

Семикопенко И.А., канд. техн. наук, проф.,
Воронов В.П., канд. физ.-мат. наук, проф.,
Жуков А.А., аспирант

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова

К ВОПРОСУ О ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ СМЕСИТЕЛЬНОГО АГРЕГАТА НА БАЗЕ МЕЛЬНИЦЫ ДЕЗИНТЕГРАТОРНОГО ТИПА

olimp69@narod.ru

В данной статье дано математическое описание движения частицы материала в смесительном агрегате дезинтеграторного типа. Представлена расчетная схема для определения пропускной способности основных узлов смесительного агрегата. Получено аналитическое выражение, позволяющее определить производительность смесительного агрегата в зависимости от его конструктивно-технологических параметров.

Ключевые слова: агрегат, частица, производительность, ротор.

Производительность смесительного агрегата на базе мельницы дезинтеграторного типа зависит как от конструктивных, так и от технологических параметров работы различных узлов.

Рассмотрим пропускную способность узлов смесительного агрегата, представленного схематически на рис. 1 [1].

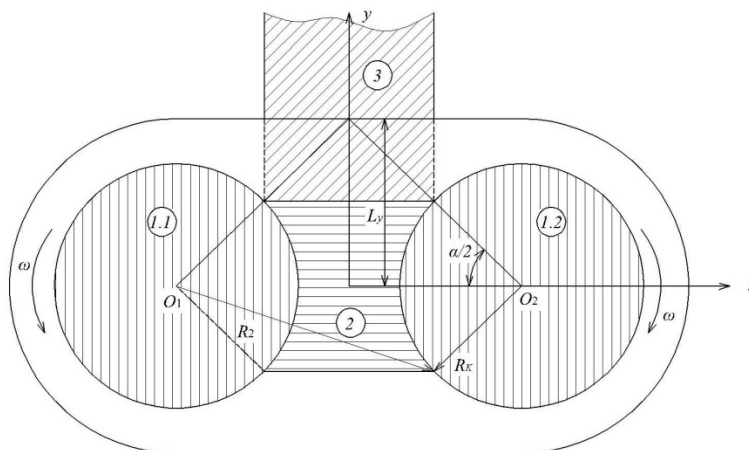


Рис. 1. Расчетная схема для определения пропускной способности узлов смесительного агрегата на базе мельницы дезинтеграторного типа

Для этого разобьем траекторию движения материала от места загрузки в точках O_1 и O_2 до разгрузочного отверстия на следующие зоны по своей пропускной способности: зона 1.1 от места загрузки O_1 до внешнего ряда ударных элементов левого ротора с радиусом R_p ; зона 1.2 от места загрузки O_2 до внешнего ряда ударных элементов правого ротора с радиусом R_p ; зона 2 определяется размерами слияния потоков частиц материала, поступающих с левого и правого роторов; зона 3 определяется площадью выходного отверстия.

Массовая пропускная способность загрузочных патрубков на левый и правый роторы определяется из следующих выражений:

$$Q_{01} = \frac{\gamma_{01} \cdot V_{01}}{t}, \quad (1)$$

$$Q_{02} = \frac{\gamma_{02} \cdot V_{02}}{t}, \quad (2)$$

где Q_{01} – массовая пропускная способность левого загрузочного патрубка; Q_{02} – массовая пропускная способность правого загрузочного патрубка; γ_{01} – насыпная плотность материала, подаваемого в левый загрузочный патрубок; γ_{02} – насыпная плотность материала, подаваемого в правый загрузочный патрубок; t – время, в течение которого левый и правый роторы совершат поворот на угол α , которое определяется соотношением:

$$t = \frac{\alpha}{\omega}, \quad (3)$$

где ω – частота вращения роторов, а угол α на основании расчетной схемы на рисунке 1 равен:

$$\alpha = 2 \arctg \frac{L_y}{R_K + \frac{\Delta}{2}} \quad (4)$$

Найдем величину объема, который занимают частицы материала при их движении через ряды ударных элементов. На основании расчетной схемы, представленной на рисунке 2, найдем:

$$V_{11} = V_{12} = \int_0^h dz \int_0^{R_K} r dr \int_0^{\varphi_K} d\varphi, \quad (5)$$

где V_{11} и V_{12} – объемы, которые занимают частицы материала при их движении через ряды ударных элементов, расположенных соответственно с левой и правой сторон.

Связь между углом поворота φ_K и временем прохождения рядов ударных элементов t_K задается соотношением:

$$\varphi_K = \omega \cdot t_K. \quad (6)$$

Вычисление (5) с учетом (6) приводит к следующему результату:

$$V_{11} = V_{12} = \frac{R_K^2}{2} h \omega \cdot t_K, \quad (7)$$

где

$$t_K = \sum_{i=1}^z t_i, \quad (8)$$

здесь z – число рядов ударных элементов; t_i – время прохождения; i – того ряда ударных элементов, равно:

$$t_i = \frac{l_i}{g_i}, \quad (9)$$

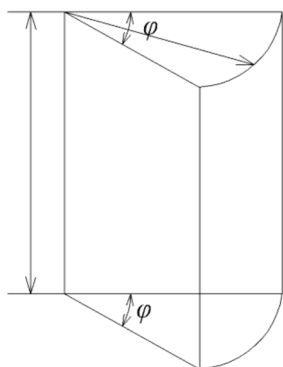


Рис. 2. Расчетная схема для определения величины объема, который занимают частицы материала в результате прохождения рядов ударных элементов

Согласно результату работы [2], радиальная скорость движения частиц материала вдоль поверхности l_i ударных элементов равна:

$$g_i = \frac{\omega \cdot \rho_i}{2f}, \quad (10)$$

где f – коэффициент трения частиц материала по поверхности ударного элемента; ρ_i – расстояние, начиная с которого частицы материала движутся по поверхности ударного элемента. Величину данного расстояния можно принять равной:

$$\rho_i \cong \frac{l_i}{2}. \quad (11)$$

Выражение (8) с учетом (9) – (11) приводит к следующему соотношению:

$$t_K = \frac{4f}{\omega} z. \quad (12)$$

В случае загрузки различных по своим свойствам частиц материала на левый и правый роторы выражение (7) преобразуется следующим образом:

$$V_{11} = \frac{R_K^2}{2} h \cdot \omega \frac{4f_1}{\omega} z = 2f_1 R_K^2 h \cdot z, \quad (13)$$

$$V_{12} = 2f_2 R_K^2 h \cdot z, \quad (14)$$

где f_1 и f_2 – коэффициенты трения частиц материала по ударным элементам левого и правого роторов соответственно.

На основании равенства величин (3) и (12) определяем

$$z = \frac{\alpha}{4\bar{f}}, \quad (15)$$

где \bar{f} – среднее значение коэффициента трения:

$$\bar{f} = \frac{f_1 + f_2}{2}.$$

При равенстве времен (3) и (12) пропускная способность левых и правых рядов ударных элементов соответственно равны:

$$Q_{11} = Q_{01} = \frac{\gamma_{01} \cdot V_{01}}{\alpha} \omega, \quad (16)$$

$$Q_{12} = Q_{02} = \frac{\gamma_{02} \cdot V_{02}}{\alpha} \omega, \quad (17)$$

Расход материала, проходящего через зону 2 Q_2 на основании соотношений (16) и (17) будет определяться следующим выражением:

$$Q_2 = Q_{11} + Q_{12} = \frac{(\gamma_{01} \cdot V_{01} + \gamma_{02} \cdot V_{02}) \omega}{\alpha}. \quad (18)$$

Согласно формуле (18) плотность частиц материала в зоне 2 γ_2 определяется соотношением вида:

$$\gamma_2 = \frac{(\gamma_{01} \cdot V_{01} + \gamma_{02} \cdot V_{02})}{V_2}, \quad (19)$$

где V_2 – объем зоны 2, равный:

$$V_2 = S_2(\alpha)h. \quad (20)$$

Согласно результату работы [3], площадь поперечного сечения зоны 2 равна:

$$S_2(\alpha) = R_K^2 \left[2 \left(2 + \frac{\Delta}{R_K} \right) \sin \frac{\alpha}{2} - \alpha - \sin \alpha \right]. \quad (21)$$

С учетом (20) и (21) соотношение (19) приводится к следующему виду:

$$Q_{01} = \frac{\gamma_{01} \cdot V_{01}}{t}, \quad (22)$$

Плотность частиц материала в зоне 1.1 γ_{11} и в зоне 1.2 γ_{12} будут определяться следующими соотношениями:

$$\gamma_{11} = \frac{\gamma_{01} \cdot V_{01}}{V_{11}} = \frac{\gamma_{01} \cdot V_{01}}{2f_1 R_K^2 h \cdot z}, \quad (23)$$

$$\gamma_{12} = \frac{\gamma_{02} \cdot V_{02}}{V_{12}} = \frac{\gamma_{02} \cdot V_{02}}{2f_2 R_K^2 h \cdot z}. \quad (24)$$

Плотность частиц материала в зоне 3 определяется следующим выражением:

$$\gamma_3 = \frac{\gamma_{01} \cdot V_{01} + \gamma_{02} \cdot V_{02}}{S_{\text{вых}} (L_y - R_K)}. \quad (25)$$

Производительность рассматриваемого смесительного агрегата Q_3 будет определяться массовым выходом материала через площадь $S_{\text{вых}}$ выходного отверстия в единицу времени:

$$Q_3 = \gamma_3 S_{\text{вых}} \mathcal{G}_y, \quad (26)$$

если учесть, что величину \mathcal{G}_y можно определить на основании соотношения:

$$\mathcal{G}_y = \omega \left(R_K + \frac{\Delta}{2} \right). \quad (27)$$

С учетом (25) и (27) величина Q_3 окончательно принимает вид:

$$Q_3 = \frac{(\gamma_{01} \cdot V_{01} + \gamma_{02} \cdot V_{02})}{(L_y - R_K)} \omega \cdot \left(R_K + \frac{\Delta}{2} \right). \quad (28)$$

Таким образом, производительность смесительного агрегата на базе мельницы дезинтеграторного типа зависит от массы материала, поступающего в агрегат, частоты вращения роторов и радиуса внешнего ряда ударных элементов.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Семикопенко И.А., Воронов В.П., Вялых С.В., Жуков А.А. Агрегат дезинтеграторного типа с внутренней классификацией материала // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2013. № 3. С. 74–76.
2. 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. 2008. № 11–12. С. 93–96.
3. Семикопенко И.А., Воронов В.П., Вялых С.В., Жуков А.А. Теоретическое исследование процесса смешивания компонентов в помольно-смесительном агрегате на базе мельницы дезинтеграторного типа // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2014. №2. С. 78–79.

Semikopenko I.A., Voronov V.P., Zhukov A.A.

TO A QUESTION ABOUT THE PRODUCTIVITY OF THE MIXING UNIT ON THE BASIS OF A MILL-TYPE DISINTEGRATING

In this article given the mathematical description of the motion of the material particles in a mixing unit type Disintegrator. Presented the calculated scheme to determine the capacity of the basic units of the mixing unit. An analytical expression allowed to determine the productivity of the mixing unit, depending on its design and technological parameters.

Key words: aggregate particle productivity rotor.

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

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

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

E-mail: v.s_bogdanov@mail.ru

Воронов Виталий Павлович, кандидат физико-математических наук, профессор кафедры механического оборудования.

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

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

E-mail: v.s_bogdanov@mail.ru

Жуков Александр Александрович, аспирант кафедры механического оборудования.

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

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