

УДК 621.926

В.С. Францкевич, доц., канд. техн. наук (БГТУ, г. Минск);  
А.С. Дорогокупец, маг. техн. наук (РУП «Белмедпрепараты», г. Минск)

## МОДЕЛЬ ДВИЖЕНИЯ ИЗМЕЛЬЧЕННОГО МАТЕРИАЛА В СЕПАРАЦИОННОМ УСТРОЙСТВЕ СРЕДНЕХОДНОЙ МЕЛЬНИЦЫ

Специфика работы среднеходных мельниц заключается в том, что весь материал, выходящий с вращающегося размольного стола, независимо от размеров частиц должен уноситься потоком воздуха в сепарационную зону и далее в сепаратор. Рассмотрим движение мелкодисперсного материала по запатентованному сепарационному устройству (рисунок 1) с целью определения траектории движения частиц измельченного материала и их скорости на выходе из него. Поставленная задача достигается путем составления математической модели движения измельченного материала по его поверхности.

Исходный мелкодисперсный материал подается через загрузочный патрубок 1 на распределительный конус 2. С конуса материал попадает на вращающуюся тарелку 3, где под действием центробежных сил он попадает под размольные валки 4. Измельченный материал далее вовлекается воздушным потоком в кольцевом зазоре 5 и поднимается вверх вдоль стенки корпуса 6. Поднявшись на некоторую высоту измельченный материал попадает на нижний конус сепарационного устройства 7, где происходит разделение измельченного материала по размерным фракциям.

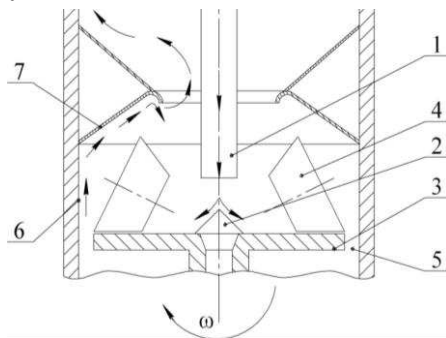


Рисунок 1 – Движение мелкодисперсного материала по запатентованному сепарационному устройству

В общем виде уравнения относительного движения в проекциях на оси цилиндрической системы координат для конуса и для тора сепарационного устройства имеют вид:

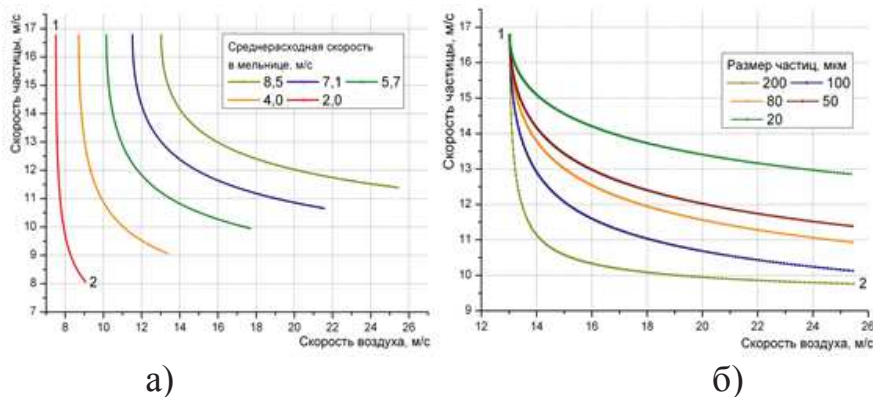
$$\begin{aligned} m[\ddot{r} - r(\dot{\varphi})^2] &= P_r - F_{\text{тр}r} \\ m[r\dot{\varphi} + 2\dot{r}\dot{\varphi}] &= P_\varphi - F_{\text{тр}\varphi} \\ m\ddot{z} &= P_z - F_{\text{тр}z} - G \end{aligned} \quad (1)$$

После преобразования, окончательно получаем:

$$\left\{ \begin{array}{l} \frac{dV_r}{dt} = \frac{P_r}{m} - \frac{f}{m} (-P_r \sin(\alpha) + (P_z - G) \cos(\alpha)) \sin(\beta) + \frac{V_\phi^2}{R} \\ \frac{dV_\phi}{dt} = \frac{P_\phi}{m} - \frac{f}{m} (-P_r \sin(\alpha) + (P_z - G) \cos(\alpha)) \cos(\alpha) \cos(\beta) - \frac{2V_r V_\phi}{R} \\ \frac{dV_z}{dt} = \frac{P_z}{m} - \frac{f}{m} (-P_r \sin(\alpha) + (P_z - G) \cos(\alpha)) \sin(\alpha) \cos(\beta) - g \\ \frac{dR}{dt} = V_r \\ \frac{d\phi}{dt} = \frac{V_\phi}{R} \\ \frac{dz}{dt} = V_z \end{array} \right. \quad (2)$$

Полученную систему дифференциальных уравнений решаем в математическом пакете MATCAD. Апробация разработанной математической модели проводилась при расчете траектории движения материала и его полной скорости при различных скоростях воздушного потока, за которую принималась среднерасходная скорость газового потока в сечении мельницы ( $D=250$  мм), от 2,8 до 8,5 м/с. В качестве исходного материала принимался доломит с размером частиц от 2 до 5 мм и плотностью  $\rho = 2200$  кг/м<sup>3</sup>.

При входе на конус (рисунок 2) скорость частицы намного больше скорости воздушного потока, что связано с остатком кинетической энергии приобретенной частицей в кольцевом зазоре мельницы, где скорость потока весьма велика.



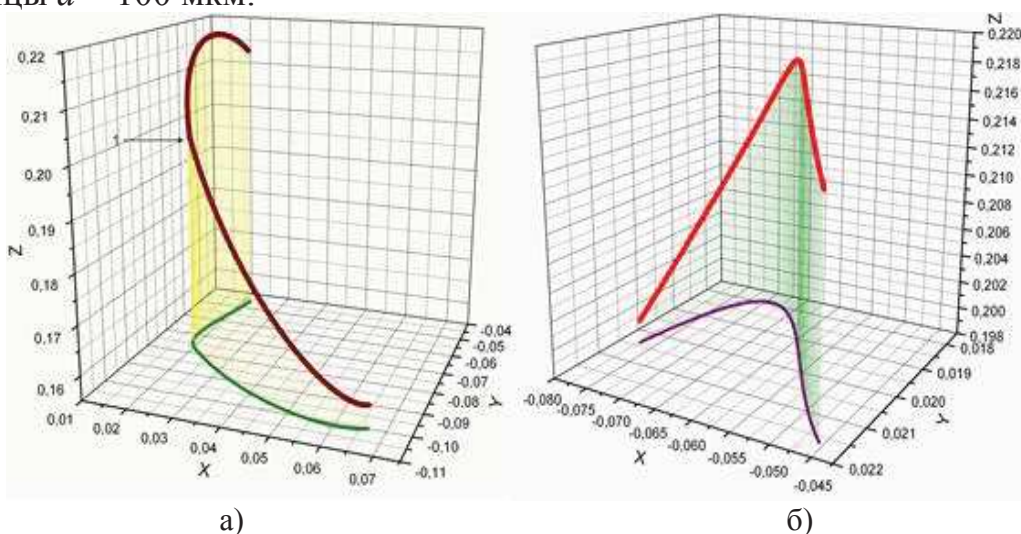
**Рисунок 2 – Зависимость полной скорости частицы от скорости воздушного потока: а) при различной среднерасходной скорости воздушного потока (размер частицы 100 мкм); б) при различных размерах измельченного материала (среднерасходная скорость воздушного потока 8,5 м/с)**

Далее при продвижении по сепарационному устройству наблюдается увеличение скорости воздушного потока и уменьшение скорости частицы, вследствие уменьшения проходного сечения и низкой среднерасходной скоростью воздушного потока у стенки конуса (так

называемый «пристеночный эффект»), а также воздействия на частицу материала сил трения по поверхности конуса. Расчет движения частиц материала при различных эквивалентных диаметрах (20–200 мкм) при среднерасходной скорости воздушного потока 8,5 м/с, показал, что при заходе частиц на конус сепарационного устройства, их скорость равна между собой и больше скорости воздушного потока, что можно объяснить, уравниванием сил тяжести и аэродинамического воздействия, то есть на частицу большего диаметра действует большая по величине сила тяжести, однако и большая по величине сила аэродинамического воздействия, и для частицы меньшего диаметра наблюдается тот же эффект, только наоборот.

Однако уже при продвижении по конусу, переходе на тор и выходе из него скорости частиц весьма отличны между собой. Это связано с воздействием возникающей в большей мере по отношению к частице размером 200 мкм силы инерции.

Для визуального представления характера движения частиц были построены трехмерные графики (рисунок 3) траектории движения частицы шаровидной формы по сепарационному устройству в целом и по тороидальной поверхности в отдельности при среднерасходной скорости воздушного потока равной 8,5 м/с ( $Q = 1500 \text{ м}^3/\text{ч}$ ) и размере частицы  $d = 100 \text{ мкм}$ .



**Рисунок 3 – Траектории движения частицы:**  
**а) в целом; б) по тороидальной поверхности в отдельности**

Анализируя полученные траектории можно отметить, что при движении частиц полидисперсного материала в закрученном воздушном потоке они практически целиком описывают контур сепарационного устройства, что свидетельствует о нормальной работе предложенного сепарационного устройства, а также о легкости регулировки тонины помола изменяя только скорость движения воздушного потока.