

## РАЗРАБОТКА МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ САУ ПРОТИВОТОЧНЫМ ТЕПЛООБМЕННЫМ АППАРАТОМ

**Зайцев В.А., студент**

*(ГВУЗ «Донецкий национальный технический университет», г. Донецк, Украина)*

### **Актуальность.**

Теплообменные аппараты являются неотъемлемой частью большинства технологических процессов, поэтому задача автоматизации противоточных теплообменных аппаратов является весьма важной вследствие существенной энергоемкости теплообменников и их широкой распространенности в промышленной практике.

Процессы передачи тепла с помощью теплообменников от одной жидкой среды к другой находят очень широкое применение в промышленной и коммунальной сфере, бытовом секторе. Часто мы просто пользуемся результатом теплообмена, не придавая этому никакого значения, не видя самого процесса.

Кожухотрубные теплообменники относятся к наиболее распространенным аппаратам. Их применяют для теплообмена и термохимических процессов между различными жидкостями, парами и газами – как без изменения, так и с изменением их агрегатного состояния.

### **Цель.**

Повышение качества процесса управления системой автоматического управления теплообменным аппаратом за счет обзора известных решений управления теплообменниками, а также его анализа как объекта управления.

### **Постановка задачи.**

Моделирование процесса управления температурой технологического потока на выходе из теплообменника при действии возмущающих воздействий и анализ качества управления теплообменным аппаратом.

### **Теплообменный аппарат как объект управления.**

С учетом реальных условий работы, все существенные факторы, влияющие на процесс теплообмена, разбиваются на следующие группы [2]:

1. Контролируемые возмущения – это те возмущения, которые можно измерить, но невозможно или недопустимо стабилизировать (расход питания, подаваемого непосредственно из предыдущего аппарата; температура окружающей среды и т.п.). Для исследуемого процесса такими возмущениями являются: температура теплоносителя  $T_{гор}^{вх}$ , а также температура и расход нагреваемого потока  $T_{хол}^{вх}$ ,  $G_{хол}$  на входе в аппарат.

2. Неконтролируемые возмущения – возмущения, которые невозможно или нецелесообразно измерять непосредственно. Первые – это падение активности катализатора изменение коэффициентов тепло- и массопередачи и т.п. В качестве неконтролируемых возмущений в данном объекте может выступать накипь, образовавшаяся на поверхности трубок внутри теплообменника, а также давление пара, участвующего в теплообмене.

3. Выходные переменные. Из их числа выбирают регулируемые координаты. При построении замкнутых систем регулирования в качестве регулируемых координат выбирают технологические параметры, изменение которых свидетельствует о нарушении материального или теплового баланса в аппарате. К ним относятся: температуры теплоносителей  $T_{гор}^{вых}$  и  $T_{хол}^{вых}$ .

4. Управляющие переменные – входные сигналы объекта управления, с помощью которых можно влиять на режим работы объекта: величина расхода теплоносителя  $G_{гор}$ .

На рисунке 1 показана структурная схема поверхностного теплообменника.

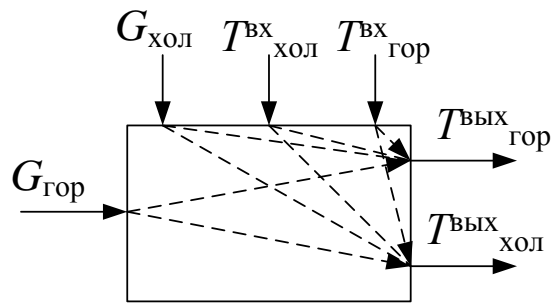


Рисунок 1 – Схема взаимосвязей между переменными в теплообменном аппарате

Регулирование поверхностных противоточных теплообменников заключается в поддержании постоянства температуры одного из теплоносителей на выходе из теплообменника, например,  $T_{x2}$ .

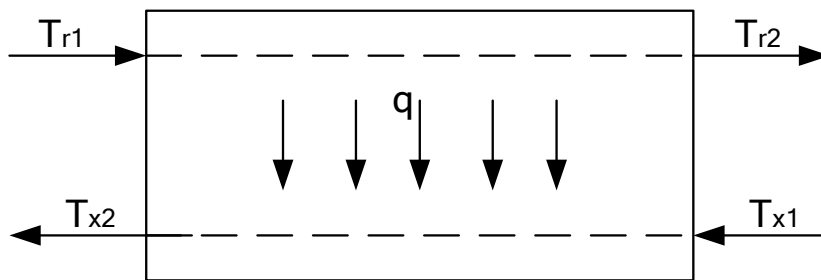


Рисунок 2 – Структурная схема поверхностного противоточного теплообменника

Температура  $T_{x2}$  зависит от скорости передачи тепла или теплового потока  $q$  через стенку; в свою очередь эта температура определяется движущей силой процесса или средним температурным напором  $\Delta T_{cp}$ .

Для проведения моделирования зададимся начальными данными:

$F=282 \text{ м}^2$  – поверхность теплообменника

$v_1 = v_2 = 4400 \text{ м}^3/\text{ч}$  – объемная скорость рабочих сред

$c_1 = c_2 = 0,33 \text{ м}^3 \cdot \text{град}$  – удельная теплоемкость сред

$\alpha_1 = \alpha_2 = 12 \text{ м}^2 \cdot \text{ч} \cdot \text{град}$  – коэффициент теплоотдачи

$G=5400 \text{ кг}$  – вес теплообменных труб

$c_{ст} = 0,115 \text{ кг} \cdot \text{град}$  – удельная теплоемкость материала поверхности теплообмена при установившемся режиме

$T_{1н} = 470 \text{ }^\circ\text{C}$  – температура первичного теплоносителя

$T_{2н} = 50 \text{ }^\circ\text{C}$  – температура вторичного теплоносителя

С учетом изложенного выше математическая модель в рассматриваемой задаче примет вид:

$$T_{\text{вых}1} = \frac{2}{\alpha_1 F_1} * \frac{dQ_1}{dt} + 2T_{cm} - T_{\text{ex}1}$$

$$T_{\text{вых}2} = -\frac{2}{\alpha_2 F_2} * \frac{dQ_2}{dt} + 2T_{cm} - T_{\text{ex}2}$$

$$T_{cm} - T_{cm0} = \frac{1}{G_{cm} c_{cm}} \int_0^t \left( \frac{dQ_1}{dt} - \frac{dQ_2}{dt} \right) dt$$

$$\frac{dQ_1}{dt} = v_1 c_1 (T_{\text{вых}1} - T_{\text{ex}1})$$

$$\frac{dQ_2}{dt} = v_2 c_2 (T_{\text{вых}2} - T_{\text{ex}2})$$

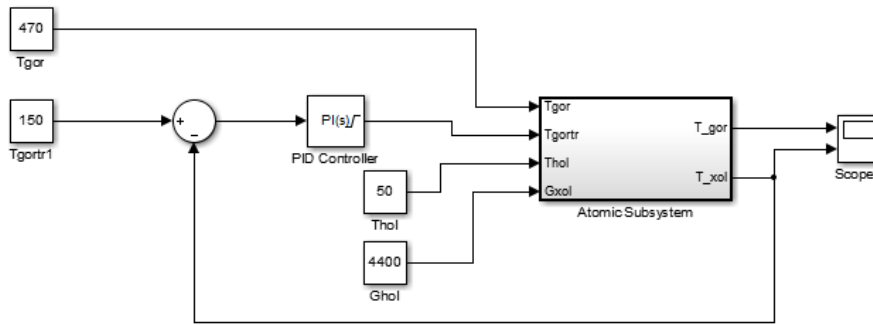


Рисунок 3 – Схема моделирования САУ

Исходя из данной математической модели, составим схему моделирования теплообменника:

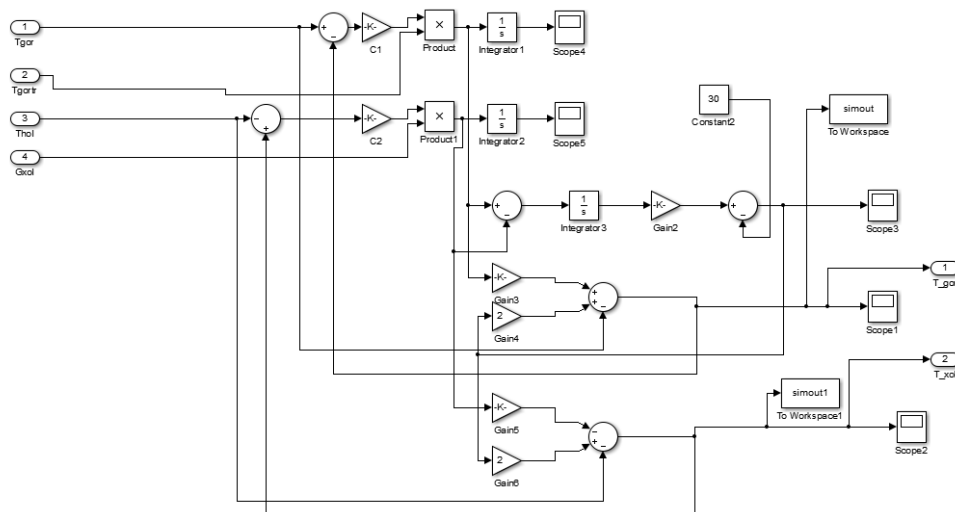


Рисунок 4 – Схема моделирования противоточным теплообменным аппаратом

Для регулирования требуемой температуры на выходе из теплообменника будем изменять расход горячего теплоносителя с помощью автоматически настроенного ПИ-контроллера.

В результате моделирования получаем следующие переходные процессы:

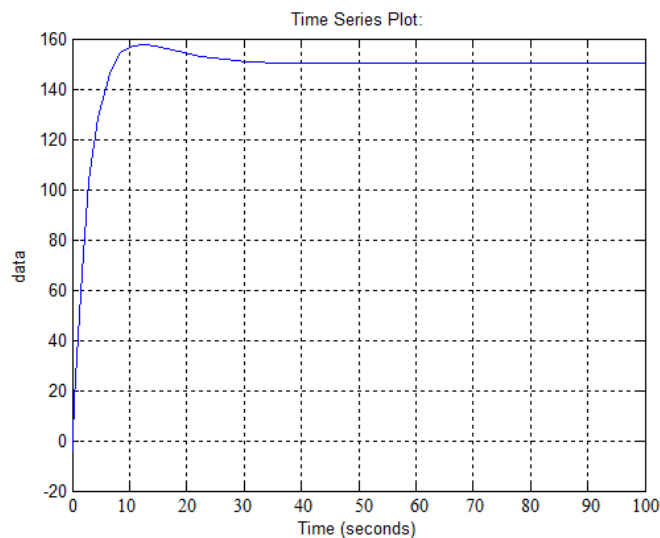


Рисунок 5 – Переходная характеристика горячего теплоносителя на выходе из теплообменника

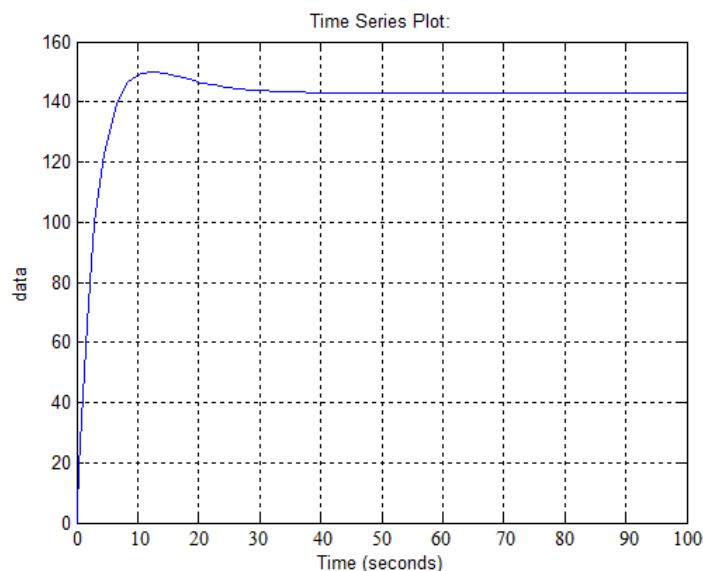


Рисунок 6 – Переходная характеристика холодного теплоносителя на выходе из теплообменника

Как видим полученные переходные характеристики имеют хорошие показатели качества управления системы: перерегулирование около 5%, время переходного процесса порядка 15 с.

**Выводы.**

1. Выделены существенные факторы, влияющие на процесс автоматизации.
2. Анализ теплообменного аппарата как объекта управления показал, что исследуемый объект автоматизации является сложным, многомерным и многосвязным объектом управления, что не учтено существующими системами автоматического управления.
3. Исходя из полученной математической модели и проведенного моделирования системы автоматического управления теплообменным аппаратом установлено, что данная модель теплообменника имеет хорошие показатели качества управления при правильно настроенном ПИ-регуляторе.

Перечень ссылок

1. Дудников Е.Г. Автоматическое управление в химической промышленности/ Е.Г. Дудников, А.В. Казаков, Ю.Н. Софиева, А.Э. Софиев, А.М. Цирлин – Москва: Химия, 1987. – 368 с.
2. Лапшенков Г.И. Автоматизация производственных процессов в химической промышленности/ Г.И. Лапшенков, Л.М. Полоцкий – Москва: Химия, 1982. – 377 с.
3. Иоффе И.Л. Проектирование процессов и аппаратов химической технологии/ И.Л. Иоффе – Л.: Химия, 1991. – 352 с.
4. Чернышев Н.Н. Математическое описание процесса теплообмена в противоточных теплообменных аппаратах / Н.Н. Чернышев, В.В. Турупалов, А.А. Прядко // Наукові праці Донецького національного технічного університету. Сер. обчислювальна техніка та автоматизація, випуск 21 (183). – Донецьк: ДонНТУ. – 2011, С. 55-60.
5. Чернышев Н.Н. Настройка регуляторов температуры газов в системе автоматического управления производства серной кислоты / Н.Н. Чернышев // Збірник наукових праць Інституту проблем моделювання в енергетиці ім. Г.Є. Пухова, гол. ред. В.Ф.Євдокимов. – Київ: Інститут проблем моделювання в енергетиці ім. Г.Є. Пухова, 2012. – Випуск 65. – С. 101-107.