

ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ПАРАМЕТРЫ СУШИЛКИ-ГРОХОТА

Винниченко В.И.

Бабинцев А.В.

*Харьковский государственный технический университет
строительства и архитектуры*

В последние годы получили распространение машины, осуществляющие одновременно несколько операций вследствие меньших энергозатрат на обработку материалов и экономии производственной площади при совмещении операций. На кафедре МСП Харьковского государственного технического университета строительства и архитектуры была создана установка, которая одновременно осуществляет процессы сушки и сортировки материала.

Для сушильных установок важным параметром является время сушки, которое, в свою очередь, зависит от времени пребывания материала в установке. На время пребывания материала в сушильной установке воздействует ряд факторов: физико-химические свойства материала, характер поверхности лопастей и их количество, параметры работы грохота, свойства и режим движения теплоносителя. Такой диапазон параметров позволяет высушивать материал с разными физико-химическими параметрами и влиять на транспортную и сушильную производительность, чтобы выполнялось необходимое условие сушки:

$$Q_{\text{суш}} \geq Q_m,$$

т. е. сушильная производительность должна быть равна или больше транспортной производительности.

Общая продолжительность пребывания материала в сушилке-грохоте складывается из времени движения сырья в шахте и в грохоте (рис. 1). Таким образом,

$$\tau_{\text{сз}} = (\tau_{\text{ш}} + \tau_{\text{г}}) \cdot K_{\text{вл}},$$

где $\tau_{\text{сз}}$ – общая продолжительность нахождения материала в сушилке-грохоте, с;

$\tau_{\text{ш}}$ – время нахождения материала в шахте, с;

$\tau_{\text{г}}$ – время грохочения, с;

$K_{\text{вл}}$ – коэффициент запаса 1,2-1,5.

Время пребывания материала в сушильной камере найдем из условия:

$$\tau_{\text{ш}} = \tau_{\text{пад1}} + (\tau_{\text{пол}} + \tau_{\text{пад}}) \cdot n_{\text{пол}},$$

где $\tau_{\text{пад1}}$ – время падения материала на 1 полку, с;

$\tau_{\text{пол}}$ – время скатывания материала по полке, с;

$\tau_{\text{пад}}$ – время падения материала с полки на полку, с;

$n_{\text{пол}}$ – количество полок.

Время движения материала в падении между полками

$$\tau_{пад} = \tau_{пад1} = \frac{h}{w_{ос}},$$

где h – высота падения, м;

$w_{ос}$ – скорость осаждения частиц, м/с [2, II,121].

$$w_{ос} = \frac{\mu Re}{d_e \rho} = \frac{\nu Re}{d_e},$$

где $w_{ос}$ – скорость осаждения, м³/с;

μ – вязкость среды при температуре t °С, Па·с [кг/(м·с)];

Re – критерий Рейнольдса;

d_e – диаметр частицы, м;

ρ – плотность среды (сушильного агента), кг/м³.

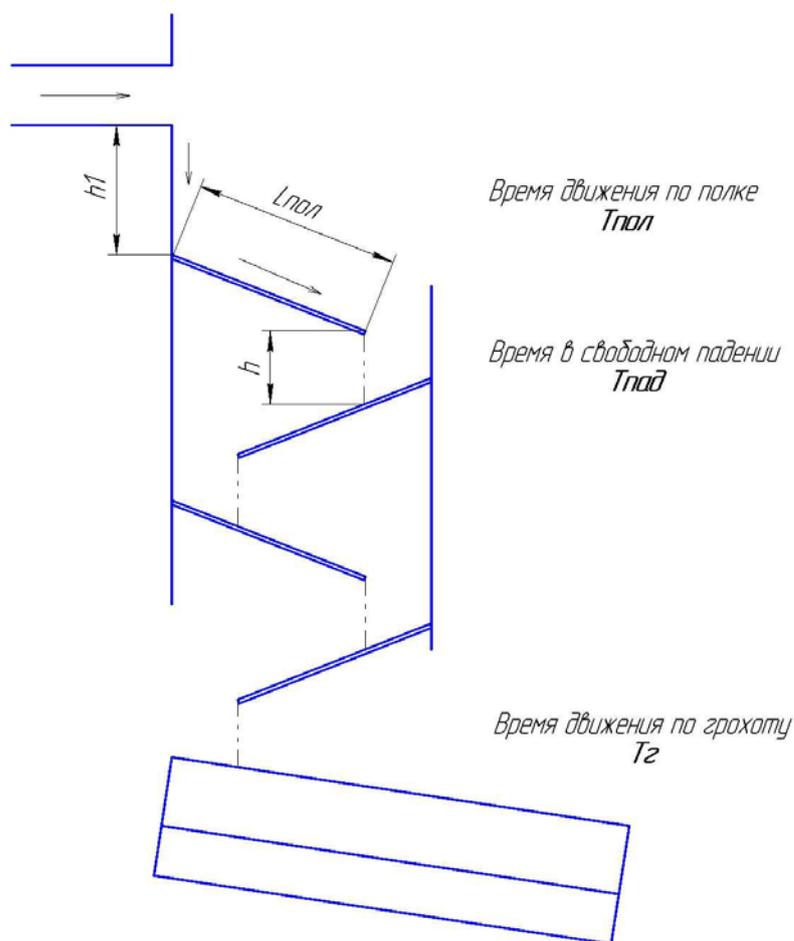


Рис. 1. Схема сушилки-грохота

Согласно Касаткину [2], критерий Рейнольдса для ламинарного режима равен:

$$Re = \frac{Ar}{18},$$

где Ar – критерий Архимеда [2, II,88]:

$$Ar = \frac{d_e^3 \cdot \Delta\rho_{mat} \cdot g}{\nu^2 \cdot \rho_{cp}},$$

где d_e – эквивалентный диаметр, м;

ρ_{mat} – плотность материала, кг/м³;

ν – средняя кинематическая вязкость среды, м²/с;

ρ_{cp} – средняя плотность среды (сушильного агента), кг/м³.

После элементарных преобразований окончательная формула для определения скорости осаждения примет вид:

$$w_{oc} = \frac{d_e^2 \cdot \Delta\rho_{mat} \cdot g}{\nu \cdot \rho_{cp} \cdot 18},$$

откуда найдем время падения между полками:

$$\tau_{пад} = \frac{\nu \cdot \rho_{cp} \cdot 18 \cdot h}{d_e^2 \cdot \Delta\rho_{mat} \cdot g}.$$

Время движения материала по полке определяется углом наклона полки, ее геометрическими параметрами, свойствами сырья.

Так как материал, подаваемый на полку, имеет начальную скорость, то минимальный угол наклона полки определяется углом трения движения материала (см. рис. 2). Это значит, что необходимо принять угол наклона α полки несколько большим, чем угол трения ϕ_d движения сырья, иначе движения по полке не произойдет; для данной системы эта величина может быть принята в пределах 5°-10° [1]:

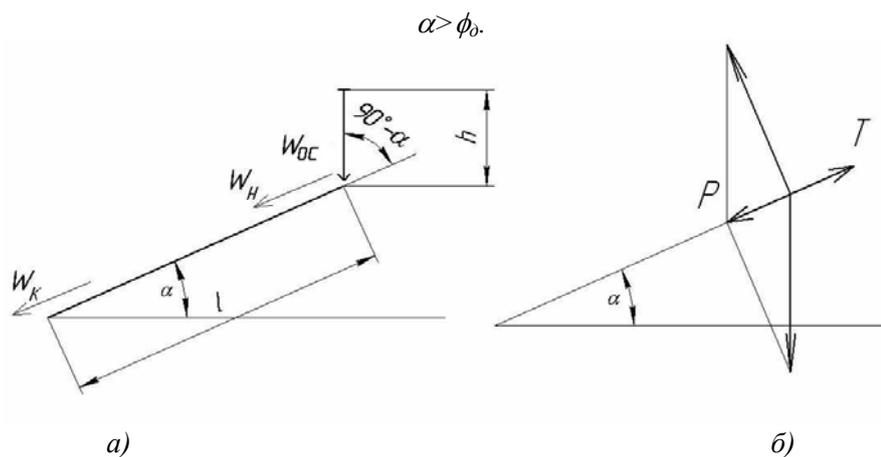


Рис. 2. Схема движение материала по полке

Из рис. 2 можем найти начальную скорость материала на полке

$$w_n = w_{oc} \cdot \cos(90 - \alpha)$$

Для определения конечной скорости материала на полке рассмотрим на поверхности полки элемент сыпучего материала (рис. 2, б). Элемент массой m движется под действием двух сил:

P -движущей силы

$$P = m \cdot g \cdot \sin \alpha,$$

и силы трения:

$$T = f \cdot m \cdot g \cdot \cos \alpha,$$

где f – коэффициент трения материала по поверхности полки $f = \operatorname{tg}(\phi_n)$, где ϕ_n – угол трения *прямой покая* материала по поверхности полки.

Так как $\alpha > \phi_n$ и материал движется с ускорением a , то $P - T = ma$, откуда $a = g(\sin \alpha - f \cos \alpha)$. Поскольку движение равноускоренное, то:

$$w_k = \sqrt{2 \cdot a \cdot l + w_n^2} = \sqrt{2 \cdot [g(\sin \alpha - f \cos \alpha)] \cdot l + w_n^2},$$

где l – длина полки (рис. 2, а).

Движение сырья происходит не по всей длине полки – это обусловлено наклоном полки, поэтому найдем фактическую длину, по которой происходит движение материала, в данном случае – это отрезок l на рис. 3. Таким образом, фактическая длина:

$$l = \kappa_3 \frac{\cos \alpha \cdot l_{пол} - (b - \cos \alpha \cdot l_{пол})}{\cos \alpha},$$

где κ_3 – коэффициент запаса (для данной системы можно принимать $\kappa_3 = 1.1$);

α – угол наклона полки, град;

b – ширина шахты, м;

$l_{пол}$ – полная габаритная длина полки, м.

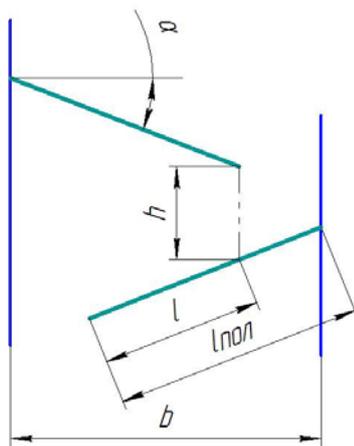


Рис. 3. Схема для определения длины полки

Время движения по полке:

$$\tau_{zp} = l / w_k.$$

Время движения материала по грохоту найдем из выражения:

$$\tau_{zp} = l_{zp} / V_{zp},$$

где l_{zp} – длина зоны грохочения;

V_{zp} – скорость прохождения грохота условной частицей (поперечным сечением материала).

$$V_{zp} = \frac{q_z \cdot F_r}{F},$$

где F_r – площадь грохочения, м;

F – площадь поперечного сечения материала на сите ($F = b \cdot h$, где b – ширина слоя материала; h – высота слоя), м²;

q_z – удельная производительность грохота (м³/ч)/м²:

$$q_z = 50 F_0 n A \kappa_{фз} \sin \alpha [3],$$

где F_0 – световая поверхность сита, доли единицы;

n – частота колебаний сита в минуту;

A – амплитуда колебаний сита, м;

α – угол наклона сита к горизонту, град;

$\kappa_{фз}$ – коэффициент, учитывающий форму зерен.

Таким образом, общая продолжительность пребывания материала в сушилке-грохоте такова:

$$\tau_{сз} = \left\{ \left[\frac{v \cdot \rho_{cp} \cdot 18 \cdot h}{d_e^2 \cdot \Delta \rho_{mat} \cdot g} + \right. \right. \\ \left. \left. + \frac{K_3 \frac{\cos \alpha \cdot l_{пол} - (b - \cos \alpha \cdot l_{пол})}{\cos \alpha}}{\sqrt{2g(\sin \alpha - f \cos \alpha) \cdot \left(K_3 \frac{\cos \alpha \cdot l_{пол} - (b - \cos \alpha \cdot l_{пол})}{\cos \alpha} \right) + \left[\frac{d_e^2 \cdot \Delta \rho_{mat} \cdot g}{v \cdot \rho_{cp} \cdot 18} \cdot \cos(90 - \alpha) \right] + \frac{v \cdot \rho_{cp} \cdot 18 \cdot h}{d_e^2 \cdot \Delta \rho_{mat} \cdot g}} \right] \times n_{лон} + \frac{l_z \cdot F}{50 F_0 n A K_{фз} \sin \alpha F_z} \right\} K_{вл}$$

Вывод

В результате теоретического анализа движения материала по тракту агрегата получена методика определения продолжительности движения материала в сушилке-грохоте.

Литература

1. Соколов В.Н. и др. Машины и аппараты химических производств: примеры и задачи. – Л., 1992, 327 с.
2. А.Г. Касаткин. Основные процессы и аппараты химической технологии. Госхимиздат, Москва, 1961, 829 с.
3. В.А. Бауман, П.С. Ермолаев, Вниистройдормаш. Анализ методов расчета производительности и качественных показателей виброгрохотов. Обзор. Москва, 1970.