric pipe of circular cross-section with a radius of curvature, which ensures the movement of a two-phase medium from the discharge zone to the loading part of the disintegrator. When performing theoretical studies of the grinding process, it is necessary to coordinate the throughput of the loading unit and the node of the disintegrator recycle. In addition, the mass flow rate of the material through the feeder and the mass flow rate of the material (throughput) passing through the rows of percussion elements must be the same for the balanced operation of the disintegrator and the feeder. The mass flow capacity of the coarse material moving in the recycling pipe is determined based on the assumption of the linear nature of the change in bulk density when the material moves inside the recycling pipe. In result of theoretical researches, the analytical expression is received allowing to define a radius of a pipe of the modernized feeder proceeding from constructive and technological parameters of a disintegrator with a branch pipe of a recycle. A calculation scheme for determining the radius of the pipe of an improved disintegrator is presented. The analysis of obtained analytical expression allows to conclude that the radius of the pipe of the modernized unit is associated with the design and technological parameters of the disintegrator.*

Keywords: *disintegrator, recycling pipe, material.*

REFERENCES

1. Bogdanov V.S., Semikopenko I.A., Voronov V.P. Disintegrators [*Dezintegratory*]. Monograph, 2015, 250 p. (rus)
2. Semikopenko I.A., Voronov V.P., Smirnov D.V. Mathematical description of the motion of a viscous medium in the disintegrator return pipe [*Matematicheskoe opisaniye dvizheniya vyazkoj sredy v patrubke vozvrata dezintegratora*]. Bulletin of BSTU named after V.G. Shukhov. 2014. No. 5. Pp. 113–117. (rus)
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 [*Metodika rascheta raskhoda vozduha v centrobezhno-udarnoj mel'nice*]. Chemistry and Chemical Technology. 1982. No. 2. Pp. 230–232. (rus)
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 [*Raschet ob"emnogo raskhoda materiala cherez zagruzochnyj bunker dezintegratora*]. Bulletin of BSTU named after V.G. Shukhov. 2015. No. 1. Pp. 68–70. (rus)

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 November 2018

Для цитирования:

Семикопенко И.А., Воронов В.П., Смирнов Д.В. Расчет конструктивных параметров загрузочного узла дезинтегратора при установке патрубка рецикла материала // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2019. № 5. С. 165–169. DOI: 10.34031/article_5cd6df492da642.78472895

For citation:

Semikopenko I.A., Voronov V.P., Smirnov D.V. The design parameters of a boot node of the disintegrator at installation of pipe recycle material. Bulletin of BSTU named after V.G. Shukhov. 2019. No. 5. Pp. 165–169. DOI: 10.34031/article_5cd6df492da642.78472895