

## ТЕОРЕТИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ ПРОЦЕССА СЕПАРАЦИИ СОРБЕНТА И ЗЕРНА

**К.Ф. Терпиловский, д.т.н., профессор, А.Т. Кундро (БАТУ)**

Актуальность проблемы экономии топлива и электроэнергии требует проведения специальных исследований по комплексному анализу затрат и потерь энергии в зерносушении, разработки методов и средств сушки с использованием сорбента, а также их регулирование и поддержание на оптимальном уровне.

Сепарация зерна и сорбента играет одну из важных ролей процесса сушки. Этот процесс позволяет работать сушилке непрерывно, произвольно и с меньшими энергозатратами. Также процесс сепарации позволит решать вопросы по сортировке других сыпучих сельскохозяйственных культур.

Для определения влияния основных факторов на процесс пневматической сепарации целесообразно предварительное математическое обоснование этого процесса.

На дальность полета зерна и примесей, следовательно и на качество разделения влияют:

- скорость и направление воздушного потока;
- способ подвода зернового материала под струю воздушного потока;
- высота установки питающего устройства;
- величина подачи зерновой массы;
- высота расположения приемного устройства.

В общем случае при сепарации частица массой ( $m$ ) с определенной начальной скоростью ( $w$ ) вводится под углом ( $j$ ) в воздушный поток, движущийся со скоростью ( $u$ ) и направленный горизонтально.

При рассмотрении случая движения частицы в равномерном свободном воздушном потоке под действием силы тяжести, направленной параллельно вертикальной оси, и силы лобового сопротивления ( $R$ ), направление которой противоположно направлению мгновенной относительной скорости ( $v$ ), а также гравитационной силы  $R_g$  частица движется по параболической траектории. Разделение компонентов смеси происходит на основании разности коэффициентов парусности частиц.

Сила сопротивления пропорциональна квадрату относительной скорости.

В момент входа в поток частица будет иметь относительную скорость ( $V_0$ ), величина и направление которой определяются по теореме косинусов будет иметь вид:

$$V = \sqrt{(U^2 + W^2 - 2 \cdot U \cdot W \cdot \cos j)}. \quad (1)$$

При определенных допущениях, т.е. оси координат двигаются вместе с потоком.

Уравнение относительного движения будет

$$\frac{dv}{dt} = (g \cdot \sin Q - k \cdot V^2);$$

$$\frac{V^2}{r} = g \cdot \cos Q,$$

где  $r$  - радиус кривизны траектории;

-угол между осью  $Xv$  и касательной к относительной траектории.

При использовании этих уравнений и помня, что

$V dt = r dQ$ , получим уравнение годографа скорости

$$\frac{dV}{V^3 dQ} = \frac{\operatorname{tg} Q}{V^2} - \frac{k}{g \cdot \cos Q},$$

где  $k$  - коэффициент парусности материала;

$g$  - ускорение свободного падения.

Преобразовав и проинтегрировав которое получаем уравнение для относительной скорости в функции угла  $Q$ :

$$V = \frac{1}{\cos Q \sqrt{\frac{k}{g} \cdot \left[ \frac{\sin Q}{\cos Q} + \ln \operatorname{tg} \left( \frac{Q}{2} + \frac{\pi}{4} \right) \right]} - c_2}$$

Из уравнения  $V^2 = r \cdot g \cos Q$

находим  $V \frac{dQ}{\cos Q} = g \cdot dt$ ,

откуда получаем

$$t = \int \frac{dQ}{g \cdot \cos^2 Q \sqrt{\frac{k}{g} \left[ \frac{\sin Q}{\cos^2 Q} + \ln \operatorname{tg} \left( \frac{Q}{2} + \frac{\pi}{4} \right) \right]} - c_2}$$

Относительное перемещение частицы определяется следующим выражением

$$S = \int V \cdot dt = \frac{1}{2 \cdot k} \ln \left\{ \frac{k}{g} \cdot \left[ \frac{\sin Q}{\cos^2 Q} + \ln \operatorname{tg} \left( \frac{Q}{2} + \frac{\pi}{4} \right) \right] - c_2 \right\} - c_3;$$

где  $C_2$  и  $C_3$  постоянные

Теперь можно определить проекции перемещения частицы в относительном движении на оси координат:

$$X_v = \int_{Q_0}^Q V \cdot \cos Q dt,$$

$$Y_v = \int_{Q_0}^Q V \cdot \sin Q dt.$$

Проекции скорости абсолютного движения сорбента и зерна определяются выражениями:

$$\frac{dX}{dt} = U - V_x;$$

$$\frac{dY}{dt} = U + V_y,$$

а проекции перемещения :

$$X = U \cdot t - X_v;$$

$$Y = U \cdot t + Y_v.$$

Для получения траектории относительного движения частицы полученные определенные интегралы вычисляем методом приближенного интегрирования.

Вычисления элементарных приращений производим по формулам

$$\Delta t_i = \frac{\Delta S_{V_i}}{\Delta V_{cp_i}};$$

$$\Delta X_{V_i} = \Delta S_{V_i} \cdot \cos Q_i;$$

$$\Delta Y_{V_i} = \Delta S_{V_i} \cdot \sin Q_i.$$

Расчет кинематических параметров абсолютного движения по формулам упрощается.

При этом для вычисления  $t$ ,  $X_v$ ,  $Y_v$  используются следующие выражения:

$$t = \sum_i \frac{\Delta S_{V_i}}{V_{cp_i}};$$

$$X_v = \sum_i (\Delta S_{V_i} \cdot \cos Q_i);$$

$$Y_v = \sum_i (\Delta S_{V_i} \cdot \sin Q_i).$$

$$\Delta S_{V_i} = S_{V_i} - S_{V_{i-1}};$$

где -

$$V_{cp} = \frac{V_i + V_{i+1}}{2}.$$

$$i = 1, 2, \dots$$

Используя полученные формулы можно определить траектории полета зерна и сорбента (картофельной мезги). Так как у них разные скорости витания, то наблюдается различие их траекторий. Используя, этот факт и происходит проектирование сепарирующей установки. В соответствии с проекцией перемещения по оси  $X$  для зерна и сорбента устанавливаются приемные секции для фракций. Точка ввода материала в сепарационную камеру находится на расстоянии  $Y$  по вертикали (высоте сепарационной камеры).

Далее в соответствии со скоростью воздушного потока ( $U$ ) проектируется система воздухопроводов и рассчитываются необходимые параметры вентилятора.