

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

## ОПРЕДЕЛЕНИЕ МОЩНОСТИ, ЗАТРАЧИВАЕМОЙ НА ИЗМЕЛЬЧЕНИЕ МАТЕРИАЛА В АГРЕГАТЕ ДЕЗИНТЕГРАТОРНОГО ТИПА С УЧЕТОМ ВЗАИМНОГО ВЛИЯНИЯ ВСТРЕЧНЫХ ДВУХФАЗНЫХ ПОТОКОВ

zhukovbeetle@mail.ru

В данной статье приводится расчет энергетических затрат в агрегате дезинтеграторного типа с учетом влияния встречных потоков в зоне активного взаимодействия роторов. В расчете учтены энергозатраты на образование застойной зоны при взаимодействии встречных лобовых двухфазных потоков. Получено соотношение, определяющее суммарные затраты мощности в агрегате дезинтеграторного типа.

**Ключевые слова:** мощность, мельница, взаимодействие.

Дезинтеграторы являются одним из основных видов помольного оборудования, обеспечивающего получение готового продукта с заданным гранулометрическим составом [1].

Мощность, потребляемая агрегатом дезинтеграторного типа (рис. 1), расходуется на соударение рабочей поверхности ударных элементов с частицами материала; на преодоление сил

трения частиц о рабочую поверхность ударных элементов; на работу роторов агрегата как вентиляторов; на преодоление сопротивления трения в подшипниковых опорах роторов и на взаимодействие встречных двухфазных потоков:

$$P = 2P_{y\partial} + P_{np} + 2P_{подш} + 2P_{вент} + P_{встр}$$

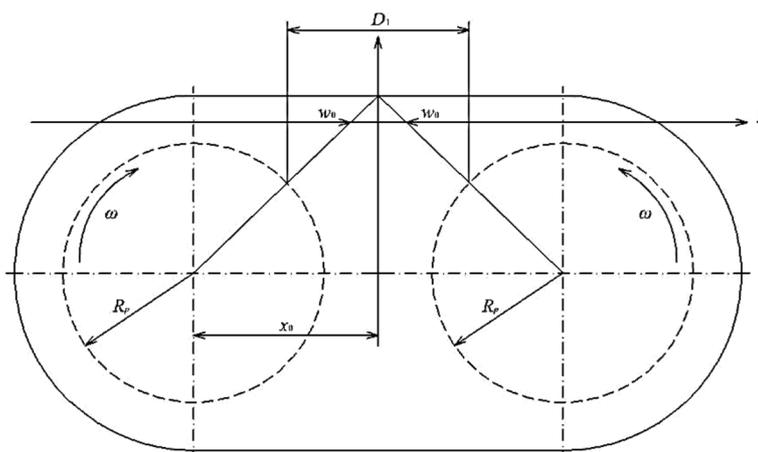


Рис. 1. Расчетная схема взаимодействия встречных двухфазных потоков

Мощность, которая необходима на разрушение частиц материала, проходящих через ряды ударных элементов каждого из роторов, входящих в состав рассматриваемого агрегата, определяется соотношением:

$$E_{y\partial} = \sum_{n=1}^z E_n, \quad (1)$$

где  $z$  – число рядов ударных элементов каждого ротора;  $E_n$  – энергия, необходимая для разрушения частиц материала на « $n$ »-ряду ударных элементов, которая определяется следующим выражением:

$$E_n = \frac{\pi \sigma_n^2 d_n^3}{12E}, \quad (2)$$

здесь  $\sigma_n$  – напряжение, при котором происходит разрушение частиц материала диаметром  $d_n$  на « $n$ »-ряду ротора;  $E$  – модуль Юнга материала.

На основании (1) с учетом (2) мощность, которую необходимо затратить на разрушение материала в рассматриваемом агрегате ударом, определяется следующим соотношением:

$$P_{y\partial} = E_{y\partial} \omega = \frac{\pi \omega}{12E} \sum_{n=1}^z \sigma_n^2 d_n^3, \quad (3)$$

где  $\omega$  – частота вращения каждого ротора.

Центробежная сила, действующая на материал при его движении в междурядном пространстве роторов агрегата:

$$F_u = \frac{m g^2}{R_p}, \quad (4)$$

где  $R_p$  – радиус ротора;  $m$  – масса материала, поступающего через загрузочные патрубки на левую и правую пару роторов:

$$m = (Q_1 + Q_2)t, \quad (5)$$

где  $Q_1$  и  $Q_2$  – массовый расход материала через левый и правый загрузочные патрубки.

Если предположить, что материал находится в камерах помола агрегата с угловым размером участков не более  $\pi$ , тогда

$$t = \frac{\pi}{\omega}. \quad (6)$$

Сила трения, возникающая при движении частиц материала вдоль поверхности ударных элементов:

$$F_{mp} = \frac{m g^2}{R_p} f, \quad (7)$$

где  $f$  – коэффициент трения, примем  $f = 0,35$ .

Следовательно, работа по преодолению сил трения будет определяться следующим образом:

$$A_{mp} = F_{mp} R_p = \frac{(Q_1 + Q_2) f \pi}{\omega} g^2, \quad (8)$$

а мощность, затрачиваемая на преодоление сил трения

$$P_{mp} = A_{mp} \omega \cdot z_1, \quad (9)$$

где  $z_1$  – количество ударных элементов, находящихся в зоне помола.

Если исходить из предположения о постоянстве скорости движения частицы материала вдоль радиального направления в камере помола, тогда можно записать:

$$g = \frac{R_p}{t}. \quad (10)$$

С учетом (10), (9), (5) и (6) находим

$$P_{mp} = \frac{(Q_1 + Q_2) f \pi g^2 \omega \cdot z_1}{\omega} = \frac{(Q_1 + Q_2) f \pi \cdot z_1 R_p^2 \omega^2}{\pi^2} = \frac{f \cdot z_1}{\pi} (Q_1 + Q_2) R_p^2 \omega^2. \quad (11)$$

Мощность, затрачиваемая на преодоление сил трения в подшипниках валов роторов агрегата:

$$P_{подш} = G f_1 \pi d n, \quad (12)$$

где  $G$  – давление на подшипники от силы тяжести ротора, Н;  $f_1$  – приведенный коэффициент трения скольжения ( $f_1 = 0,004$ );  $d$  – диаметр вала, м;  $n$  – частота вращения ротора, с<sup>-1</sup>.

Расход мощности (Вт) на работу ротора как вентилятора[2]

$$P_{вент} = \frac{Q_1 H (1 + K_u \mu)}{\eta}, \quad (13)$$

где  $Q_1$  – количество воздуха, продуваемого через каждую пару роторов агрегата;  $H$  – напор, создаваемый ротором,  $H = 445$  мм.в. ст. (1 мм. в. ст. = 9,81 Н/м<sup>2</sup>);  $K_u$  – кратность циркуляций,  $K_u = 2$ ;  $\mu$  – концентрация пыли по готовому продукту, кг/кг;  $\eta$  – КПД ротора как вентилятора,  $\eta = 0,55$ .

Обычно принимают  $P_{вент} = 50$  % от мощности, потребляемой агрегатом.

На образование застойной зоны при взаимодействии встречных лобовых двухфазных потоков в агрегате расходуется энергия, равная:

$$E = \frac{M_0 w_0^2}{2}, \quad (14)$$

где  $M_0$  – масса частиц материала, кг;  $w_0$  – скорость двухфазного потока, м/с и расходуется мощность, определяемая соотношением:

$$P_{встр} = E \omega. \quad (15)$$

где  $\omega$  – угловая скорость вращения роторов.

Подстановка (16) в (15) приводит к следующему результату:

$$P_{встр} = \frac{M_0 w_0^2}{2} \omega. \quad (16)$$

где  $m_0$  – масса смеси воздуха и частиц в зоне взаимодействия встречных двухфазных потоков.

Массу частиц материала, находящегося во встречных двухфазных потоках, можно определить, воспользовавшись следующим уравнением [3]:

$$M_0 = \frac{\pi}{2} \psi \rho_1 D_1 d_0^2. \quad (17)$$

С учетом  $w_0 = \omega R_p$  и (14) окончательно приходим к следующему результату

$$P_{встр} = \frac{\pi}{4} \psi \rho_1 D_1 d_0^2 R_p \omega^3. \quad (18)$$

где  $\psi$  – коэффициент, равный 0,4;  $\rho_1$  – плотность двухфазного потока;  $D_1$  – размер области эффективного взаимодействия двухфазных потоков;  $d_0$  – диаметр частицы.

В случае образования застойной зоны («пробки») при лобовом взаимодействии двухфазных потоков мощность агрегата дезинтегра-

торного типа возрастает на величину, определяемую соотношением (18) и приобретает следующий вид:

$$P = E_{y0}\omega = \frac{\pi\omega}{6E} \sum_{n=1}^z \sigma_n^2 d_n^3 + \frac{f \cdot z_1}{\pi} (Q_1 + Q_2) R_p^2 \omega^2 + 2Gf_1 \pi d_n + \frac{2Q_1 H (1 + K_u \mu)}{\eta} + \frac{\pi}{2} \psi \rho_1 D_1 d_0^2 R_p \omega^3. \quad (19)$$

Таким образом, мощность агрегата дезинтеграторного типа зависит от конструктивно-технологических параметров, концентрации твердой фазы в воздушном потоке, а также от размеров частиц материала.

компрессоры: Учебник для теплоэнергетических специальностей вузов. 2-е изд. М.: Энергоатомиздат, 1984. 416 с.

3. Карпачев Д.В. Противоточная струйная мельница с изменяемыми параметрами помольной камеры. Диссертация на соискание ученой степени к.т.н. Белгород, БелГТАСМ, 2002.

### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Хинт И.А. Основы производства силикальцитных изделий. М.-Л.: 1962. 636 с.
2. Черкасский В. М. Насосы, вентиляторы,

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

### THE DEFINITION OF POWER CONSUMED FOR GRINDING OF MATERIAL IN THE UNIT DISINTEGRATING TYPE CONSIDERING THE MUTUAL INFLUENCE OF TWO-PHASE COUNTER FLOWS

*In this article calculated the energy costs in the unit disintegrating type considering the effect of counter flow in the zone of active interaction of the rotors. The calculation took into account the energy consumption for the formation of stagnant zones in the interaction of colliding head-on two-phase flows. The resulting equation that determined the total cost of power in the unit disintegrating type.*

**Key words:** flow, aggregate, power.

**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

**Воронov 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.