

ОПРЕДЕЛЕНИЕ КОЭФФИЦИЕНТА ТЕПЛОТДАЧИ В ПЕРВОМ ПЕРИОДЕ СУШКИ

Сушка твердых зернистых материалов нашла широкое применение в химической, строительной, фармацевтической и пищевой промышленности.

В процессе сушки твердых дисперсно-пористых зернистых материалов выделяют следующие периоды сушки: достаточно быстрый период прогрева материала; период постоянной скорости сушки (первый период сушки); период падающей скорости сушки (второй период).

В периоде постоянной скорости сушки вся теплота, подводимая к материалу, затрачивается на испарение влаги. Температура материала остается постоянной и равна температуре мокрого термометра, а скорость сушки максимальна и зависит в основном от параметров сушильного агента (внешних условий).

Во втором периоде сушки скорость процесса испарения влаги уменьшается, потому что влагосодержание материала у поверхности испарения снижается с течением времени. Это обусловлено падением скорости внутренней диффузии влаги из глубины зерен. При этом температура материала повышается и приближается к температуре сушильного агента.

На основании уравнения теплового баланса получена формула 1 для расчета коэффициента теплоотдачи (α_V) в 1-м периоде сушки слоя дисперсно-пористого зернистого материала:

$$\alpha_V = \frac{W_G \cdot c}{H} \cdot \ln \frac{t_H - t_{м.т}}{t_K - t_{м.т}}, \quad (1)$$

где W_G — массовая скорость сушильного агента, кг/(м² · с); c — удельная теплоемкость высушиваемого материала Дж/(кг · К); H — высота высушиваемого слоя, м; t_H и t_K — температура сушильного агента на входе в слой и выходе из него, К.

Формула (1) позволяет экспериментально определить коэффициент теплоотдачи в период постоянной скорости сушки с учетом гидродинамических режимов процесса.

Для расчета коэффициента теплоотдачи в 1-м периоде сушки были предложены следующие обобщенные критериальные зависимости, полученные на основании обработки экспериментальных данных:

$$Nu = 0,026 \cdot Re^{0,926} \cdot Pr^{0,33} \text{ при } 20 < Re < 50; \quad (2)$$

$$\text{Nu} = 0,048 \cdot \text{Re}^{0,77} \cdot \text{Pr}^{0,3} \text{ при } 50 < \text{Re} < 80, \quad (3)$$

где $\text{Nu} = \frac{\alpha_V \cdot d_{\text{ч}}}{\alpha \cdot \lambda}$ — диффузионный критерий Нуссельта; α_V — объемный коэффициент массоотдачи, кг/(м³·К); $d_{\text{ч}}$ — диаметр частиц, м; α — удельная поверхность частиц, м²/м³; λ — коэффициент теплопроводности воздуха, Вт/(м³·К); $\text{Re} = \frac{4W_G}{\alpha \cdot \mu}$ — критерий Рейнольдса; μ — коэффициент динамической вязкости сушильного агента, Па·с; $\text{Pr} = \frac{c \cdot \mu}{\lambda}$ — критерий Прандтля.

Расчеты по уравнениям (2) и (3) показали хорошую сходимость результатов.

Источник

1. Протасов, С. К. Исследование кинетики сушки слоя капиллярно-пористого дисперсного материала / С. К. Протасов, Н. П. Матвейко, А. А. Боровик // Хим. пром-сть. — 2019. — Т. 96, № 2. — С. 87–94.