

Семикопенко И.А., канд. техн. наук, доц.,
Воронов В.П., канд. физ.-мат. наук, проф.,
Вялых С.В., аспирант,
Маняхин А.С., магистрант

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова

К ВОПРОСУ О ПРОПУСКНОЙ СПОСОБНОСТИ УЗЛА ПРЕДВАРИТЕЛЬНОГО ИЗМЕЛЬЧЕНИЯ И КЛАССИФИКАЦИИ МАТЕРИАЛА В ДЕЗИНТЕГРАТОРЕ

semikopenko.ia@bstu.ru

Одним из недостатков работы дезинтеграторов является незначительное количество соударений частиц материала в камере помола. В связи с этим была создана дезинтеграторная установка, в которой осуществляется предварительное измельчение материала при его загрузке в камеру помола. Наряду с измельчением в зоне загрузки осуществляется непрерывный отвод части измельченного материала. В данной статье получено аналитическое выражение, позволяющее определить пропускную способность узла предварительного измельчения и классификации материала в дезинтеграторе. Представлена схема для определения пропускной способности данного узла с учетом непрерывного отвода мелких частиц через призматические каналы верхней ступени многоступенчатого корпуса. Анализ полученных соотношений позволяет сделать вывод о том, что пропускная способность узла предварительного измельчения и классификации материала и количество отделяемого продукта зависят от геометрических и технологических параметров.

Ключевые слова: многоступенчатый корпус, узел, частица, пропускная способность.

Дезинтеграторы в настоящее время являются перспективным оборудованием для помола, смешения и активации мягких материалов средней прочности [1]. Одним из недостатков дезинтеграторов является незначительное количество соударений частиц материала в камере помола и пропускная способность ударных элементов внутреннего ряда. В связи с этим авторами была создана экспериментальная установка с узлом предварительного измельчения и классификации материала (рис. 1).

Данный узел представляет собой вращающиеся в противоположных направлениях многоступенчатый ротор 14 с ударными билами, жестко закрепленный на нижнем горизонтальном диске 9 (рис. 2) и закрепленный на верхнем горизонтальном диске 6 многоступенчатый корпус 15 с отражательной поверхностью, которая включает вертикальные призматические каналы 16 для отвода предварительно измельченного материала [2]. Дезинтегратор работает следующим образом. Исходный материал через загрузочный бункер 3 поступает в проточную зону между внешней поверхностью многоступенчатого ротора 14 и внутренней поверхностью многоступенчатого корпуса 15. Здесь частицы материала посредством ударных бил многоступенчатого ротора 14 направляются на отражательную поверхность каждой ступени многоступенчатого корпуса 15, в результате чего осуществляется их предварительное измельчение.

Мелкие частицы проходят через сквозные призматические каналы 16 и направляются в верхнюю часть ударных элементов 7. Остальной материал, пройдя через проточную зону, с помощью разбрасывающих лопаток 17 направляются в нижнюю часть ударных элементов 12. При движении материала в зоне действия ударных элементов 7 и 12 происходит его окончательный помол. При рассмотрении пропускной способности узла предварительного измельчения материала сделаем следующее допущение: частицы материала равномерно распределяются по всей длине ударных бил многоступенчатого ротора 14 за время его полного оборота.

Время загрузки материала за один полный оборот многоступенчатого ротора:

$$T = \frac{1}{n}, \quad (1)$$

где n – частота вращения нижнего горизонтального диска, с^{-1} .

Скорость загрузки (поступления) материала на верхнюю ступень многоступенчатого ротора определяется следующим соотношением:

$$Q_1 = \sqrt{2gH_1}, \quad (2)$$

здесь g – ускорение свободного падения; H_1 – высота патрубка загрузочного бункера.

Длина цепочки частиц материала, захватываемого каждым ударным билом верхней ступени за время одного полного оборота на основании (1) и (2) определяется соотношением:

$$l_1 = T \cdot g_1 = \frac{\sqrt{2 \cdot g \cdot H_1}}{n} \quad (3)$$

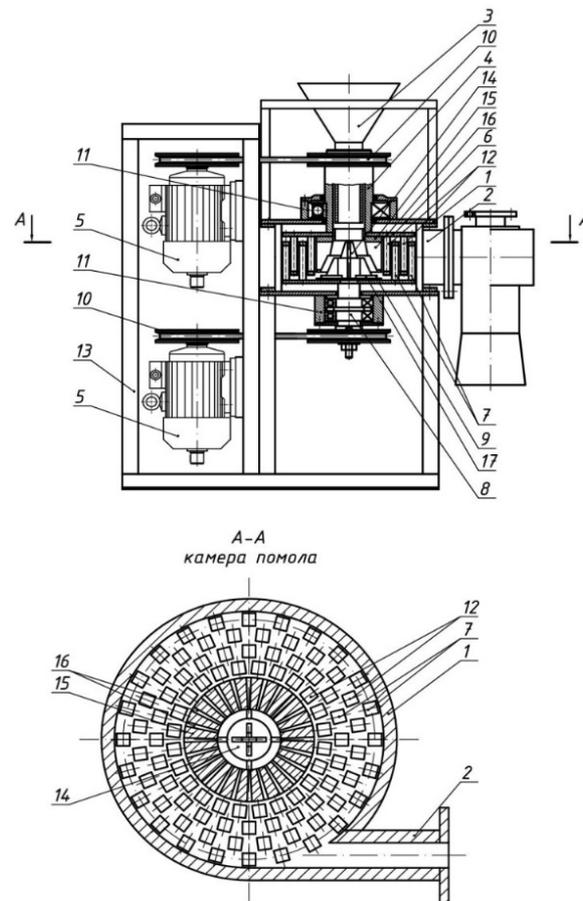


Рис. 1. Дезинтегратор с узлом предварительного измельчения и классификации материала:
 1 – цилиндрический корпус; 2 – тангенциальный разгрузочный патрубок; 3 – загрузочный бункер;
 4 – осевой загрузочный патрубок; 5 – электродвигатели; 6 – верхний горизонтальный диск;
 7 – ударные элементы нижнего горизонтального диска; 8 – вал; 9 – нижний горизонтальный диск;
 10 – клиноременная передача; 11 – подшипниковый узел;
 12 – ударные элементы верхнего горизонтального диска; 13 – рама; 14 – многоступенчатый ротор;
 15 – многоступенчатый корпус; 16 – призматические каналы;
 17 – разбрасывающие лопатки многоступенчатого ротора

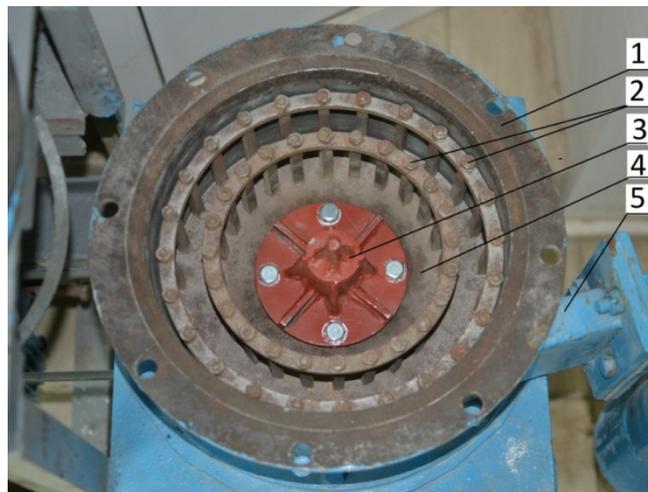


Рис. 2. Многоступенчатый ротор с ударными билами:
 1 – цилиндрический корпус; 2 – ряды ударных элементов нижнего горизонтального диска;
 3 – многоступенчатый ротор; 4 – тангенциальный разгрузочный патрубок.

Объем материала V_1 , перемещаемый всеми ударными билами количеством k_1 верхней ступени определяется следующим выражением:

$$V_1 = l_1 \cdot h_1 \cdot S_1 \cdot k_1, \quad (4)$$

здесь S_1 – длина ударных бил верхней ступени узла предварительного измельчения и классификации; h_1 – высота ударных бил верхней ступени узла предварительного измельчения и классификации.

С учетом выражения (3) соотношение (4) принимает вид:

$$V_1 = \frac{\sqrt{2 \cdot g \cdot H_1}}{n} \cdot h_1 \cdot S_1 \cdot k_1 \quad (5)$$

Для согласованной пропускной способности ударных бил верхней ступени рассматриваемого узла и подачи материала из загрузочного бункера необходимо выполнение следующего равенства:

$$\frac{\sqrt{2 \cdot g \cdot H_1}}{n} \cdot h_1 \cdot S_1 \cdot k_1 = \frac{\pi \cdot D^2}{4} \cdot \sqrt{\frac{D \cdot g}{2 \cdot \operatorname{tg} \alpha}} \cdot \frac{1}{n}, \quad (6)$$

где D – диаметр загрузочного патрубка, величина которого совпадает с диаметром его выпускного отверстия; α – угол наклона стенок конического загрузочного бункера к вертикали.

Выражение (6) в правой части представляет собой величину объема материала, проходящего через выпускное отверстие диаметром D конического бункера за время одного полного оборота. Величину данного объема находим согласно работе [3].

На основании (6) находим:

$$\sqrt{\operatorname{tg} \alpha} = \frac{\pi}{8} \cdot \frac{D^2}{S_1 \cdot h_1 \cdot k_1} \cdot \sqrt{\frac{D}{H_1}}. \quad (7)$$

Полученное соотношение (7) устанавливает взаимосвязь между конструктивными параметрами конического загрузочного бункера и параметрами ударных бил верхней ступени узла предварительного измельчения и классификации.

Длина цепочки материала, захватываемого каждым ударным билом нижней ступени, за время одного полного оборота равна:

$$l_2 = T \cdot \mathcal{G}_2, \quad (8)$$

где \mathcal{G}_2 – скорость поступления материала на ударные била нижней ступени узла предварительного измельчения и классификации.

Величину скорости \mathcal{G}_2 можно принять равной [4]:

$$\mathcal{G}_2 = \sqrt{2 \cdot g \cdot H_2}, \quad (9)$$

$$\frac{\sqrt{2 \cdot g \cdot H_1}}{n} \cdot h_1 \cdot S_1 \cdot k_1 = \frac{\sqrt{2 \cdot g \cdot H_2}}{n} \cdot h_2 \cdot S_2 \cdot k_2 + \frac{k_3 \cdot \Delta}{\pi \cdot (R_1 + R_2) \cdot L} \cdot V_0. \quad (15)$$

здесь H_2 – расстояние между верхней и нижней ступенями ударных бил узла предварительного измельчения и классификации.

С учетом (9) и (1) формула (8) принимает вид:

$$l_2 = \frac{\sqrt{2 \cdot g \cdot H_2}}{n}. \quad (10)$$

Объем материала, перемещаемого всеми k_2 ударными билами нижней ступени узла предварительного измельчения и классификации за время одного полного оборота равен:

$$V_2 = \frac{\sqrt{2 \cdot g \cdot H_2}}{n} \cdot h_2 \cdot S_2 \cdot k_2, \quad (11)$$

где h_2 и S_2 – соответственно высота и длина ударного била нижней ступени данного узла; k_2 – количество ударных бил нижней ступени данного узла.

В связи с наличием в верхней ступени многоступенчатого корпуса узла предварительного измельчения и классификации сквозных призматических каналов с объемом V_0 каждого через данные призматические каналы материал поступает на второй ряд ударных элементов камеры помола.

Далее будем предполагать, что объем материала, поступающий через призматические каналы верхней ступени многоступенчатого корпуса пропорционален суммарному объему всех призматических каналов с коэффициентом пропорциональности α , равным:

$$\alpha = \frac{k_3 \cdot \Delta}{S_0}, \quad (12)$$

здесь k_3 – количество призматических каналов; Δ – площадь поверхности меньшего основания одного призматического канала; S_0 – площадь внутренней поверхности верхней ступени многоступенчатого корпуса, равная:

$$S_0 = \pi \cdot (R_1 + R_2) \cdot L, \quad (13)$$

где R_1 и R_2 – соответственно радиусы верхнего и нижнего оснований верхней ступени многоступенчатого корпуса; L – длина образующей конической поверхности верхней ступени многоступенчатого корпуса.

На основании изложенного выше уравнение баланса пропускной способности узла предварительного измельчения имеет следующий вид:

$$V_1 = V_2 + \alpha \cdot k_3 \cdot V_0. \quad (14)$$

С учетом (5), (11), (12) и (13) уравнение (14) принимает вид:

Разрешая уравнение (15) относительно величины V_0 , находим:

$$V_0 = \frac{\pi(R_1 + R_2) \cdot L \cdot \sqrt{2 \cdot g}}{k_3 \cdot \Delta \cdot n} \cdot (h_1 \cdot S_1 \cdot k_1 \cdot \sqrt{H_1} - h_2 \cdot S_2 \cdot k_2 \cdot \sqrt{H_2}). \quad (16)$$

Таким образом, полученные соотношения (5), (11), (14) и (16) позволяют определить пропускную способность проточной зоны между многоступенчатым корпусом и многоступенчатым ротором узла предварительного измельчения и классификации материала в дезинтеграторе с учетом непрерывного отвода частиц через призматические каналы верхней и нижней ступени многоступенчатого корпуса.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Хинт И.А. Основы производства силикалитных изделий. М.: Стройиздат. 1962. 636

Информация об авторах

Семикопенко Игорь Александрович, кандидат технических наук, доцент кафедры механического оборудования.

E-mail: semickopencko.i@yandex.ru, semickopencko.ia@bstu.ru

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова.

Адрес: 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.

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

Вялых Сергей Владимирович, аспирант, кафедра механического оборудования.

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова.

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

Маняхин Алексей Степанович, магистрант, кафедра механического оборудования.

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова.

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

Поступила в январе 2018 г.

© Семикопенко И.А., Воронов В.П., Вялых С.В., Маняхин А.С., 2018

I.A. Semikopenko, V.P. Voronov, S.V. Vyalykh, A.S. Manyakhin ON THE QUESTION OF THE CAPACITY OF PRELIMINARY MILLING AND MATERIAL CLASSIFICATION UNIT IN A DISINTEGRATOR

One of the drawbacks of the work of disintegrators is the insufficient number of collisions of material particles in the chamber. In this regard, a disintegrator unit was created in which the material is pre-grinded before it is loaded into the grinding chamber. Along with grinding in the loading area, part of the ground material is continuously removed. In this paper we obtain an analytical expression that allows us determining the capacity of the pre-grinding unit and the material classification in the disintegrator. A scheme for determining the capacity of a given node is presented, with account of the continuous removal of small particles through the prismatic channels in the upper stage of the multi-stage housing. Analysis of the obtained correlation allows us making a conclusion that the capacity of the pre-grinding and material classification unit and the amount of the removed product depends on its geometric and technological parameters.

Keywords: multi-stage case, unit, particle, capacity

REFERENCE

1. Hint I.A. Basics of production of silicalcitic products. Moscow: Stroyizdat. 1962, 636 p.
2. The patent of the Russian Federation № 2637216 The disintegrator. Semikopenko I.A., Vyalykh S.V., Gorban T.L., Belyaev D.A. Opubl. 12/01/17. Bull, no.34.
3. Semikopenko I.A., Voronov V.P., Vyalykh S.V. A mathematical description of the process of preliminary destruction of material in the shock-reflective assembly of the disintegrator // Vestnik IrSTU, 2014, no 10, pp. 139–142.
4. Sivukhin D.V. General course of physics. T.1. Mechanics. 4 edition, Moscow: FIZMATLIT, publishing house of MIPT, 2005. 560 p.

Information about the author

Igor A. Semikopenko, PhD, Assistant professor.

E-mail: semickopenko.i@yandex.ru

Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhov.

Russia, 308012, Belgorod, st. Kostyukova, 46.

Vitaly P. Voronov, PhD, Assistant professor.

Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhov.

Russia, 308012, Belgorod, st. Kostyukova, 46.

Sergey V. Vyalykh, Research assistant.

Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhov.

Russia, 308012, Belgorod, st. Kostyukova, 46.

Alexey S. Manyakhin, graduate student.

Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhov.

Russia, 308012, Belgorod, st. Kostyukova, 46.

Received in January 2018