

К РАСЧЕТУ ДИНАМИКИ ТЕПЛОБМЕННИКОВ

А. Ф. ФЕДОРОВ, П. А. АНДРИЯНОВ

(Представлена научным семинаром кафедры процессов, машин
и аппаратов химических производств)

Коэффициенты T_{12} , T_{21} , T_{23} в уравнении

$$T_{12}T_{23}v \frac{\partial^2 t_1(x,\tau)}{\partial x \partial \tau} + (T_{21} + T_{23}) \frac{T_{12}}{T_{21}} v \frac{\partial t_1(x,\tau)}{\partial x} + T_{12}T_{23} \frac{\partial^2 t_1(x,\tau)}{\partial \tau^2} + \\ + \left(T_{12} + \frac{T_{12}T_{23}}{T_{21}} + T_{23} \right) \frac{\partial t_1(x,\tau)}{\partial \tau} + t_1(x,\tau) = t_3(x,\tau),$$

описывающем динамические свойства теплообменных аппаратов, являются переменными. Их значение определяется величиной коэффициента теплоотдачи α_{21} , зависящего от скорости движения среды внутри труб. Переменностью коэффициентов T_{12} , T_{21} , T_{23} обычно пренебрегают в некоторых достаточно малых пределах изменения расхода нагреваемой среды относительно номинальной (расчетной) нагрузки.

В производственных условиях нагрузка может отличаться от расчетной. Тогда коэффициенты T_{12} , T_{21} , T_{23} необходимо рассчитывать заново.

Практические расчеты показывают, что даже при значительном отклонении от расчетных нагрузок и существенном изменении коэффициентов T_{12} , T_{21} и T_{23} ординаты временных характеристик сосредоточенной математической модели (СММ) [1] мало отличаются друг от друга. Учитывая в решении [1] соответствующее нагрузке время нахождения среды в аппарате τ_0 , можно с достаточной точностью рассчитать временную характеристику распределенной математической модели теплообменника.

Покажем это на примере. Для змеевикового теплообменника [2] при различных нагрузках были определены значения коэффициентов T_{12} , T_{21} , T_{23} (табл. 1) и рассчитаны временные характеристики для СММ (рис. 1).

Несмотря на широкий диапазон нагрузок ($0,42 \div 1,44 \text{ м}^3/\text{час}$) и значительную разницу в значениях коэффициентов максимальная разность

Таблица 1

| Параметры | № опытов | | | | |
|-----------------------------|----------|-------|------|------|------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| $G, \text{ м}^3/\text{час}$ | 0,42 | 0,565 | 0,88 | 1,06 | 1,44 |
| $T_{12}, \text{ сек}$ | 5,16 | 3,90 | 2,93 | 2,57 | 2,03 |
| $T_{21}, \text{ сек}$ | 3,15 | 2,37 | 1,75 | 1,57 | 1,24 |
| $T_{23}, \text{ сек}$ | 1,41 | 1,55 | 1,62 | 1,65 | 1,69 |
| $\tau_0, \text{ сек}$ | 19,6 | 14,6 | 9,36 | 7,80 | 5,70 |

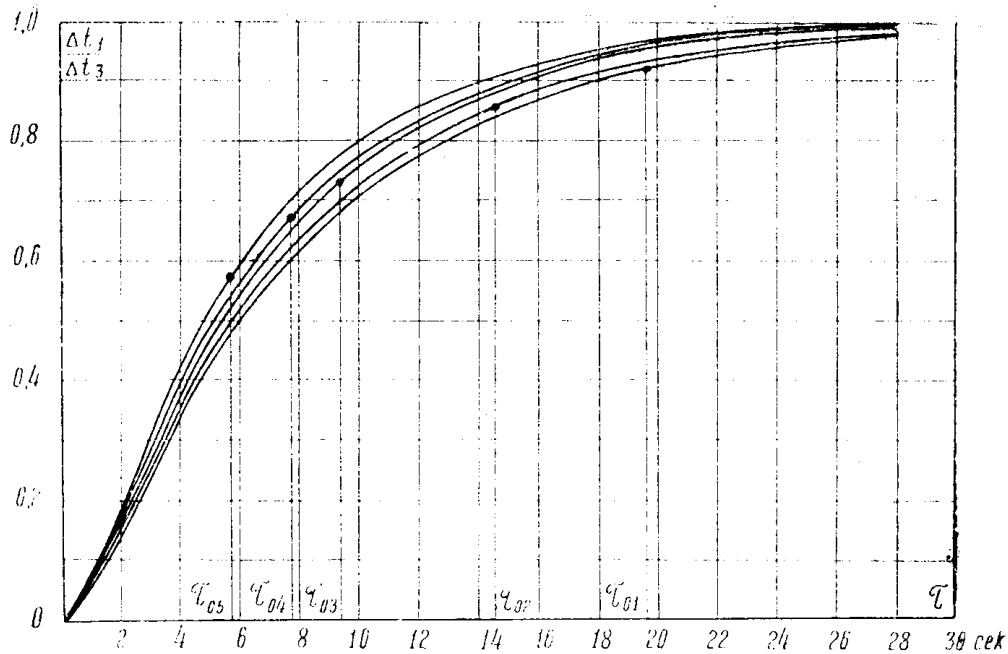


Рис. 1. Временные характеристики СММ теплообменника

ординат временных характеристик не превышает 11%. Если нагрузки отличаются от расчетной менее, чем на $\pm 25\%$, то разность ординат не превышает 5%. Таким образом, в интервале времени $(0, \tau_0)$ погрешность в расчете временной характеристики [1] распределенной математической модели не будет превышать 5%. В интервале $[\tau_0, \infty]$ погрешность так же будет меньше 5%. Это можно подтвердить анализом структуры решения [1]. Для примера рассчитаем временную характеристику для $G_3=0,88 \text{ м}^3/\text{час}$ по коэффициентам T_{12}, T_{21}, T_{23} , рассчитанным для $G_2=0,565 \text{ м}^3/\text{час}$ и $G_4=1,06 \text{ м}^3/\text{час}$, и сравним с действительной (рис. 2). Разница нагрузок составляет 24,5% и 20,5%, максимальная погрешность в расчете временной характеристики не превышает $\pm 4\%$.

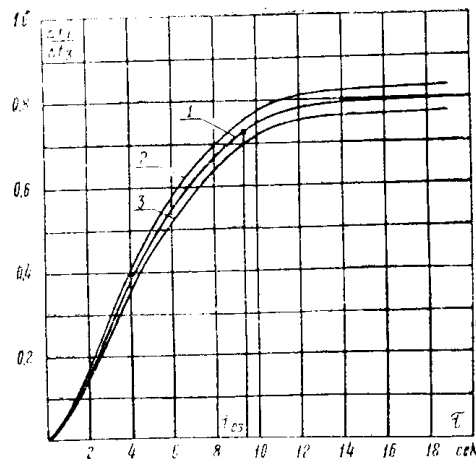


Рис. 2. Временные характеристики распределенной математической модели теплообменника:

1. действительная, $G_3=0,88 \text{ м}^3/\text{час}$;
2. рассчитанная по коэффициентам для $G_2=0,565 \text{ м}^3/\text{час}$ и $\tau_0=9,36 \text{ сек}$;
3. рассчитанная по коэффициентам для $G_4=1,06 \text{ м}^3/\text{час}$ и $\tau_0=9,36 \text{ сек}$

Выводы

Коэффициенты T_{12}, T_{21}, T_{23} уравнения динамики теплообменника, рассчитанные для номинальной нагрузки, с достаточной для практики точностью можно использовать для расчета временных характеристик при нагрузках, отличающихся от номинальных не более, чем на $\pm 25\%$.

В решение необходимо подставлять соответствующее время пребывания среды в аппарате.

Условные обозначения: t — температура; v и τ_0 — скорость движения и время пребывания нагреваемой среды в аппарате; $T = \frac{c\gamma V}{\alpha F}$ — постоянная времени; c — теплоемкость; γ — удельный вес; V — объем; F — поверхность теплообмена; α — коэффициент теплоотдачи; x — пространственная координата, выбранная в направлении движения нагреваемой среды; τ — время.

Индексы: 1 — нагреваемая среда; 2 — стенка; 3 — тлеющий теплоноситель.

ЛИТЕРАТУРА

1. П. А. Андриянов, А. Ф. Федоров. Изв. АН СССР Энергетика и транспорт, № 6, 114—129, М., 1967.
2. П. А. Андриянов, А. Ф. Федоров. В сб. Алгоритмизация расчета процессов и аппаратов химических производств, технологии переработки и транспорта нефти и газа на ЭЦВМ, выпуск 3, 114—118, Киев, 1967.