

УДК 629.12.03-714.001.24

А.Р. Аблаев, инж.-конструктор*Центральное конструкторское бюро «Черноморец»**г. Севастополь, ул. Большая Морская, 1, Украина, 99011**E-mail: desco@stel.sebastopol.ua***КОМПЬЮТЕРНО-ИНТЕГРИРОВАННЫЙ МЕТОД ТЕПЛОВОГО РАСЧЕТА СУДОВЫХ ОХЛАДИТЕЛЕЙ МАСЛА И ВОДЫ**

Приводится алгоритм определения численного значения индекса противоточности для судовых охладителей масла и воды, позволяющий производить их тепловые расчеты в автоматизированной системе

Ключевые слова: компьютерно-интегрированный метод, тепловой расчет, судовой охладитель, индекс противоточности

Структуру математической модели процесса теплопередачи в теплообменном аппарате (ТА) составляет математическое описание процесса, которое представляет собой систему уравнений; каждое из них может быть любого вида (алгебраическое, трансцендентное, дифференциальное, интегральное и т.п.).

Приведенные в [1-3] математические описания процесса теплопередачи являются частными, пригодными только для отдельных конкретных случаев. Для компьютерно-интегрированного способа проектирования судовых охладителей масла и воды и других теплообменников, необходимо использовать обобщенную математическую модель, охватывающую любые схемы движения теплоносителей.

Целью работы является создание математической модели компьютерно-интегрированного метода теплового расчета.

Математической моделью теплового процесса может служить система уравнений

$$A = \frac{G_o c_{po}}{G_v c_{pv}} = \frac{t_{вк} - t_{вн}}{t_{он} - t_{ок}} = \frac{1}{R}, \quad (1)$$

$$\varepsilon = \frac{t_{он} - t_{ок}}{t_{он} - t_{вн}} = \frac{\delta t_o}{\Delta t_{расп}} = \frac{P}{A}, \quad (2)$$

где A – функция водяных эквивалентов теплоносителей в ТА; P – безразмерный температурный комплекс $P = (t_{вк} - t_{вн}) / (t_{он} - t_{вн})$. Входящая в уравнение (2) функция тепловой эффективности ТА ε равна

$$\varepsilon = \frac{2 \cdot [e^{S z_t} - 1]}{[z_t + (A + 1)] e^{S z_t} + z_t - (A + 1)}, \quad (3)$$

где $z_t = \sqrt{(A + 1)^2 - 4 p A}$, число единиц переноса тепла в ТА $S = kF / W_{\min}$.

Индекс противоточности ТА $p \in [0, 1]$ – показатель теплопередачного совершенства, учитывающий специфику движения теплоносителей (схемы тока). Универсальность модели следует из записи функции тепловой эффективности ТА ε , справедливой для любых ТА. Специфика схемы тока учитывается только с помощью индекса противоточности ТА (p).

Данную модель можно использовать при решении задач теплового расчета ТА. Кроме того, рассматриваемая модель заменяет предложенные ранее громоздкие в реализации управления связи, использующие поправки $\varepsilon_{\Delta t} = f(P, R)$ к среднему температурному напору для различных схем тока в ТА [4].

Индекс противоточности p – единственная характеристика, однозначно определяющая схему теплопередачи (или схему тока) в ТА. Он является также косвенным показателем теплопередачного совершенства схемы тока (при противотоке $p = 1$, при прямотоке $p = 0$). Для всех остальных схем тока $p \in [0, 1]$. Чем ближе p к единице, тем эффективнее теплопередача в ТА.

Более общим показателем совершенства служит функция эффективности ТА $\varepsilon = f(p, A, S)$. Согласно предложению [5], индекс противоточности аппарата определяется уравнением

$$p = \frac{(kF)_{прот}}{kF} = \frac{(kF)_{прот}}{(kF)_{прот} + (kF)_{прям}}, \quad (4)$$

где F – площадь теплопередающей поверхности; индексы относятся к противоточной и прямоточной частям ТА.

В настоящей работе поставлена задача определения индекса противоточности для судовых охладителей масла и воды поставляемых по ОСТ 5.4254-86. Эта задача решалась следующим способом. Для каждого теплообменника, представленного в ОСТ 5.4254-86 по его теплотехническим характеристикам (проверенными стендовыми испытаниями), определялась фактическая функция эффективности ТА $\epsilon_{\text{факт}}$ по уравнению (2). По тепловому балансу определяется количество тепла, которое необходимо снять охладителем и конечная температура теплоносителя

$$Q = G_o c_{po} (t_{он} - t_{ок}), \quad t_{вк} = t_{вн} + \frac{Q}{G_v c_{pv}}.$$

По известным температурам теплоносителей определяется среднелогарифмический температурный напор по формуле противотока

$$\Delta t_{\text{прот}} = ((t_{он} - t_{вк}) - (t_{ок} - t_{вн})) / \ln \frac{t_{он} - t_{вк}}{t_{ок} - t_{вн}},$$

и на основе графиков поправок $\epsilon_{\Delta t} = f(P, R)$ уточняется значение температурного напора.

Коэффициент теплопередачи, определенный по формуле

$$k = Q / (F \cdot \Delta t_{\text{прот}} \cdot \epsilon_{\Delta t}),$$

является реальным значением для данного охладителя.

В формуле (3) для определения полученной функции тепловой эффективности охладителя $\epsilon_{\text{получ}}$ неизвестной величиной является значение индекса противоточности. Необходимо решить систему уравнений, в которую входят формулы (2) и (3). Решается данная система численным перебором значений индекса противоточности, до тех пор, пока $\epsilon_{\text{получ}} = \epsilon_{\text{факт}}$.

На основании изложенного материала разработан алгоритм расчета индекса противоточности для судовых охладителей, блок-схема которого изображена на рисунке 1. В соответствии с данным алгоритмом написана программа на языке Visual C#-2008, которая позволяет рассчитать индекс противоточности для любого теплообменника.

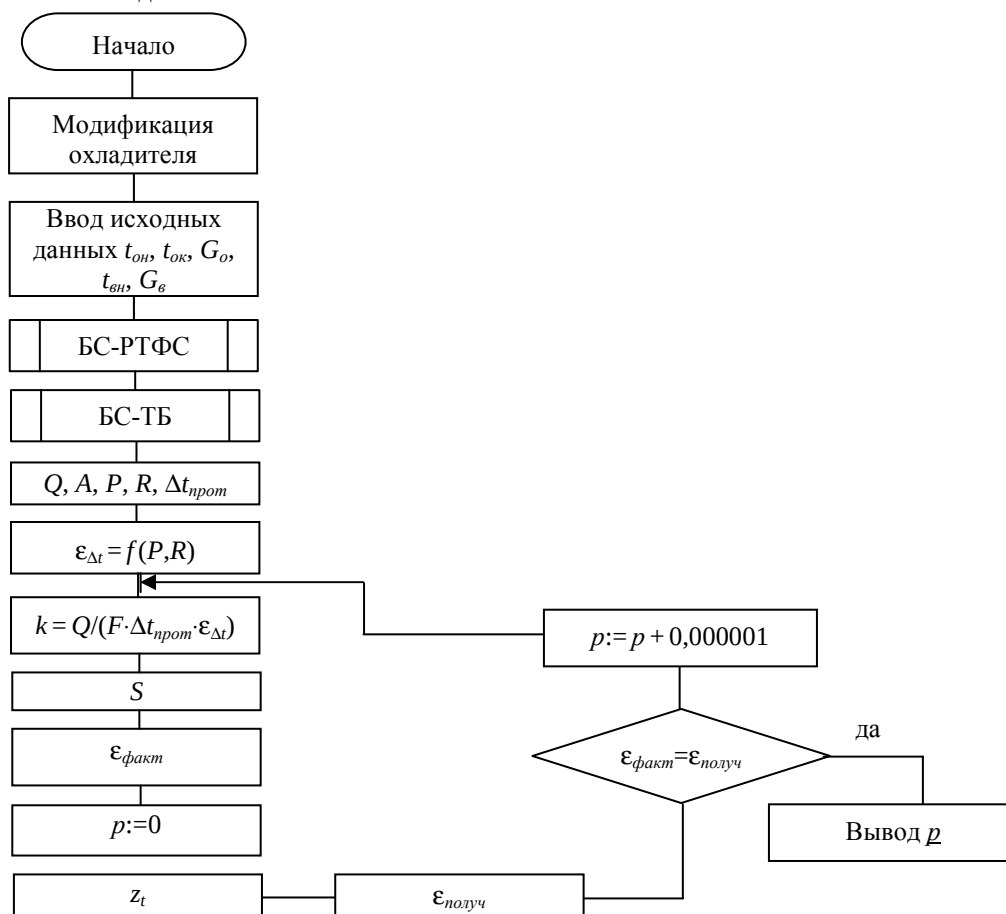


Рисунок 1 – Блок-схема расчета индекса противоточности

В результате расчета для каждого диаметра корпуса охладителя получено несколько значений индекса противоточности. Они отличались в связи с тем, что поправки $\varepsilon_{\Delta t}$ носили в себе погрешности, заложенные в графиках и погрешности при пользовании графиками. Поэтому полученные значения индексов противоточности, необходимо было усреднить согласно [5]:

$$\bar{p} = \frac{\sum p(P_i, R_i) \cdot R_i \cdot P_i}{(P_{\max} - P_{\min}) \cdot (R_{\max} - R_{\min})} \quad (5)$$

Усредненные значения индекса противоточности (для судовых охладителей масла и воды по ОСТ 5.4254-86) приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Усредненные значения индекса противоточности для каждого типоразмера охладителя

D_6 , мм	74	125	170	310	420	600	700	920	1050
$\bar{p}$	0,904167	0,993933	0,954061	0,9585	0,978748	0,968264	0,974417	0,992367	0,989115

Выводы. Для данной конструкции охладителей масла значения индексов противоточности определены впервые и не имеют аналогов в литературе. Наличие количественных значений $\bar{p}$ индексов противоточности, для практически всего спектра судовых охладителей масла и воды, позволяет осуществить компьютерно-интегрированный способ теплового расчета судовых охладителей.

Задачей дальнейших исследований является разработка программного обеспечения компьютерно-интегрированного метода теплового и гидродинамического расчета судовых охладителей с использованием полученных значений индексов противоточности.

Бibliографический список

1. Исаченко В.П. Теплопередача / В.П. Исаченко, В.А. Осипова, А.С. Сукомел. — М.: Энергия, 1975. — 488 с.
2. Михеев М.А. Основы теплопередачи / М.А. Михеев, И.М. Михеева. — М.: Энергия, 1977. — 344 с.
3. Копачинский П.А. Судовые охладители и подогреватели жидкостей / П.А. Копачинский, В.П. Тараскин. — Л.: Судостроение, 1968. — 244 с.
4. Справочник по теплообменникам: [в 2-х т.] Т. 1: [Пер. с англ., под ред. В.С. Петухова, В.К. Шикова]. — М.: Энергоатомиздат, 1987. — 560 с.
5. Каневец Г.Е. Обобщенные методы расчета теплообменников / Г.Е. Каневец. — К.: Наук. думка, 1979. — 352 с.

Поступила в редакцию 24.03.2010 г.