

УДК 681.3 621.56

В. Ф. Шуршев

Астраханский государственный технический университет

**АЛГОРИТМ И МЕТОДИКА РАСЧЕТА
ИСПАРИТЕЛЯ ХОЛОДИЛЬНОЙ МАШИНЫ,
РАБОТАЮЩЕЙ НА СМЕСИ ХОЛОДИЛЬНЫХ АГЕНТОВ****Введение**

Использование информационных технологий при проектировании оборудования, в том числе теплообменных аппаратов холодильных машин, позволяет интенсифицировать процесс разработки на всех его стадиях, в том числе при расчете, моделировании, конструировании, оформлении чертежной документации.

Использование компьютерных технологий на этапах проектирования необходимо, в первую очередь, при трудоемких операциях, таких, например, как расчет аппарата, работающего на неazeотропной смеси, так как в данном случае процесс неимоверно затрудняется ввиду того, что при кипении неazeотропной смеси в трубах испарителя постоянно и непрерывно изменяются, кроме других параметров, еще концентрация и температура холодильного агента.

В настоящее время существуют методики расчета испарителя, работающего на однокомпонентных холодильных агентах, и методика расчета среднего коэффициента теплоотдачи при кипении холодильного агента внутри трубы, но так как процесс кипения смеси отличается от процесса кипения однокомпонентных холодильных агентов, то расчет испарителя с внутритрубным кипением смеси холодильных агентов существенно отличается от расчета испарителей, в которых используются однокомпонентные хладагенты.

Постановка задачи

Рассматривается испаритель с внутритрубным кипением, в котором в качестве холодильного агента используется неazeотропная смесь холодильных агентов. Ставится задача – разработать алгоритм и методику расчета данного аппарата.

На основе анализа предметной области с использованием программного продукта BPWin разработана контекстная диаграмма компьютерной системы для расчета испарителя холодильной машины, работающей на неazeотропной смеси холодильных агентов (рис.1), позволяющая сформулировать задачу. Входной информацией являются исходные данные, свойства холодильного агента и хладагителя, управляющим воздействием – методика расчета, выходной информацией – площадь теплообменной поверхности и конструктивные размеры.

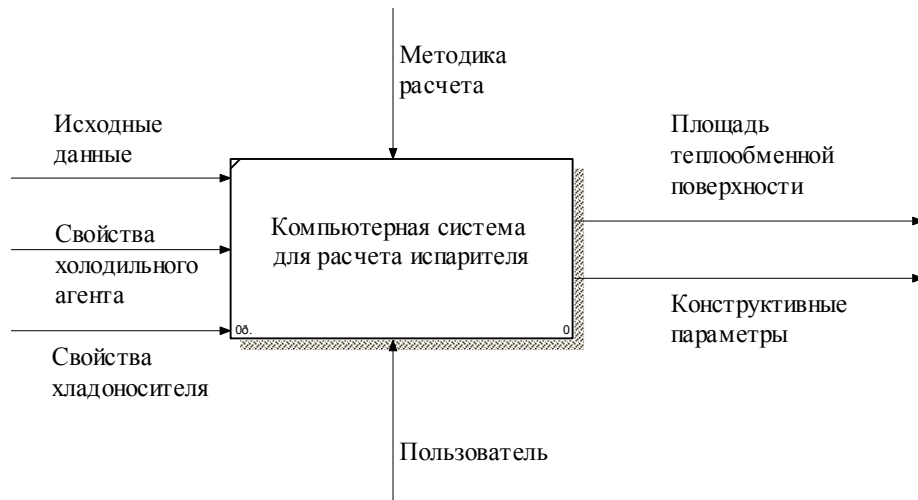


Рис.1. Контекстная диаграмма компьютерной системы для расчета испарителя холодильной машины, работающей на неазеотропной смеси холодильных агентов

Алгоритм и методика расчета

Разработаны алгоритм и методика расчета испарителя холодильной машины, учитывающие изменение коэффициента теплоотдачи в зависимости от режимов течения парожидкостного потока в трубах испарителя. Блок-схема алгоритма представлена на рис. 2.

В основу разработанного алгоритма испарителя холодильной машины заложен расчет, который учитывает изменение концентрации и режимов потока холодильного агента в трубах аппарата. Выполнение расчета без использования средств вычислительной техники довольно трудоемко.

В качестве исходных данных должны быть заданы холодопроизводительность, температура хладоносителя на входе и выходе из испарителя, скорость хладоносителя, давление кипения в испарителе, холодильный агент и его массовый состав, массовая скорость, массовые расходные паросодержания хладагента на входе и выходе из испарителя, выбраны основные геометрические характеристики теплообменной поверхности.

На втором этапе работы алгоритма вводятся свойства хладоносителя. Для автоматизации этого этапа при реализации расчета в программном обеспечении можно вычислить свойства хладоносителя по уравнению

$$Y_i(t_s) = A1 \cdot t_s^3 + A2 \cdot t_s^2 + A3 \cdot t_s + A4 \quad (1)$$

в зависимости от средней температуры хладоносителя t_s , определяемой как среднеарифметическое значение между величинами на входе и выходе из испарителя.

После этого рассчитываются скорость течения хладоносителя, коэффициент теплоотдачи со стороны хладоносителя при вынужденной конвекции в зависимости от режима течения хладоносителя и плотность теплового потока со стороны теплоносителя.

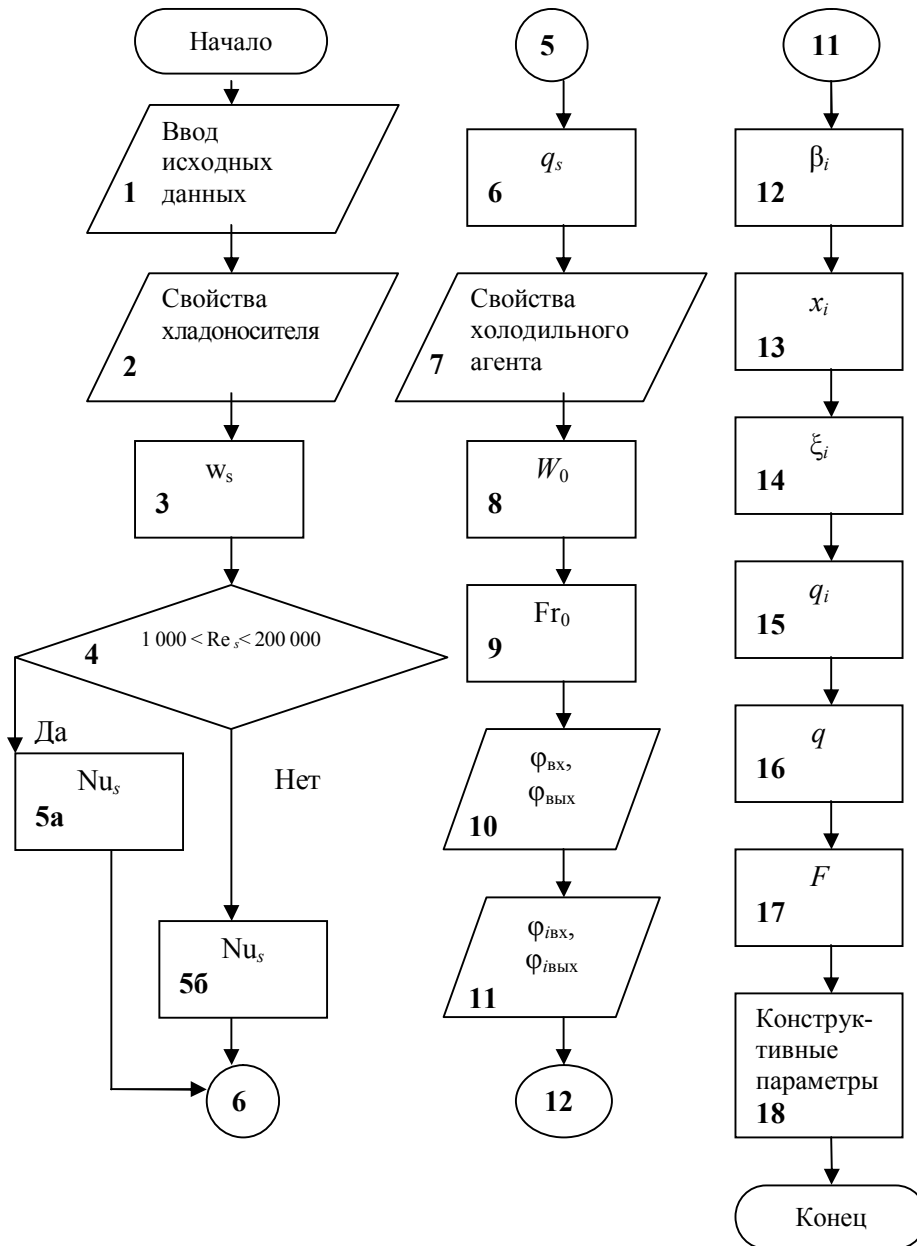


Рис. 2. Блок-схема алгоритма теплового расчета испарителя с внутритрубным кипением, работающего на неазеотропной смеси

На седьмом этапе работы алгоритма производится ввод вспомогательных данных – свойств холодильного агента. Для автоматизации ввода этих данных можно предложить рассчитывать эти свойства по свойствам компонентов смеси, приняв, с определенной долей условности, что все

свойства смеси изменяются по правилу аддитивности, т. е. рассчитываются по уравнению

$$Y = Y_{i1} \cdot \xi + Y_{i2} \cdot (1 - \xi),$$

где Y_i – свойство i -го компонента смеси;

ξ – концентрация смеси.

Сами свойства каждого из компонентов смеси при состоянии насыщения предлагается обрабатывать в виде уравнения полинома третьей степени в зависимости от температуры насыщения t_0 по уравнению (1).

На восьмом этапе выполняется расчет скорости циркуляции холодильного агента и далее вычисляется критерий Фруда.

Так как при кипении холодильного агента внутри трубы наблюдаются различные режимы течения, а следовательно, разная интенсивность теплоотдачи, то тепловой расчет аппарата необходимо вести по участкам трубы, занимаемым каждым из режимов, с учетом изменения концентрации и температуры жидкого холодильного агента. Для этого были выделены зоны с различным характером теплоотдачи: первая – зона существования снарядного режима; вторая – зона, где наблюдаются волновой и расщепленный режимы; третья – зона волнового-кольцевого режима; четвертая – зона кольцевого режима и пятая – зона ухудшения теплообмена, в которой имеет место дисперсный режим.

Далее определяются границы существования каждой из зон течения хладагента и параметры потока на границах. Для определения структуры потока можно выбрать диаграмму течения холодильных агентов [1]. Для использования ее в программе с целью определения значений истинного объемного паросодержания на входе и выходе из каждой зон рекомендуется применять уравнения из [2].

После этого, на двенадцатом этапе, определяется расходное объемное паросодержание решением уравнения для вычисления истинного объемного паросодержания относительно объемного расходного паросодержания [2]:

$$\varphi_{\text{вх(вых)}} = \beta - 2,55 \cdot \beta \cdot (1 - \beta)^{0,35} \cdot (\text{Fr}_0 \cdot \text{Ga}^*)^{-0,11},$$

где β – объемное расходное паросодержание;

Fr_0 – критерий Фруда, вычисленный по скорости циркуляции;

Ga^* – модифицированный критерий Галилея, в котором в качестве характерного размера принята величина капиллярной постоянной.

На тринадцатом этапе вычисляются величины расходного массового паросодержания на границах зон, для этого используется уравнение

$$x_i = \frac{1}{1 + \left(\frac{(1 - \beta_i)}{\beta_i} \right) \cdot \left(\frac{\rho'}{\rho''} \right)},$$

где ρ'' , ρ' – соответственно плотность пара и жидкости, кг/м³.

По величинам на входе и выходе из каждой зон определяются их средние значения в зонах как среднеарифметические между значениями на входе и выходе из зоны.

На четырнадцатом этапе по уравнению, предложенному в [3], определяются значение концентрации холодильного агента в каждой зоне при средних значениях расходного массового паросодержания и концентрации жидкости на входе в аппарат:

$$\xi_i = \xi_{\text{вх}} - 0,26 \cdot x_i^{0.75} \cdot \xi_{\text{вх}}^{0.45}.$$

С учетом того, что количество теплоты, подведенное к холодильному агенту, и количество теплоты, отведенное от хладоносителя, равны между собой в каждой из зон течения парожидкостного потока холодильного агента в трубе, из условия постоянства плотности теплового потока составлена система уравнений:

$$\begin{cases} q = \alpha_s \cdot \theta_s, \\ q = \alpha_a \cdot \theta_a, \\ \alpha_a = f(\alpha_w, \alpha_q), \\ \alpha_w = f(q), \\ \alpha_q = f(q), \end{cases}$$

где $\alpha_s, \alpha_a, \alpha_w, \alpha_q$ – коэффициенты теплоотдачи соответственно со стороны хладоносителя, холодильного агента, за счет конвекции, при кипении в большом объеме, Вт/(м²·К);

θ_s, θ_a – тепловой напор соответственно между хладоносителем и стенкой трубы, стенкой трубы и холодильным агентом, °С.

Решив данную систему для каждой из зоны, определяют локальные значения плотности теплового потока.

На шестнадцатом этапе определяется среднее значение плотности теплового потока в аппарате по формуле

$$q = \frac{\sum (q_i \cdot (x_{i\text{ВЫХ}} - x_{i\text{ВХ}}))}{x_{\text{ВЫХ}} - x_{\text{ВХ}}},$$

где $x_{i\text{ВХ}}, x_{i\text{ВЫХ}}$ – массовое расходное паросодержание соответственно на входе и выходе из каждой зоны, при этом $x_{1\text{ВХ}} = x_{\text{ВХ}}, x_{1\text{ВЫХ}} = x_{2\text{ВХ}}, x_{2\text{ВЫХ}} = x_{3\text{ВХ}}, x_{3\text{ВЫХ}} = x_{4\text{ВХ}}, x_{4\text{ВЫХ}} = x_{5\text{ВХ}}, x_{5\text{ВЫХ}} = x_{\text{ВЫХ}}$.

Площадь необходимой теплообменной поверхности рассчитывается по уравнению

$$F = \frac{Q}{q},$$

где Q – холодопроизводительность испарителя, кВт.

На завершающем этапе на основе известных методик [4] определяются конструктивные параметры испарителя.

Заключение

Разработанная методика расчета и алгоритм позволят создать программное обеспечение, необходимое при проектировании испарителя холодильной машины, работающей на озонобезопасных смесях холодильных агентов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Влияние режимов течения двухфазного потока хладагента R12 на теплоотдачу при кипении в горизонтальных трубах* / А. А. Малышев, Г. Н. Данилова, В. М. Азарсков, Б. Б. Земсков // Холодильная техника. – 1982. – № 8. – С. 30–34.
2. *Теплообменные аппараты холодильных установок* / Г. Н. Данилова, С. Н. Богданов, О. П. Иванов, Н. М. Медникова; Под ред. Г. Н. Даниловой – Л.: Машиностроение. Ленингр. отд., 1986.
3. *Шуршев В. Ф.* Закономерности теплообмена при кипении смеси холодильных агентов R22/R142b: Автореф. дис... канд. техн. наук. – СПб.: СПбГАХиПТ, 1997. – 16 с.
4. *Тепловые и конструктивные расчеты холодильных машин* / Под ред. И. А. Сакуна. – Л.: Машиностроение. Ленингр. отд., 1987.

Получено 1.02.2005

ALGORITHM AND DESIGN TECHNIQUE OF REFRIGERATION EVAPORATOR, RUNNING ON MIXED REFRIGERANTS

V. F. Shurshev

Algorithm and design technique of a refrigeration evaporator running on mixed refrigerants are presented in this work. Concentration, changes, regimes of a refrigerant flux flow and heat transfer coefficient are taken into consideration too. Heat design of a refrigerator in each section is worked out individually, each of them having its own flow regime. Some separate regions were developed and heat transfer behavior are differ from each other. These are shell, wave, segregated, wave-and-ring, ring and dispersive flux flow regimes. This developed design technique and algorithm will lead to creation of software which is necessary for designing of a refrigerator running on ozone-safe mixed refrigerants.