

Я. С. Опман

(Институт «Белгипроторф»)

ВЛИЯНИЕ АЭРОДИНАМИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ НА ПАРАМЕТРЫ ПРОЦЕССА В ПНЕВМОПАРОВЫХ СУШИЛКАХ

Пневмопаровые сушильные установки торфобрикетных заводов работают с переменной концентрацией торфа в воздушном потоке, что связано с изменениями влажности сырья и требуемой производительности сушилки. При этом изменяются сопротивление сети сушильной установки, режим работы вентилятора сушилки и, следовательно, расход воздуха, проходящего через сушильную систему, а также другие технологические параметры и энергетические показатели процесса. Указанные изменения параметров, связанных с аэродинамическим режимом сети и вентилятора сушилки, необходимо учитывать при разработке систем регулирования и автоматизации сушильных установок.

В данной статье приводится вывод уравнения, определяющего влияние аэродинамических условий на взаимосвязь основных параметров процесса в пневмопаровой сушилке при разомкнутой схеме сушки.

Величина объемного расхода воздуха, поступающего в сушилку,

$$V_1 = \frac{L}{\rho_1} \text{ м}^3/\text{ч}, \quad (1)$$

где L — массовый расход сухого воздуха, кг/ч.

Плотность воздуха, поступающего в сушилку при температуре t_1 и влажосодержании d_1 , определяется из выражения

$$\rho_1 = \frac{(0,775 + 1,242d_1)(t_1 + 273)}{273} \text{ кг/м}^3. \quad (2)$$

Величина полного напора вентилятора может быть записана в виде аппроксимированной аэродинамической характеристики вентилятора пневмопаровой сушилки (участок характеристик в рабочей зоне близок к прямолинейному):

$$H = a - bV_1 \text{ кг/м}^2. \quad (3)$$

Подставив формулу (2) в выражение (1), а затем в (3), получим

$$H = a - \frac{bL}{273} \frac{(0,775 + 1,242d_1)(t_1 + 273)}{273}. \quad (4)$$

Сопротивление сети вентилятора равно сумме сопротивлений участков пневмотранспорта торфа и «чистого» воздуха:

$$H = \Sigma H_{\text{п}} + \Sigma H_{\text{ч}}. \quad (5)$$

Переменную величину сопротивления участков пылепроводов при известной расчетной величине сопротивления для определенного режима $\Sigma H_{п.р}$ можно записать в виде

$$\Sigma H_{п} = \frac{V_{ср}^2 \rho_{ср} (1 + \mu_{ср})}{V_{ср.р}^2 \rho_{ср.р} (1 + \mu_{ср.р})} \Sigma H_{п.р}, \quad (6)$$

где индексы «ср» и «р» относятся соответственно к средним и расчетным значениям параметров; μ — расходная концентрация торфа в воздухе, кг/кг.

Вводим величину комплекса известных значений параметров, относящихся к определенному расчетному режиму сушки:

$$K_{п} = \frac{\rho_{ср.р} \Sigma H_{п.р}}{L_p^2 (1 + \mu_{ср.р})}. \quad (7)$$

Используя формулу (7), преобразуем выражение (6) к виду

$$\Sigma H_{п} = K_{п} \frac{L^2 (1 + \mu_{ср})}{\rho_{ср}}. \quad (8)$$

Величину сопротивления участков «чистого» воздуха по аналогии с выражением (6) можно записать так:

$$\Sigma H_{ч} = \frac{V_{ср}^2 \rho_{ср}}{V_{ср.р}^2 \rho_{ср.р}} \Sigma H_{ч.р}. \quad (9)$$

Вводим комплекс параметров

$$K_{ч} = \frac{\rho_{ср.р} \Sigma H_{ч.р}}{L_p^2}. \quad (10)$$

Используя формулу (10), преобразуем выражение (9):

$$\Sigma H_{ч} = K_{ч} \frac{L^2}{\rho_{ср}}. \quad (11)$$

После подстановки выражений (8) и (11) в формулу (5) получим

$$H = \frac{L^2}{\rho_{ср}} [K_{п} (1 + \mu_{ср}) + K_{ч}]. \quad (12)$$

Средняя плотность воздуха в сушильной системе

$$\rho_{ср} = \frac{273}{(0,775 + 1,242d_{ср})(t_{ср} + 273)}. \quad (13)$$

На основании данных испытания пневмопаровой сушилки торфобрикетного завода «Тоотси», проведенных Калининским политехническим институтом (В. М. Наумович, В. А. Петин, 1969), при разомкнутой схеме сушки средние значения влагосодержания и температуры воздуха в системе можно принять соответственно: $d_{ср} = 0,086$ кг/кг и $t_{ср} = 57^\circ\text{C}$. Тогда средняя величина плотности воздуха из выражения (13) $\rho_{ср} = 0,94$ кг/м³.

Величину средней концентрации торфа в потоке воздуха, проходящем через сушилку, можно выразить в виде следующей формулы:

$$\mu_{\text{ср}} = \frac{G_1 - 0,5W}{(1 + d_1)L + 0,5W},$$

где G_1 — количество торфа, поступающего в сушилку, кг/ч; W — количество испаряемой в сушилке влаги, кг/ч.

Выразив W через влажность исходного W_1 и подсушенного W_2 торфа, получим

$$\mu_{\text{ср}} = \frac{G_1 - 0,5 G_1 \left(\frac{W_1 - W_2}{100 - W_2} \right)}{(1 + d_1)L + 0,5 G_1 \left(\frac{W_1 - W_2}{100 - W_2} \right)}.$$

Подставив значение $\rho_{\text{ср}}$ и выражение для $\mu_{\text{ср}}$ в формулу (12), получим

$$H = \frac{L^2}{0,94} \left[\frac{K_n \left(1 + d_1 + \frac{G_1}{L} \right)}{1 + d_1 + 0,5 \frac{G_1}{L} \left(\frac{W_1 - W_2}{100 - W_2} \right)} + K_v \right]. \quad (14)$$

Приравняем выражение для H из формул (4) и (14):

$$a - \frac{bL(0,775 + 1,242d_1)(t_1 + 273)}{273} = \frac{L^2}{0,94} \left[\frac{K_n \left(1 + d_1 + \frac{G_1}{L} \right)}{1 + d_1 + 0,5 \frac{G_1}{L} \left(\frac{W_1 - W_2}{100 - W_2} \right)} + K_v \right]. \quad (15)$$

Уравнение (15) определяет связь между параметрами процесса с учетом влияния аэродинамических характеристик сети и вентилятора пневмопаровой сушилки при разомкнутой схеме сушки.

Если принять коэффициенты характеристики вентилятора (3) $a = 1055$ и $b = 0,011$ (получены при обработке опытных данных из работы [1], $W_2 = 16\%$, $d_1 = 0,01$ кг/кг, $t_1 = 25^\circ\text{C}$, то из формулы (15) получим частный вид уравнения:

$$1055 - 0,0094L - 1,063L^2 \left[\frac{K_n(1,01L + G_1)}{1,01L + 0,00595G_1(W_1 - 16)} + K_v \right] = 0.$$

Литература

1. Вебер Р. Я. Брикетирование торфа. М., 1957.