

Список литературы: 1. Неразрушающий контроль металлов и изделий /Под ред. Г.С. Самойловича. – М.: Машиностроение, 1976. – 456 с. 2. Герасимов В.Г. Электромагнитный контроль однослойных и многослойных изделий. – М.: Энергия, 1977. – 160 с. 3. Ковашевич И.П. Ферромагнитный цилиндр в проходном вихретоковом преобразователе. Численное решение обратной задачи // Дефектоскопия. – 1984. – № 9. – С. 8-12. 4. Себко В.П., Авраменко А.А., Друнов В.А., Тюпа В.И. Измерение удельной электрической проводимости цилиндрических изделий // Дефектоскопия. – 1984. – №6. – С. 12-15. 5. Сиренко Н.Н., Лямпарт Е., Багмет О.Л. Многопараметровый преобразователь контроля цилиндрических токопроводов. – В сб.: Третья Республиканская научно-техническая конференция "Устройства преобразования информации для контроля и управления в энергетике". – Харьков. – 1988. – С. 236-237. 6. Багмет О.Л., Машнева И.В., Себко В.В., Москаленко И.И. Расчет характеристик электромагнитного преобразователя температуры // Измерительная техника. – Харьков. – 1997. – № 1. – С. 57-60. 7. Себко В.П., Ду Хуан Янг Дифференциальный многопараметровый контроль цилиндрических изделий // Вестник Харьковского государственного политехнического университета. – Харьков: ХГПУ. – 1999. – Вып. 61. – С. 343-344. 8. Себко В.П., Сомхива О.С. Определение ожидаемых значений сигналов дифференциального двухпараметрового преобразователя // Український метрологічний журнал. – Харків. – 2000. – Вип. 1. – С. 50-53. 9. Себко В.П., Кириченко С.Н. К теории работы трансформаторного электромагнитного преобразователя с плоским проводящим изделием // Технічна електродинаміка. – Київ: Ін-т електродинаміки НАНУ. – 2000. – Тем. випуск, Ч. 1. – С. 93-98. 10. Себко В.П., Кириченко Р.И. Определение пределов измерений сигналов электромагнитного преобразователя с плоским проводящим изделием // Вісник Національного технічного університету "Харківський політехнічний інститут". – Харків: НТУ "ХПИ". – 2000. – Вип. 12. – С. 403-406. 11. Себко В.В. Трансформаторный вихретоковый датчик с пластиной, зондируемой полем кратных частот // Український метрологічний журнал. – Харків. – 2007. – Вип. 2. – С. 26-29. 12. Дунаев Б.Б. Точность измерений при контроле качества. – К.: Техніка, 1981. – 150 с. 13. Левшина Е.С., Новицкий П.В. Электрические измерения физических величин. – Л.: Энергоатомиздат, 1983. – 320 с.

Надійшла до редколегії 19.10.2012

УДК 006.015.5

Повышение точности измерений и достоверности контроля параметров ферромагнитных плоских изделий при реализации многопараметрового метода на базе теплового дифференциального устройства. // Себко В. В., Бабенко В. Н., Себко В. П. / Вісник НТУ «ХПИ». Серія: Нові рішення в сучасних технологіях. – Харків: НТУ «ХПИ». – 2012. – №47(953). – С. 239–245. Бібліогр.: 13 назв.

Досліджено можливість підвищення точності вимірювань та вірогідності контролю параметрів сталеві феромагнітної пластини за рахунок реалізації диференційного багатопараметрового вихорострумного метода.

Ключові слова: точність вимірювань, вірогідність контролю, плоский виріб, магнітна проникність, температура, сигнал, похибки вимірювань, амплітуда ЕРС, кут зсуву фаз, диференційний метод, тепловий перетворювач.

The possibility of improving the accuracy and reliability of the measurement parameters control the ferromagnetic steel plate through the implementation of multi-parameter differential eddy current method.

Key words: accuracy of measurement, reliability of control, plate article, magnetic permeability, temperature, signals, measurement error, amplitude of the EMF, angle out of phase, differential method, converter heat.

УДК 621.565.954

А. А. ШЕВЕЛЕВ, канд. техн. наук, проф., НТУ «ХПИ»,
А. Н. ТАРАСЕНКО, м.н.с., НТУ «ХПИ».

ДИНАМИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ РЕКУПЕРАТИВНОГО ПРОТИВОТОЧНОГО ТЕПЛООБМЕННОГО АППАРАТА

Численным методом бегущего счета решена связанная система дифференциальных уравнений динамики рекуперативного противоточного теплообменника. Рассчитаны отклики входных температур потоков на экспоненциальный закон увеличения входной температуры греющего теплоносителя.

Ключевые слова: холодное прямое выдавливание с раздачей, силовые режимы, удельные усилия, качество профилей, трение, конечное формообразование.

© А. А. Шевелев, А. Н. Тарасенко, 2012

Введение. Промышленные аппараты рассчитываются на наиболее выгодный стационарный режим. В большинстве случаев стационарный режим работы является условным, поскольку имеют место некоторые изменения параметров на входе, а соответственно и на выходе. Знание динамических свойств производственных объектов и процессов позволяет либо предусмотреть какими будут эти изменения, либо построить эффективные системы управления для поддержания нестационарного режима в рамках наиболее близких к выгодному стационарному режиму.

В процессе эксплуатации рекуперативных теплообменников могут меняться входные параметры теплоносителей, такие как скорость, температура и давление. В этом случае основной задачей оптимального режима работы теплообменных аппаратов является обеспечение максимально возможного КПД основного оборудования (парогенератора, газовых печей и др.) или тепловой схемы производства, где теплообменник является рабочим или регулируемым звеном автоматического управления или контроля [1, 2].

Наиболее частыми случаями изменения входных параметров теплоносителей является изменение температуры горячего теплоносителя при относительно стабильном расходе и давлении.

Анализ последних исследований и литературы. Обзор литературы по нестационарным процессам в теплообменных аппаратах [1, 3-5] позволяет сделать вывод, что данная работа расширяет возможности теоретического анализа переходных процессов в теплообменных аппаратах на основе последних достижений прикладной математики по численным методам решения дифференциальных уравнений в частных производных [5, 6]. Модификация устойчивых схем бегущего счета [5] применительно к математической модели (ММ) позволило получить устойчивый алгоритм численного расчета динамических характеристик рекуперативных теплообменных аппаратов.

Математическая модель. Рекуперативные пластинчатые теплообменники выполняются в виде пакета пластин, установленных таким образом, что они образуют два смежных канала, по одному из которых движется греющий теплоноситель, а по другому нагреваемый.

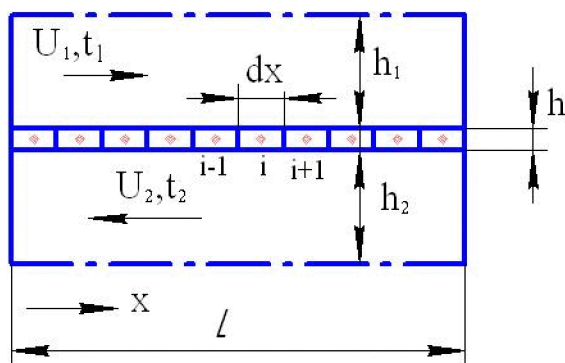


Рис. 1 – Расчетный модуль противоточного ТА.

Дифференциальные уравнения сохранения энергии для контрольного объема противоточного теплообменника можно выразить в форме:

- для теплоносителей

$$\frac{\partial t_1}{\partial \tau} + w_1 \frac{\partial t_1}{\partial x_1} + B_1(t_1 - t_c) = 0, \quad (1) \quad \frac{\partial t_2}{\partial \tau} + w_2 \frac{\partial t_2}{\partial y_2} + B_2(t_2 - t_c) = 0,$$

(2)

- для разделительной стенки

$$\frac{\partial t}{\partial \tau} + A(t_1 - t_c) + B(t_c - t_2) = 0, \quad (3)$$

где B_1, B_2, A_1, A_2 – размерные комплексы, определяемые соотношениями:

$$B_1 = \frac{\alpha_1}{c_1 \rho_1 h_1}; \quad (4)$$

$$B_2 = \frac{\alpha_2}{c_2 \rho_2 h_2}; \quad (5)$$

$$A = \frac{\alpha_1}{c \rho h}; \quad (6)$$

$$B = \frac{\alpha_2}{c \rho h}. \quad (7)$$

Дифференциальные уравнения (1–3) представляют собой математическую модель динамики противоточного пластинчатого теплообменника.

Для решения системы дифференциальных уравнений (1–3) запишем начальные и граничные условия.

Учитывая, что температура теплоносителей и стенки зависит только от одной координаты и времени, начальные условия можно сформулировать следующим образом: $\tau = 0, 0 \leq x \leq l$:

$$t_1(x, 0) = f_1(x); \quad (8)$$

$$t_2(x, 0) = f_2(x); \quad (9)$$

$$t(x, 0) = f(x); \quad (10)$$

где $f_1(x), f_2(x), f(x)$ – известные функции распределения температуры соответственно первого и второго теплоносителей и стенки в начальный момент времени.

В качестве граничных условий необходимо задать температуры теплоносителей на входе. В общем случае эти условия можно записать следующим образом:

для первого теплоносителя $\tau > 0, x = 0$:

$$t_1(0, \tau) = \varphi_1(\tau); \quad (11)$$

для второго теплоносителя $\tau > 0, x = 0$:

$$t_2(0, \tau) = \varphi_2(\tau) \quad (12)$$

Аналогично формулируются начальные и граничные условия для проточного теплообменного аппарата.

Алгоритм численного решения. Для решения системы дифференциальных уравнений был разработан численный алгоритм. Использовался численный метод, который базируется на неявных схемах бегущего счета, модифицированных с учетом сопряженности дифференциальных уравнений и особенности граничных условий.

Разностные уравнения бегущего счета для уравнений математической модели:
для первого теплоносителя

$$\frac{t_{1,i}^{k+1} - t_{1,i}^k}{\Delta \tau} + w_1 \frac{t_{1,i}^{k+1} - t_{1,i-1}^{k+1}}{\Delta x} + B_1(t_{1,i}^{k+1} - t_i^k) = 0, \quad (13)$$

для второго теплоносителя

$$\frac{t_{2,i}^{k+1} - t_{2,i}^k}{\Delta \tau} + w_2 \frac{t_{2,i}^{k+1} - t_{2,i+1}^{k+1}}{\Delta x} + B_2(t_{2,i}^{k+1} - t_i^{k+1}) = 0; \quad (14)$$

тоже для разделительной стенки

$$\frac{t_i^{k+1} - t_i^k}{\Delta \tau} + A(t_i^{k+1} - t_{1,i}^{k+1}) + B(t_i^{k+1} - t_{2,i}^k) = 0, \quad (15)$$

$$0 < i \leq N1$$

Результаты численного эксперимента. Исходные данные соответствуют реальным условиям эксплуатации пластинчатых теплообменных аппаратов. В качестве базовых были выбраны следующие исходные данные. Линейные размеры теплообменного аппарата соответствуют размерам серийно выпускаемых аппаратов ($h_c=0,001$ м; $h_1=0,005$ м; $h_2=0,005$ м). Греющая среда – уходящие газы среднего состава, нагреваемая – воздух. Скорости движения теплоносителей – 5 м/с. В расчетном исследовании температура продуктов сгорания при входе в воздухоподогреватель не превышала 500 °С. Температура воздуха на входе принималась постоянной, равной 20°С.

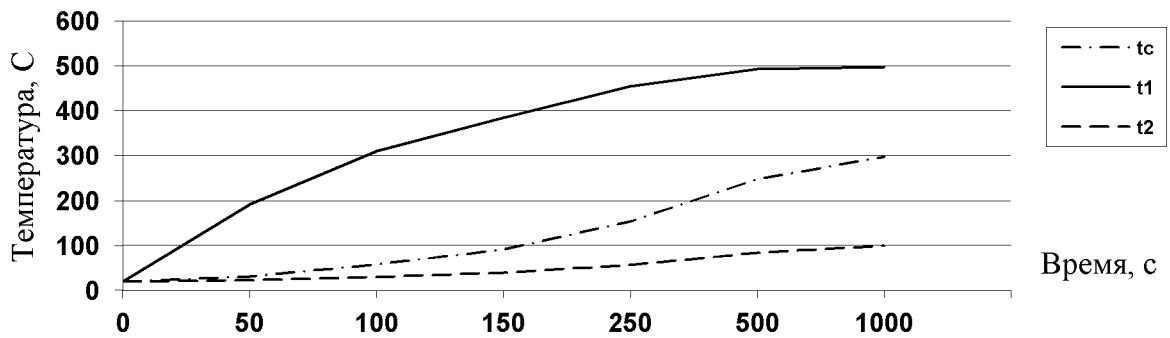


Рис. 2 – Изменение температуры теплоносителя и стенки на выходе из теплообменника

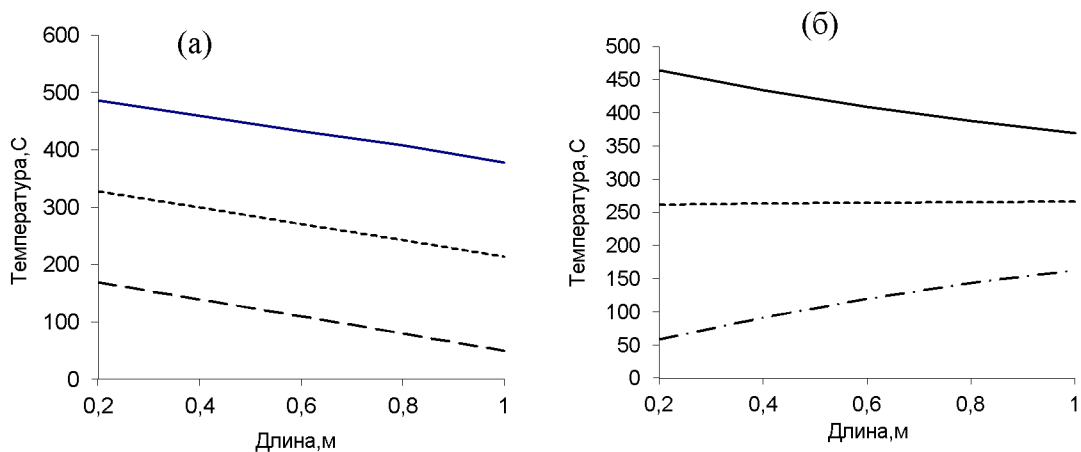


Рис. 3 – Изменения температур теплоносителей в ТА с противоточным (а) и прямоточным движением теплоносителей (б)

Анализ представленных результатов расчета показывает, что при использовании противоточной схемы достигаются более высокие значения температуры нагреваемого теплоносителя (воздух) на выходе из теплообменного аппарата. Однако более глубокое охлаждение греющего теплоносителя (дымовые газы) может негативно сказаться на надежности теплообменника, так как может привести к образованию влаги на поверхности пластины и появлению низкотемпературной коррозии элементов теплообменного аппарата.

Вывод. Разработана методика численного исследования динамики рекуперативного пластинчатого теплообменного аппарата с противоточным током теплоносителей. Численный алгоритм составлен из последовательно решаемых устойчивых разностных уравнений бегущего счета. Алгоритм приемлем для любого закона изменения температуры одного или одновременно двух теплоносителей. Настоящая методика позволит провести направленный параметрический анализ с целью выявить определенные закономерности, а также может быть положена в основу расчета пластинчатых теплообменников. Разработанная методика также может использоваться для определения статических характеристик теплообменного аппарата.

Список литературы: 1. Кафаров. В.В. Методы кибернетики в химии и химической технологии. – М.: Химия, 1976.–464 с. 2. Архипов Г.А. Автоматическое регулирование поверхностных теплообменников. – М.: Энергия, 1971.– 304 с. 3. Роми Ф.Е. Переходная характеристика теплообменника// Теплопередача.– 1984.– №3. – С. 119-126. 4. Федоров В.И. Метод элементарных балансов для расчета нестационарных процессов поверхностных теплообменных аппаратов/ В. И. Федоров, З. А. Марценюк. – К.: Наукова думка, 1977.–140 с. 5. Шокин Ю.И. Метод дифференциального приближения/ Ю.И. Шокин, Н.Н. Яненко. – Новосибирск: Наука, 1985.-372 с. 6. Марчук Г.И. Методы вычислительной математики. –М.: Наука, 1989.–608 с.

Поступила до редколегії 25.10.12

УДК 621.565.954

Динамические характеристики рекуперативного противоточного теплообменного аппарата / Шевелев А. А., Тарасенко А. Н. // Вісник НТУ «ХП». Серія : Нові рішення в сучасних технологіях. – Харьков: НТУ «ХП». – 2012. – №47(953). – С.245-249. – Бібліогр.: 6 назв.

Чисельним методом розрахунку, «що біжить», вирішена пов'язана система диференціальних рівнянь динаміки рекуперативного протиточного теплообмінника. Розраховані відгуки вхідних температур потоків на експонентний закон збільшення вхідної температури гріючого теплоносія.

Ключові слова: холодне пряме видавлювання з роздачею, силові режими, питомі зусилля, якість профілів, тертя, кінцеве формоутворення.

The numeral method of running account is decide coupled system of differential equations dynamics of recuperative counterflow heat exchanger. Calculated response of input flow temperatures for the exponential law of increasing the inlet temperature of heating fluid. shows the effect of the ratio of water equivalents heat carrying agents during the transition for a wide range variation the rate of increase inlet temperature of the heating medium.

Key words: cold straight extrusion with dispensing, specific stress, mode of deformation, friction, profile quality, final shaping.