

# Влияние вариаций входных параметров на режим работы теплообменной системы

Л.Н. Клянина, Е.Г.Корабельников

Динамический режим работы теплообменников характерен для ряда технологических тепловых установок, а так же систем воздушного отопления, вентиляции и кондиционирования воздуха. Технологически заданный алгоритм управления режимом работы теплообменников на практике реализуется средствами ручного или автоматического регулирования по одному или нескольким управляющим параметрам. Очевидно, что наиболее эффективный в энергетическом и технико-экономическом отношении алгоритм управления динамическим режимом работы теплообменника может быть выявлен только в виде решения соответствующей математической модели.

В [1] рассматривается математическая модель динамического режима работы теплообменников. Информационная структура процесса теплообмена представлена следующей схемой, рис.1.

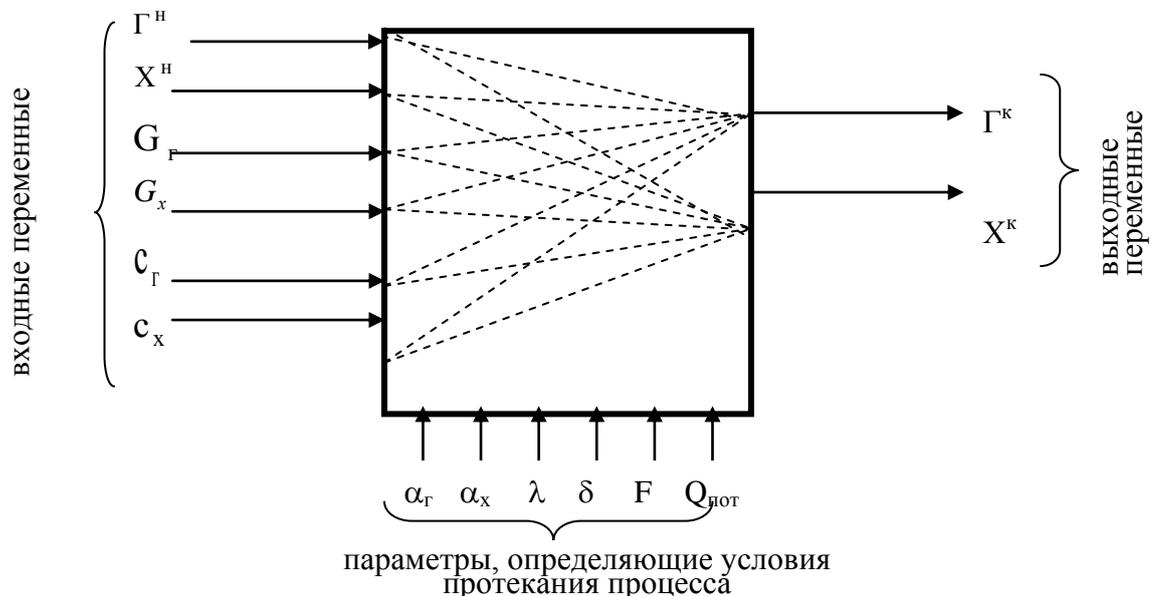


Рис.1. Схема информационной структуры теплообмена.

$\alpha_\Gamma$  ( $\alpha_x$ ) – коэффициенты теплопередачи со стороны горячего (холодного) потока

$\delta$ - толщина стенки

$\lambda$ - теплопроводность стенки

F- поверхность теплообмена

$Q_{\text{пот}}$  –потери теплоты в окружающую среду.

$\Gamma^H (X^H)$  – начальная температура горячего (холодного) потока.

$\Gamma^K (X^K)$  – конечная температура горячего (холодного) потока.

$G_r (G_x)$ -массовый расход горячего ( холодного ) потока

$c_r (c_x)$  – теплоёмкость горячего ( холодного ) потока.

Упрощенная схема процесса передачи теплоты на I-той ступени предлагается в [2 ].

$$Q_i = k_i F_i \Delta \Gamma_i \quad (1)$$

$$\Delta \Gamma_i = \frac{\Gamma_{i-1} - \Gamma_i}{\ln \left( \frac{\Gamma_{i-1} - X_i}{\Gamma_i - X_i} \right)} \quad (2)$$

$$Q_i = \lambda_i W_i \quad (3)$$

$$Q_i = G c_p (\Gamma_{i-1} - \Gamma_i) \quad (4), \text{ где}$$

$Q_i$  –количество теплоты передаваемой холодному потоку на I-той ступени,

$\lambda_i$ -теплоёмкость горячего потока,

$W_i$ -водяной эквивалент горячей потока,

$\Gamma_i (X_i)$ -температура горячего ( холодного ) потока на I-той ступени, рис.2.

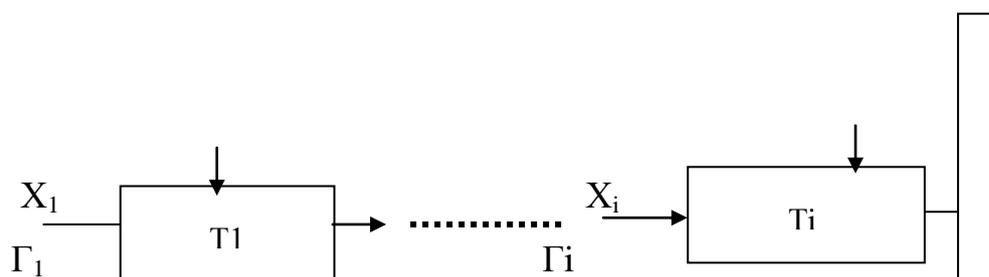


Рис.2. Схема теплообменной системы с естественной циркуляцией продуктов сгорания.

Предлагаемый в [2] подход позволяет получить решения, определяющие влияние величины изменения входных параметров среды на ее выходные параметры.

$$|\Delta G| \leq \frac{\alpha G^2}{A_i}$$

Решим (1), (2), (4) откуда

$$\Gamma_i = X_i + e^{-A_i/G} (\Gamma_{i-1} - X_i), \quad (5)$$

где 
$$A_i = \frac{k_i F_i}{c_p}$$

Рассмотрим изменения входных параметров в уравнении (5). Найдем интервалы в пределах, которых температура горячего потока  $\Gamma_i$  не будет меняться.

Пусть  $G^{изм} = G + \Delta G$ . Исследуем изменения в уравнении (5)

$$\Gamma_i^{изм} = X_i + e^{-A_i/(G+\Delta G)} (\Gamma_{i-1} - X_i) \quad (6)$$

$$-\frac{A_i}{G+\Delta G} = -\frac{A_i}{G(1+\frac{\Delta G}{G})} = -\frac{A_i}{G} \left(1 - \frac{\Delta G/G}{1+\Delta G/G}\right) = -\frac{A_i}{G} + \frac{A_i}{G} \underbrace{\frac{\Delta G}{G+\Delta G}}_{\text{коэф. изменения}}$$

$$e^{-A_i/(G+\Delta G)} = e^{-A_i/G} e^{\frac{\Delta G A_i}{G^2 + \Delta G G}}$$

Для того чтобы температура на  $i$ -том ТО не изменилась, коэффициент изменения должен стремиться к нулю, так как все остальные величины ограничены техническими параметрами системы. Пусть он будет равен  $\alpha$ , где  $\alpha$ - величина бесконечно малая и стремится к нулю. Тогда, если массовый расход горячего потока изменится на величину

$$\left| \frac{\Delta G A_i}{G^2 + G \Delta G} \right| \leq \alpha$$

температура на  $i$ -том ТО останется неизменной. Решив неравенство относительно  $\Delta G$  получим:

$$\frac{-\alpha G}{\frac{A_i}{G} + \alpha} \leq \Delta G \leq \frac{\alpha G}{\frac{A_i}{G} - \alpha}$$

При  $\alpha \rightarrow 0$  интервал изменения для  $\Delta G$ ,

Очевидно, что изменения в пределах этого интервала не повлияют на температуру горячего потока.

Пусть температура горячего потока на предыдущей ступени изменится на  $\Delta_{i-1}$ , как это повлияет на  $i$ -тый ТО?

$$\Gamma_i^{\text{ИЗМ}} = \Gamma_{i-1} + \Delta_{i-1}$$

Подставив значения в уравнение (5), получим

$$\Gamma_i^{\text{ИЗМ}} = X_i + e^{-A_i/G} (\Gamma_{i-1} + \Delta_{i-1} - X_i), \quad (7)$$

После преобразования получим линейную зависимость  $\Gamma_i$  от  $\Delta_{i-1}$ .

$$\Gamma_i^{\text{ИЗМ}} = \Gamma_i + \Delta_{i-1} e^{-A_i/G}.$$

Найдем пределы изменения для  $\Delta_{i-1}$

$$|\Delta_{i-1}| \leq e^{A_i/G} \alpha.$$

Рассмотрим случай изменения температуры холодного потока  $X_i^H$  на величину  $\Delta$

$$X_i^{\text{ИЗМ}} = X_i + \Delta$$

$$\Gamma_i^{\text{ИЗМ}} = X_i + \Delta + e^{-A_i/G} (\Gamma_{i-1} - X_i - \Delta). \quad (8)$$

После преобразования

$$\Gamma_i^{\text{ИЗМ}} = \Gamma_i + \Delta(1 - e^{-A_i/G}),$$

откуда интервал для  $\Delta$

$$|\Delta| \leq \frac{\alpha}{1 - e^{-A_i/G}}, \quad |\Delta| \leq \frac{\alpha e^{A_i/G}}{e^{A_i/G} - 1}$$

Зависимости (6),(7),(8) устанавливают так же интервалы изменения параметров теплообменивающихся сред, при которых изменение выходных параметров не превышает заданных значений.

### **Литература:**

1. Кафаров В. В., Мешалкин В. П., Гурьева Л. В. Оптимизация теплообменных процессов и систем. – М.: Энергоатомиздат, 1988, 191 с.
2. Каневец Г.Е., Обобщенные методы расчета теплообменников. – К.: Наук. думка, 1979, 352 с.
3. Василенко А.И., Новгородский Е.Е. Оптимизация аэродинамических систем комплексного использования теплоты [Текст]: Монография/ А.И. Василенко – Ростов-н/Д.: Рост. гос. строит. ун-т, 1999. – 175с.

4. Гапонов В.Л., Медиокритский Е.Л., Новгородский Е.Е. Защита окружающей среды при технологическом использовании продуктов сгорания теплообменными системами [Текст]: Монография/В.Л. Гапонов. – РГАСХМ. Ростов н/Д, 1998. –268с. – ISBN 5-89071-042-7
5. Новгородский Е.Е., Василенко А.И., Корабельников Е.Г. Оптимизация поперечных сечений линий связи установок комплексного использования теплоты [Текст]// Проблемы энергосбережения и экологии при использовании углеводородных топлив. Сборник трудов международной конференции. Часть 1. – Ростов-на-Дону: Рост.гос. строит. ун-т. 2000. – с.66–70.
6. Новгородский Е.Е., Василенко А.И., Корабельников Е.Г. Расчет оптимальных конструкционных параметров теплообменных аппаратов [Текст]// В сб. Седьмая Всероссийская школа-коллоквиум по стохастическим методам. Тезисы докладов. М.: ТВП, 2000, с.397-398.
7. Смирнов Р.В., Бахвалов Б.Ю. Математическое моделирование теплообменных процессов в энергосберегающих гелиоустановках. Республики [Электронный ресурс] // «Инженерный вестник Дона», 2012, №1. – Режим доступа: <http://ivdon.ru/magazine/archive/n1y2012/677> (доступ свободный) – Загл. с экрана. – Яз. рус.
8. Grantham Stephanie, Household energy consumption, conservation & efficiency. Literature Review / Alice Solar City: Literature Review, 2010. 43p.(<http://www.alicesolarcity.com.au/sites/default/files>)
9. Керимов И.А., Дебиев М.В, Магомадов Р. А-М, Хамсуркаев Х.И. Ресурсы солнечной и ветровой энергии Чеченской Республики [Электронный ресурс] // «Инженерный вестник Дона», 2012, №1. – Режим доступа: <http://ivdon.ru/magazine/archive/n1y2012/677> (доступ свободный) – Загл. с экрана. – Яз. рус.
10. A literature review on Energy Innovation Systems Structure of an emerging scholarly field and its future research directions / Bernhard Truffer,

Jochen Markard, Christian Binz, Staffan Jacobsson. – 2012, November. - 40p.  
([http://www.eis-all.dk/upload/eis/eis\\_radarpaper\\_final.pdf](http://www.eis-all.dk/upload/eis/eis_radarpaper_final.pdf)).