



УДК 662.6/.9

ИССЛЕДОВАНИЕ ДИНАМИКИ ПРОЦЕССА НАГРЕВАНИЯ УГЛЕВОДОРОДНОГО СЫРЬЯ В ТРУБЧАТОМ АППАРАТЕ

STUDY OF THE DYNAMICS OF THE PROCESS OF HEATING HYDROCARBONS IN A TUBULAR APPARATUS

Худайбердиев Абсалом Абдурасулович

кандидат технических наук, доцент,
старший научный сотрудник лаборатории
«Процессы и аппараты химической технологии»,
Институт общей неорганической химии
Академии наук Республики Узбекистан
jarayon@mail.ru

Khudaiberdiyev Absalom Abdurasulovich
Candidate of technical Sciences,
Associate Professor,
Senior researcher of the laboratory
Processes and devices of chemical technology,
Institute of General inorganic chemistry of
Academy of Sciences
of the Republic of Uzbekistan
jarayon@mail.ru

Аннотация. В статье приведены результаты математического моделирования процесса нагревания углеводородного сырья в опытном трубчатом теплообменнике.

Annotation. The article presents the results of mathematical modeling of the process of heating hydrocarbon raw materials in a pilot tubular heat exchanger.

Ключевые слова: углеводородное сырьё, нефть, нагревание, пар, теплообменник; теплообменная труба, моделирование, модель, динамика, переходные процессы.

Keywords: hydrocarbon raw materials, oil, heating, steam, heat exchanger; heat exchange pipe, modeling, model, dynamics, transients.

Используя методов системного анализа нами определена иерархическая структура процесса нагревания углеводородного сырья парами дистиллятов топливных фракций в трубчатых теплообменниках и построена его математическая модель, включающей в себя локальные математические описания элементарных процессов конденсации пара в кожухе (1), изменения температуры жидкости в камере распределения (2), теплообмена в стенках трубок (3) и подогрева жидкости в трубках (4) аппарата, включая выражений для определения плотности (5) и теплоемкости (6) сырья:

$$\left\{ \begin{array}{l} t_{кнj} = t_{кнj-1} + (t_{кн\text{вх}} - t_{кнj-1}) \cdot (D_{п}/V_{крп}) \cdot \Delta\tau; \quad (1) \\ t_{жj} = t_{жj-1} + (t_{ж\text{вх}} - t_{жj-1}) \cdot (G_{ж}/V_{кам}\rho_{ж}) \cdot \Delta\tau; \quad (2) \\ dt_{см2}/dt = [4/(d_{нр}^2 - d_{вн}^2) \cdot \rho_{см}c_{см}] \cdot [\alpha_1 d_{нр}(t_{кн} - t_{см1}) - \alpha_2 d_{вн}(t_{см2} - t_{ж1})]; \quad (3) \\ d_{вж2}/dt = (4/\pi \cdot d_{вн}^2 \ln\rho_{ж2}c_{ж2}) \cdot [G_{ж}(c_{ж1}t_{ж1} - c_{ж2}t_{ж2}) + \alpha_2 \cdot \pi d_{вн} \ln(t_{см2} - t_{ж1})]; \quad (4) \\ \rho_4^t = 1000\rho_4^{20} - \frac{0,58}{\rho_4^{20}}(t - 20) - \frac{[t - 1200(\rho_4^{20} - 0,68)]}{1000} \cdot (t - 20); \quad (5) \\ c_p = 1,5072 + \frac{T - 223}{100} \cdot (1,7182 - 1,5072\rho_4^{20}), \quad (6) \end{array} \right.$$

где $D_{п}$, $t_{кн}$ и $\rho_{п}$ – расход, температура конденсации и плотность углеводородных паров; $G_{ж}$ и $\rho_{ж}$ – расход и плотность нагреваемого сырья; $d_{нр}$, $d_{вн}$ и n – наружный и внутренний диаметры теплопередающих труб и их количество в аппарате; $t_{см}$, $\rho_{см}$ и $c_{см}$ – температура, плотность и теплоемкость материала труб; $t_{ж1}$ и $t_{ж2}$ – температура сырья на входе и выходе из аппарата; ρ_4^{20} , $\rho_{ж}$ и $c_{ж}$, – плотность и теплоемкость сырья; α_1 и α_2 – коэффициенты теплоотдачи, определяемые по данным опытов, в зависимости от гидродинамических режимов потоков в межтрубном и трубном пространствах теплообменника.

Предложенная модель процесса позволит исследовать переходные характеристики процесса – изменения температуры теплоносителей по времени τ в конструктивных зонах теплообменного аппарата.

На математической модели процесса нами исследованы динамические характеристики опытного трубчатого теплообменника [1, 2]. Целью исследований являлись установление влияния различных технологических факторов (возмущающих воздействий) на характер изменения температуры нагреваемого сырья на выходе из аппарата.

Компьютерное моделирование процесса динамику подогрева сырья выполнено с использованием матричной системы MATLAB 7. При исследованиях трубная часть опытного теплообменника по



длине разделено на четыре квазиаппарата – подсистемы по структуре потоков теплоносителей. По результатам компьютерного моделирования построены кривые переходных процессов по температуре теплоносителей на выходе из теплообменника модельном трубчатом теплообменнике по данным опытов (рис. 1 и 2).

Как видно из рисунка 1, в ходе процесса температура нефти на выходе из опытного теплообменника может достичь от 30 до 69 °С (кривая 4). Продолжительность переходного процесса нагревания в аппарате при заданном расходе нефти $G_H = 0,03556$ кг/с и ее начальной температуре $t_{H1} = 30$ °С составляет 800–950 с. При этом горячий теплоноситель (пары газового конденсата) в количестве $G_{ЭК} = 0,009$ кг/с отдавая свое тепло холодной нефти охлаждается от 106 °С до $t_{ЭК2} = 75,7$ °С (кривая 8) в течении 700–1100 с.

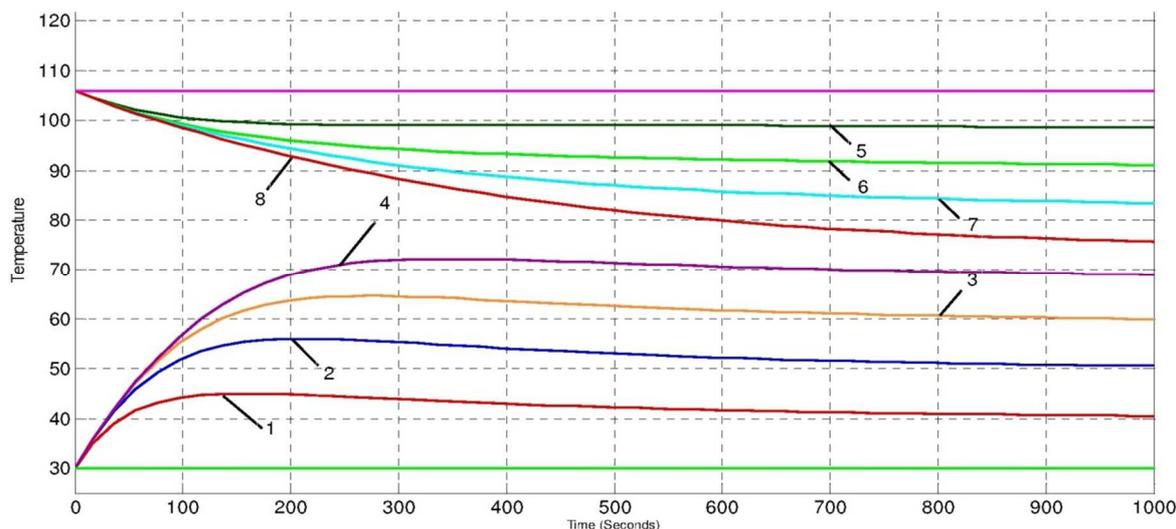


Рисунок 1 – Переходные характеристики модельного квазитрубчатого модельного теплообменника по температуре теплоносителей:
 по каналу движения нефти: 1 – 30÷40,6 °С, $\tau = 800$ с; 2 – 30÷50,6 °С, $\tau = 900$ с;
 3 – 30÷60 °С, $\tau = 900$ с; 4 – 30÷69 °С, $\tau = 950$ с;
 по каналу движения теплоносителя: 5 – 106÷98,7 °С, $\tau = 700$ с; 6 – 106÷91,1 °С, $\tau = 800$ с;
 7 – 106÷83,5 °С, $\tau = 900$ с; 8 – 106÷75,7 °С, $\tau = 1100$ с

На рисунке 2 представлены переходные характеристики модельного теплообменника по температуре теплоносителей при значениях их начальной температуры $t_{H1} = 20, 23$ и 30 °С и $t_{ЭК1} = 106, 108$ и 126 °С в указанных выше их расходах.

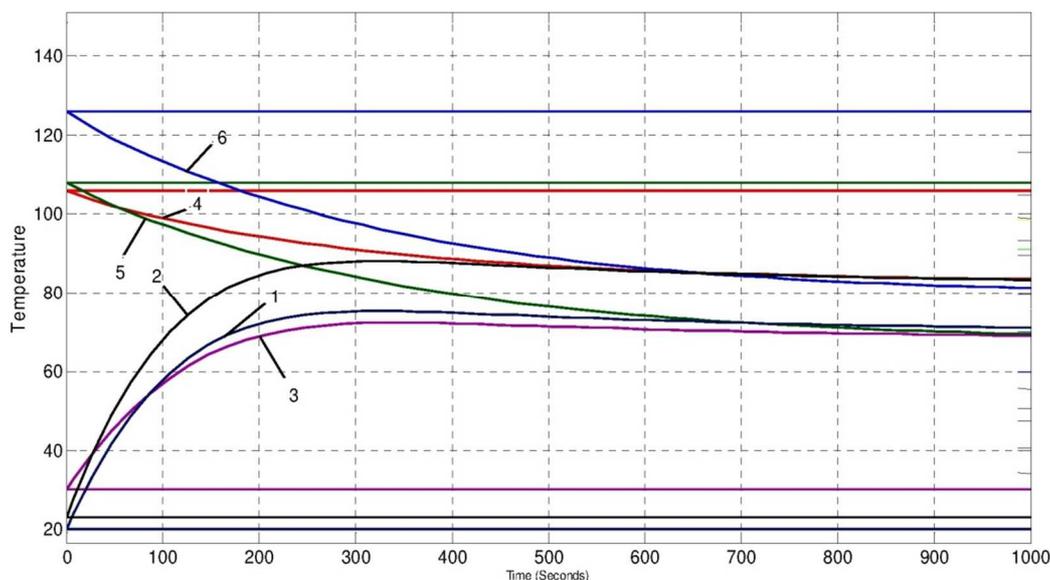


Рисунок 2 – Переходные характеристики лабораторного трубчатого теплообменника по температуре теплоносителей: 1 – $t_{H2} = 20 \div 71$ °С, $\tau = 700$ с и 5 – $t_{ЭК2} = 108 \div 69,4$ °С, $\tau = 1000$ с; 2 – $t_{H1} = 23 \div 83,4$ °С, $\tau = 700$ с и 6 – $t_{ЭК1} = 126 \div 81,2$ °С, $\tau = 1100$ с; 3 – $t_{H1} = 30 \div 69$ °С, $\tau = 800$ с и 4 – $t_{ЭК1} = 106 \div 75,7$ °С, $\tau = 750$ с



Из рисунка 2 видно, что в модельном теплообменнике нефть в трех вариантах компьютерного эксперимента подогревается от 20 до 71 °С (кривая 1), от 23 до 83,4 °С (кривая 2) и от 30 до 69 °С (кривая 3). При этих вариантах экспериментов горячий теплоноситель (пары газового конденсата) в ходе процесса охлаждается соответственно от 108 до 69,4 °С (кривая 5), от 126 до 81,2 °С (кривая 6) и от 106 до 75,7 °С (кривая 4).

Продолжительность переходного процесса в модельном аппарате по каналу движения нефти при ее расходе $G_H = 0,03556$ кг/с составляет 700–800 с, а по каналу движения теплоносителя колеблется в пределах 700–1100 с, в зависимости от начальной их температуры.

Плавность переходных характеристик по температуре теплоносителей в течении всего периода экспериментов свидетельствует о динамической устойчивости и управляемости процесса в условиях наличия возмущающих воздействий по каналу «расход – температура» в модельном теплообменнике.

Литература:

1. Салимов З.С., Худайбердиев А.А., Худайбердиев Аб.А. Распределение температуры нефти при нагревании её парами углеводородного сырья в двухтрубчатом теплообменнике // Узбекский химический журнал. – Ташкент, 2011. – № 3. – С. 72–75.
2. Салимов З.С., Худайбердиев А.А., Худайбердиев Аб.А. Изучение процесса нагревания нефти углеводородными парами в трубчатом аппарате // Узбекский химический журнал. – Ташкент, 2011. – № 5. – С. 57–61.

References:

1. Salimov Z.S., Khudaiberdiev A.A., Khudaiberdiev Ab.A. Distribution of oil temperature by steam heating of hydrocarbon raw materials in a two-pipe heat exchanger // Uzbek Chemical Journal. – Tashkent, 2011. – № 3. – P. 72–75.
2. Salimov Z.S., Khudaiberdiev A.A., Khudaiberdiev Ab.A. Study of the process of oil heating with carbon-carbon vapor in the tubular apparatus // Uzbek Chemical Journal. – Tashkent, 2011. – № 5. – P. 57–61.