

УДК 66.047.57

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ И РЕШЕНИЕ ОПТИМИЗАЦИОННОЙ ЗАДАЧИ ПРИ ОПРЕДЕЛЕНИИ ТЕМПЕРАТУРЫ СУШИЛЬНОГО АГЕНТА НА ВЫХОДЕ ИЗ СУШИЛЬНОГО БАРАБАНА

¹Байтуреев А.М., ²Ертаева Ж.А.

¹Республиканское государственное предприятие на праве хозяйственного ведения «Таразский государственный университет имени М.Х. Дулати» Министерства образования и науки Республики Казахстан, Тараз, e-mail: bam150348@mail.ru;

²Товарищество с ограниченной ответственность Профессиональный гуманитарно-технический колледж «Білім» Республики Казахстан, Тараз

В результате математической обработки процесса сушки измельченного галита в сушильном барабане со смешанным режимом термообработки были определены оптимальные значения температуры сушильного агента на выходе ($t_{\text{вых}}$) из барабана, также определены оптимальная температура сушильного агента на входе в барабан $t_{\text{вх}} = 100 \pm 225^\circ\text{C}$ в зависимости от начальной влажности материала. Из анализа корреляционного графика видно, что отклонения левой части уравнения от правой части уравнения при $t_{\text{вх}} = 100 \pm 225^\circ\text{C}$ колеблются в пределах от 0,7÷12,8%.

Ключевые слова: сушильный барабан, угол наклона, термообработка, смешанный режим

MATHEMATICAL MODELING AND DECISION OF OPTIMIZATION PROBLEMS AT DETERMINING THE TEMPERATURE OF THE DRYING AGENT AT THE PROCESS OF LEARNING FROM THE DRYING DRUM

¹Baitureyev A.M., ²Yertayeva Z.A.

¹The Republican state government enterprise «Taraz State University after M.H. Dulaty» of the Ministry Science and Education of the Republic of Kazakhstan, Taraz, e-mail: bam150348@mail.ru;

²Company with limited liability Professional humanitarian-technical college «Bilim» Republics Kazakhstan, Taraz

As a result of mathematical processing of the drying the process reduced halite in drying drum with mixed-mode heat treatment were determined best values the optimum temperature of the drying agent on output ($t_{\text{вых}}$) from drum, are also determined optimum temperature of the dry agent at the input in drum $t_{\text{вх}} = 100 \pm 225^\circ\text{C}$ depending on initial moisture material. From the analysis of the correlation graph is seen that deflections of the left part of equation from right part of equation under $t_{\text{вх}} = 100 \pm 225^\circ\text{C}$ vary within from 0,7÷12,8%.

Keywords: drying drum, grade, heat treatment, mixed regime

В настоящее время сушка дисперсных материалов во взвешенном и полу взвешенном состоянии [1] привлекает внимание многих исследователей и находит широкое применение в различных отраслях промышленности: химической, нефтехимической, металлургической, пищевой, строительной и др.

В химической промышленности используются сушильные аппараты различных типов. Наиболее эффективными в этом отношении являются барабанные сушильные агрегаты, устанавливаемые с наклоном в сторону подачи сырого материала и сушильного агента [3], [4].

Барабанные сушилки для измельченного галита заимствованы из отраслей промышленности, где ими пользовались для сушки разных сыпучих материалов, в частности песка, цемента, угля и др.

Рассмотрим задачу оптимального управления процессом сушки в бара-

банном агрегате на примере предложенного кинетического уравнения для сушки измельченных материалов в барабанной сушилке. В качестве критерия оптимальности выбираем производительность сушильного агрегата по сухому продукту G [5]:

$$G = MP(\rho_c \vartheta_c) D_0^2 \cdot t_{\text{вх}}^{0,426}, \quad (1)$$

где

$$M = \frac{1360 \phi^{0,34} t^{0,34} K \left(\frac{n^2}{1800} \right)^a D^{a_1} \sin \beta^{b_1}}{A^{0,337} d^{0,525} (\rho_c \vartheta_c)^{0,139}}; \quad (2)$$

$$P = \sqrt{\frac{t_{\text{вх}} - 30}{t_{\text{вх}} - t_{\text{вх}} + 10}}; \quad (3)$$

$$K = \left[\frac{W_K}{W_H \cdot (W_H - W_K)} \right]. \quad (4)$$

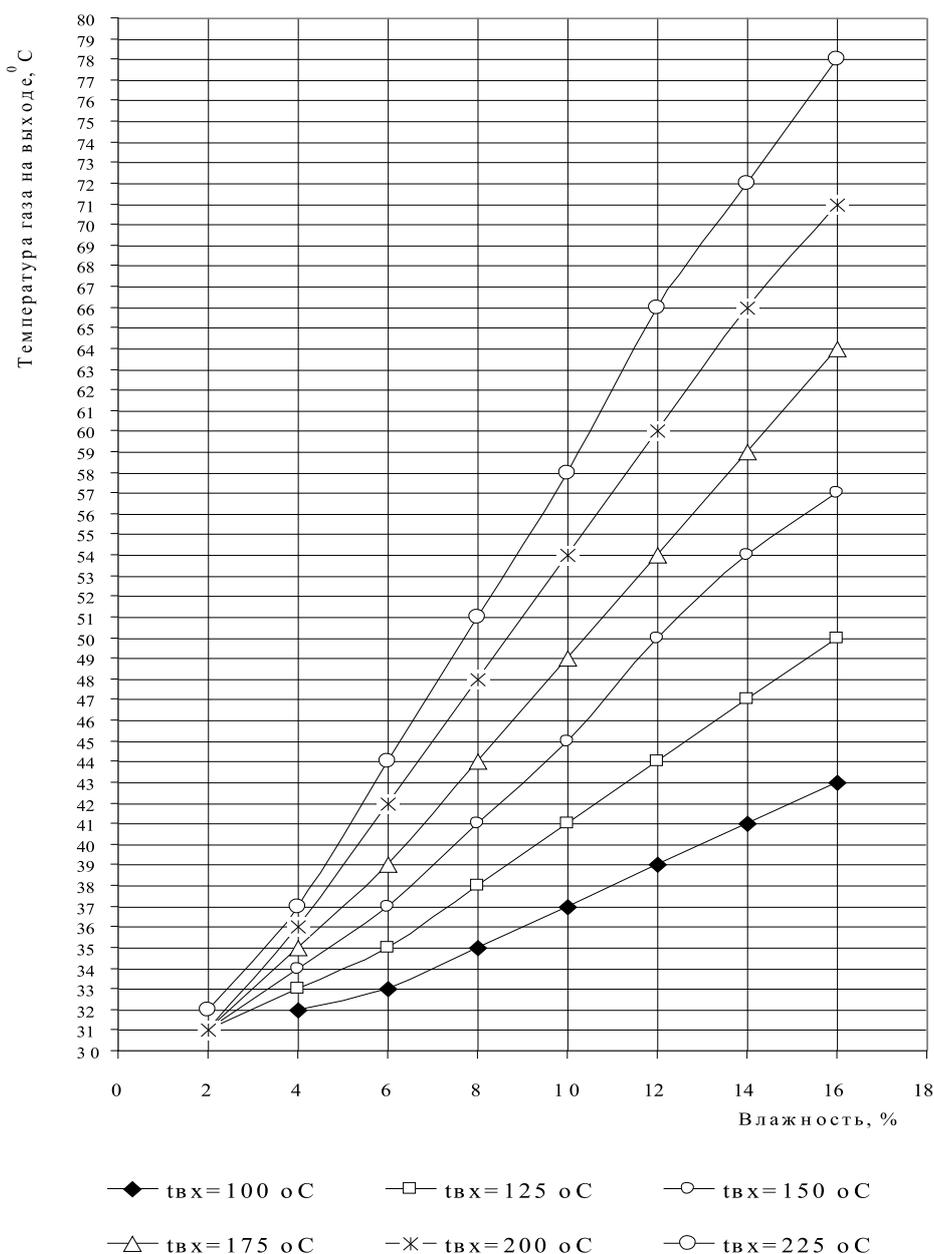


Рис. 1. Влияние начальной влажности материала на температуру газа на выходе при $t_{ex} = const$

В формулах (1)–(4):

G – производительность материала по сухому продукту, кг/ч; коэффициент – M ; K – коэффициент влажности; Π – температурный коэффициент; t_{ex} – температура агента сушки на входе в барабан, °C; $t_{вых}$ – температура агента сушки на выходе из барабана, °C; $\rho_c \vartheta_c$ – массовая скорость сухого агента сушки по барабану, кг/(м²×с); ρ_c – плотность газа (воздуха), кг/м³; ϑ_c – скорость агента сушки, м/с; D_6 – диаметр

барабана, м; – коэффициент заполнения барабана, %; L_6 – длина барабана, м; W_n и W_k – начальная и конечная влажность материала, %; n – частота вращения барабана, об/мин; α – угол наклона барабана, град; d – средний эквивалентный диаметр частицы, мм.

Температура отработанного сушильного агента на выходе из барабана $t_{вых}$ не может быть выбрана произвольно и должна рассчитываться из уравнения теплового балан-

са, решенного совместно с уравнением кинетики процесса сушки (1). Это решение может быть представлено в виде равенства [5]:

$$\frac{t_{\text{ex}} - t_{\text{бых}}}{M \cdot t_{\text{ex}}^{0,426} \sqrt{\frac{t_{\text{бых}} - 30}{t_{\text{ex}} - t_{\text{бых}} + 10}}} = 0,713 \frac{\omega_n - \omega_k}{100} + 0,00038 \cdot c_M (t_{\text{бых}} - 30) \frac{\omega_n + 100}{100}. \quad (5)$$

Подставив выражение M (2) в уравнение (5) и преобразовав его получено уравнение (6).

$$\begin{aligned} & \frac{t_{\text{ex}} - t_{\text{бых}}}{1360\phi^{0,34} L_{\sigma}^{0,34} K \left(\frac{n^2}{1800}\right)^{0,21} D_{\sigma}^2 (\sin \alpha)^{0,4} \cdot t_{\text{ex}}^{0,426} \sqrt{\frac{t_{\text{бых}} - 30}{t_{\text{ex}} - t_{\text{бых}} + 10}}} = \\ & \frac{A^{0,337} d^{0,526} (\rho_c \vartheta_c)^{0,139} \cdot (t_{\text{ex}} - t_{\text{бых}})}{1360\phi^{0,34} L_{\sigma}^{0,34} K \left(\frac{n^2}{1800}\right)^{0,21} D_{\sigma}^2 (\sin \alpha)^{0,4} \cdot t_{\text{ex}}^{0,426} \sqrt{\frac{t_{\text{бых}} - 30}{t_{\text{ex}} - t_{\text{бых}} + 10}}} = \\ & = 0,713 \frac{\omega_n - \omega_k}{100} + 0,00038 \cdot c_M (t_{\text{бых}} - 30) \frac{\omega_n + 100}{100}; \\ & = 0,713 \frac{\omega_n - \omega_k}{100} + 0,00038 \cdot c_M (t_{\text{бых}} - 30) \frac{\omega_n + 100}{100}. \quad (6) \end{aligned}$$

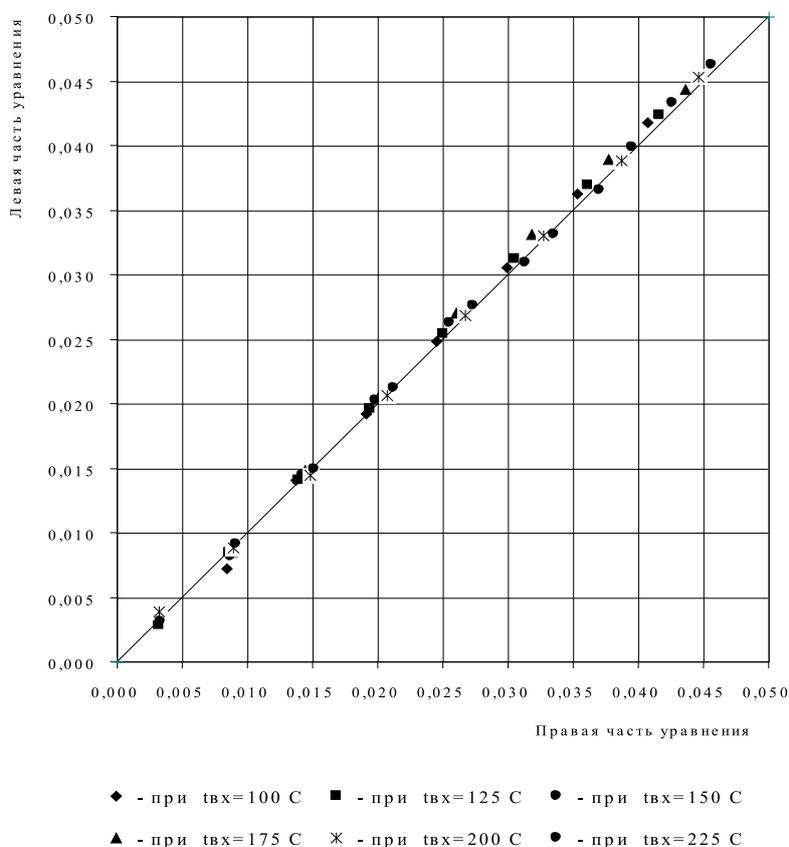


Рис. 2. Корреляционный график при $t_{\text{ex}} = 100 \div 225$ °C

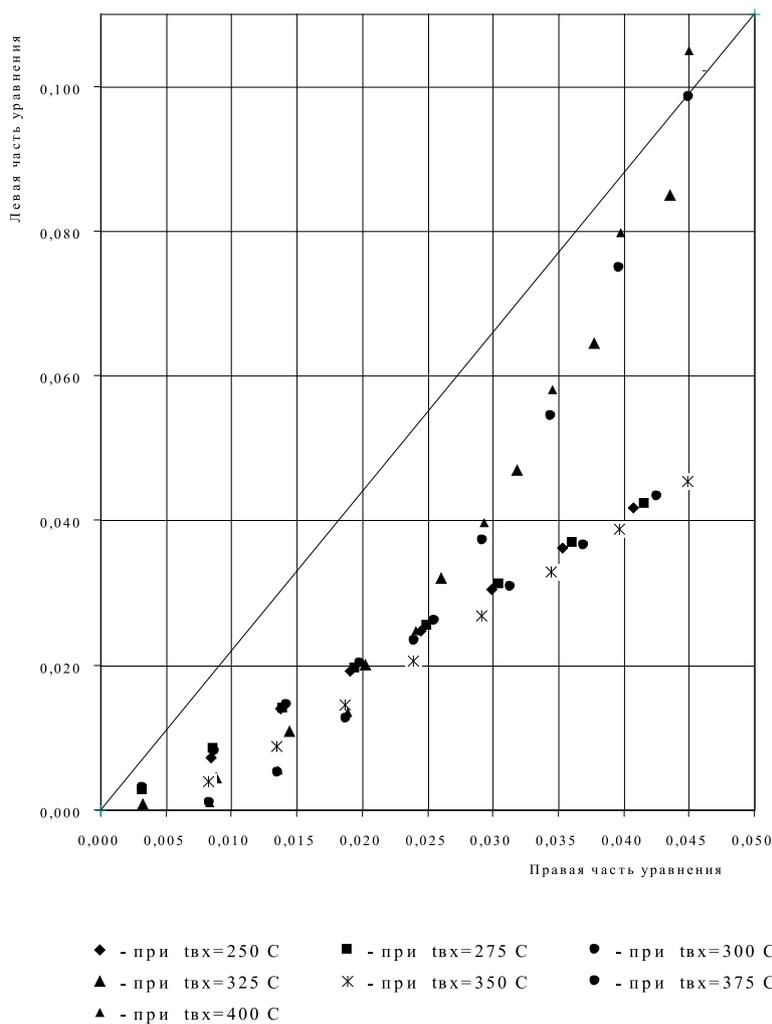


Рис. 3. Корреляционный график при $t_{вх} = 250 \div 400$ °C

Решив уравнение (6) методом последовательных приближений, задавая температурой отработавших газов $t_{вых}$, добиваемся равенства правой и левой частей уравнения (5), отыскивая таким путем истинное значение температуры отработавшего в барабане сушильного агента. Определив, таким образом, $t_{вых}$ и производительность сушильного барабана по уравнению (1) строим графики [2]: влияние начальной влажности материала на температуру газа на выходе при $t_{вх} = \text{const}$ (рис. 1); и корреляционные графики уравнения теплового баланса рис. 2 при $t_{вх} = 100 \div 225$ °C и рис. 3 при $t_{вх} = 250 \div 400$ °C.

Из анализа корреляционного графика приведенного на рис. 2 видно, что отклонения левой части уравнения (6) от правой части уравнения при $t_{вх} = 100 \div 225$ °C колеблются в пределах от 0,7÷12,8%.

Однако при температуре сушильного агента на входе в барабан равного

$t_{вх} = 250 \div 400$ °C происходит переполнения барабана, т.е. коэффициент заполнения барабана (ϕ) больше оптимального равного 51–54%, а отклонения левой части уравнения (6) от правой части уравнения колеблются в широких пределах от 1,5÷1185,3%.

Следовательно, оптимальной температурой сушильного агента на входе в барабан при сушке галита является температура равная $t_{вх} = 100 \div 225$ °C, в зависимости от начальной влажности материала.

Список литературы

1. Байгуреев А.М. Переработка и сушка в производстве поваренной соли. – Тараз: Тараз университеті, 2005. – 195 с.
2. Вадзинский Р. Статистические вычисления в среде Excel. – СПб.: Питер, 2008. – 608 с.
3. Куатбеков М.К., Куцакова В.Е. Барабанные сушилки (теория и расчет). – Алма-Ата: Рауан, 1993. – 53 с.
4. Плановский А.Н., Муштаев В.И., Ульянов В.М. Сушка дисперсных материалов в химической промышленности. – М.: Химия, 1979. – 288 с.
5. Стерлин Д.М. Сушка в производстве фанеры и древесностружечных плит. – М.: Лесная промышленность, 1977. – 383 с.