

ТЕПЛОФИЗИКА

УДК 66.045.1; 004.4

И.В. Дворовенко, А.С. Калачев

АВТОМАТИЗИРОВАННЫЙ РАСЧЕТ КОЖУХОТРУБЧАТОГО ТЕПЛООБМЕННИКА

Перенос тепла от одного тела к другому широко распространены в химической технологии. Передача тепла от горячего теплоносителя к холодному осуществляется в теплообменниках, имеющих различные конструкции. Наиболее распространеными в химической промышленности являются кожухотрубчатые теплообменники, которые представляют собой аппараты, выполненные из пучков труб, собранных при помощи трубчатых решеток, и ограниченные кожухами и крышками со штуцерами. Трубное и межтрубное пространства в аппаратах разобщены, а каждое из этих пространств может быть разделено на несколько ходов при помощи перегородок. Переходки устанавливаются с целью увеличения скорости теплоносителей, а, следовательно, и интенсивности теплопередачи. Теплообменники этого типа применяются, когда требуется большая поверхность теплообмена.

При проектировании теплообменных аппаратов выполняют тепловые, гидравлические и конструктивные расчеты и на их основе выбирают наиболее подходящие стандартные или нормализованные конструкции теплообменников. Выбранная конструкция должна быть оптимальной, т.е. сочетающей интенсивный теплообмен с низкой стоимостью и надежностью, что затрудняет выбор оптимальной конструкции из большого числа вариантов размеров кожухотрубчатых теплообменников.

В практике встречаются два случая теплового расчета теплообменников: конструктивный, когда заданы теплопроизводительность аппарата, теплоносители и их начальные и конечные параметры, а требуется определить поверхность нагрева и конструктивные размеры аппарата; и поверочный расчет, если заданы конструкция и размеры аппарата, начальные параметры теплоносителей, а требуется определить конечные параметры теплоносителей и теплопроизводительность аппарата. Тепловой расчет теплообменников выполняется методом последовательных приближений, что требует большого количества вычислений. Расчет проводится по методике, изложенной в [1-3].

Для выполнения теплового и гидравлического расчета кожухотрубчатых теплообменников и выбора оптимальной конструкции, удовлетворяющей исходным данным, разработан пакет программ, выполненный в среде Delphi и состоящий из трех программ и двух таблиц данных. В одной таблице содержится информация о всех необходимых размерах различных кожухотрубчатых аппаратов, во второй – данные о физических свойствах теплоносителей в зависимости от температуры в виде полиномов шестой степени.

Основная программа предназначена для расчета теплообменников, две другие для записи данных в таблицы.

При разработке основной программы принята следующая

методика расчета и выбора кожухотрубчатых теплообменников.

Расчет выполняется для условий однофазного движения теплоносителей в трубном и межтрубном пространстве.

Программа выполняет поверочный тепловой расчет теплообменных аппаратов, имеющихся в базе данных:

- определяется тепловая нагрузка аппарата
- рассчитываются недостающие параметры теплоносителей
- определяются средние температуры теплоносителей и по таблице свойств находятся значения физических свойств теплоносителей
- вычисляются коэффициенты теплоотдачи в трубном и межтрубном пространстве
- коэффициент тепlop передачи
- рассчитывается средний логарифмический температурный напор
- определяется требуемая площадь теплопередачи

Средний логарифмический температурный напор рассчитывается для случая прямоточного движения теплоносителей, т.к. представляется затруднительным определение поправочных множителей, учитывающих схему движения теплоносителей, а прямоток обеспечивает запас площади при прочих равных условиях. Расчетная требуемая площадь сравнивается с площадью поверхности теплообменника и если она меньше последней не более чем на 15%, то такой теплооб-

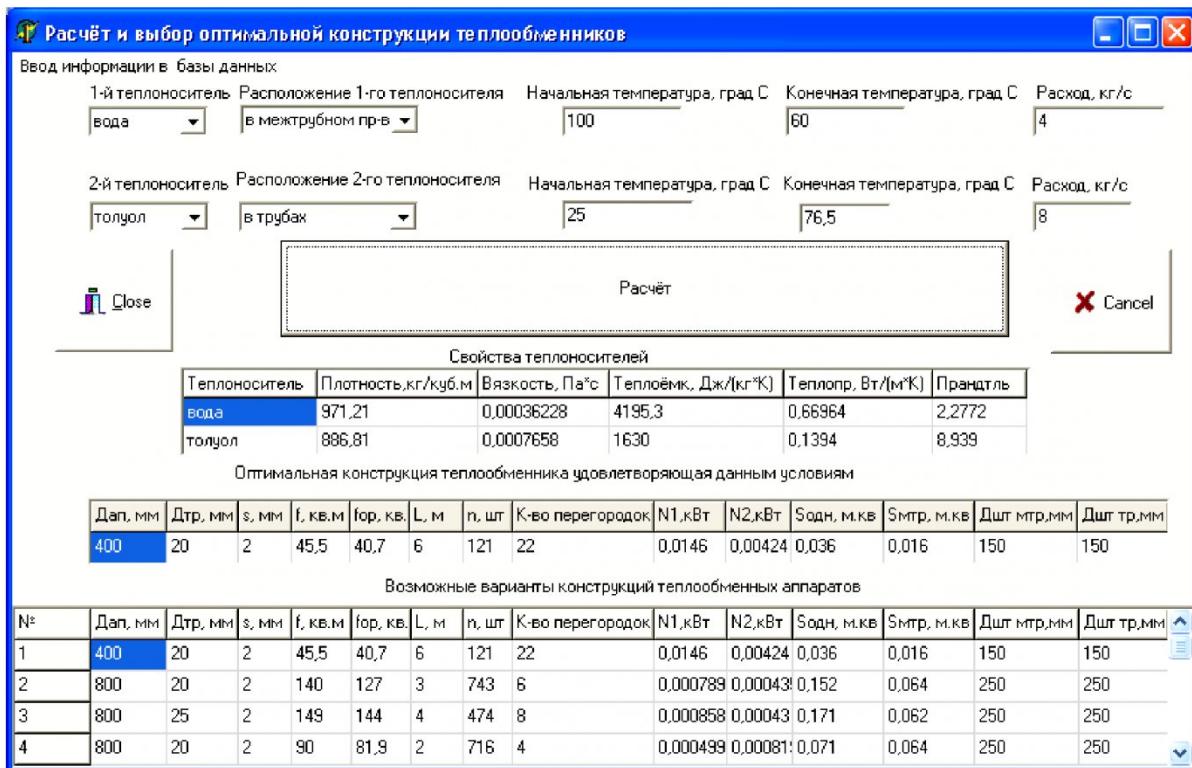


Рис.1. Панель основной программы расчета теплообменных аппаратов

менник считается удовлетворяющим исходным данным и для него выполняется гидравлический расчет, т.е. определяются перепады давлений при движении теплоносителей в трубном и межтрубном пространстве, и требуемые мощности на перекачивание теплоносителей. Информация обо всех теплообменниках, выбранных программой и удовлетворяющих исходным данным, выводится на эк-

ран. Из этих теплообменников определяется оптимальная конструкция по критерию энергетического совершенства теплообменников [4], равного отношению теплового потока, переданного через поверхность теплопередачи, к мощности затраченной на преодоление гидравлического сопротивления. Чем больше значение этого критерия, тем, при прочих равных условиях, теплообменник со-

вершеннее с энергетической точки зрения.

Для выполнения расчета и выбора конструкции кожухотрубчатого теплообменника необходимо выполнить следующие действия.

1. В окне программы (рис. 1) выбрать первый и второй теплоносители, указать в какое пространство теплообмена трубное или межтрубное они подаются.



Рис.2. Панель программы добавления размеров теплообменников

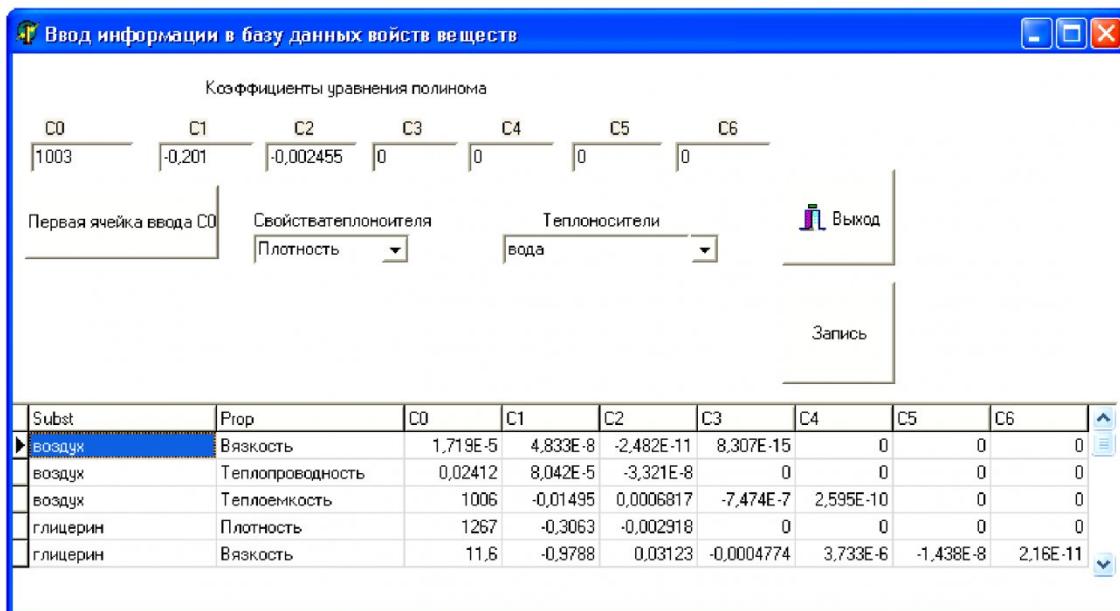


Рис.3. Панель программы ввода свойств теплоносителей

2. Для первого теплоносителя задать начальную и конечную температуру, расход теплоносителя.

3. Для второго теплоносителя задать начальную температуру и конечную температуру или расход. Недостающий параметр рассчитывается программой автоматически на основании баланса энергии.

4. Запустить программу на исполнение, нажав кнопку "Расчёт".

Программа проводит поворотные расчеты всех конструкций аппаратов, имеющихся в таблице данных теплообменников, и выводит на экран дисплея сведения о размерах аппаратов, данные теплового и гидравлического расчетов. Отдельно выводится информация об оптимальной конструкции теплообменника.

Для пополнения таблицы данных теплообменников предназначена дополнительная программа, которую можно запустить из основной программы. Запись данных о новой конструкции кожухотрубчатого теплообменника осуществляется следующим образом: в окне программы (рис. 2) необходимо последовательно ввести сведения о диаметре кожуха, числе

ходов по трубному пространству, диаметре труб, толщине стенки трубы, длине труб, площади поверхности теплообмена, площади поперечного сечения одного хода по трубам. Запись данных новой конструкции кожухотрубчатого теплообменника производится нажатием кнопки "Ok". Если хотя бы один из указанных параметров не будет введен, то записи информации в таблицу не произойдет.

При проведении расчета теплообменника необходимо иметь зависимости теплофизических свойств теплоносителей от температуры. Программа рассчитывает значения плотности, вязкости, теплоемкости, коэффициента теплопроводности, числа Прандтля по полиномиальным зависимостям. Максимальная степень полинома – шестая. В пакете предусмотрена база данных, содержащая значения коэффициентов полиномов. Теплоносители, свойства которых введены в таблицу данных, выводятся в списках "Теплоноситель" на панели основной программы (рис. 1). Для ввода информации о свойствах теплоносителей предназначена программа, которую также можно запустить из основной программы. Запись данных о свой-

ствах нового теплоносителя осуществляется следующим образом:

1. в окне программы (рис. 3) выбрать теплоноситель из раскрывающегося списка, если такой в нем имеется, или ввести новый теплоноситель;

2. выбрать свойство теплоносителя из раскрывающегося списка "Свойства теплоносителей";

3. ввести коэффициенты полиномиальной зависимости данного свойства от температуры, если данное свойство уже имелось в таблице, а были введены новые, то произойдет замена старых коэффициентов на новые. В случае, если максимальная степень полинома, определяющего зависимость свойства от температуры, меньше шести и в некоторые из ячеек не были введены данные, то программа автоматически присваивает в таблицу нулевое значение. Таким образом, можно расширять возможности программы, не прибегая к изменению ее кода.

Данный пакет программ может быть использован при инженерных расчетах теплообменных аппаратов, в курсовом и дипломном проектировании студентов

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Общий курс процессов и аппаратов химической технологии: Учебник: В 2 кн. / В.Г.Айнштейн, М.К.Захаров, Г.А.Носов и др.; Под ред. В.Г.Айнштена. М.Ж Логос; Высшая школа, 2002. 1760 с.
2. Лебедев П.Д. Теплообменные, сушильные и холодильные установки. Учебник для студентов технических вузов. Издю 2-е, перераб. М., Энергия, 1972, 320 с.
3. Павлов К.Ф., Романков П.Г., Носков А.А. Примеры и задачи по курсу процессов и аппаратов химической технологии / Под ред. П.Г. Романкова. - 9-е изд., перераб. и доп. -Л.: Химия. 1981. - 720 с.
4. Бакластов А. М. Проектирование, монтаж и эксплуатация теплоиспользующих установок. Учеб. пособие для студентов. – М. Энергия, 1970-568 с.

Авторы статьи:

Дворовенко
Игорь Викторович
- канд. техн. наук, доц. каф. про-
цессов, машин и аппаратов хи-
мических производств

Калачев
Александр Сергеевич
- студент гр. МХ-991

УДК 621.644.07:620.193

Е.Ю. Старикова, П.Т. Петрик

ПУТИ РЕШЕНИЯ ПРОБЛЕМ ЗАЩИТЫ ТЕПЛОПРОВОДОВ ОТ КОРРОЗИИ

Тепловые сети в России не самые рентабельные в мире: реальные потери тепловой энергии зимой составляют 20÷50%, а летом 30÷70%; утечки теплоносителя превышают нормативы, принятые в развитых странах, в сотни раз; замена трубопроводов из-за коррозии происходит в 4÷5 раз чаще, чем в Европейских странах [1].

Средний срок службы тепlopроводов тепловых сетей, проложенных под землей бесканально или в непроходных каналах с использованием стальных труб, не превышает 12 лет [2]. В процессе строительства тепловых сетей трубы часто длительное время хранятся в неблагоприятных условиях на открытом воздухе, при их монтаже нередко используются нештатные механизмы, сварочные работы ведутся в полевых условиях. При эксплуатации тепlopроводы подвергаются сложным температурно-влажностным воздействиям, циклическим нагрузкам, часто заливаются агрессивными грунтовыми и поверхностными водами [3].

Основная причина выхода

тепlopроводов из строя – коррозионное разрушение стальных труб (80%).

Износ трубопроводов является причиной того, что расход подпиточной воды в тепловых сетях в 20, а то и в 50 раз и более превышает нормативный уровень, в результате до 60% тепловой энергии тратится не на обогрев потребителей, а на нагрев подпиточной воды в сетях [4]. Относительный расход подпиточной воды в теплосетях Мосэнерго в 400...1500 раз выше, чем в системах теплоснабжения Канады. Относительный подпиточный расход в Канаде (0,04-0,18) кг/ГДж, в Мосэнерго 0,07 т/ГДж (1997 г.) [5]. Правилами технической эксплуатации электростанций и сетей РФ установлена нормативная потеря сетевой воды на 1 м³ объема сетей и присоединенных систем теплопотребления: не более 2,5 л/(м³·ч).

В среднем 25% общего количества повреждений тепловых сетей вызывается внутренней коррозией. К основным факторам, влияющим на интенсивность внутренней коррозии, относят pH воды, содержание

сульфатов, хлоридов, кислорода и диоксида углерода [6]. Повышение pH до 9,5 ÷ 10,5 позволяет резко снизить коррозию. Постоянным источником поступления кислорода является подпиточная вода. В подпиточной воде содержание кислорода в 2,5 раза выше, чем в сетевой воде [7]. Весьма распространенной причиной повышенной интенсивности внутренней коррозии закрытых систем является перегрузка подпиточных установок из-за сверхнормативных утечек сетевой воды, приводящая к ухудшению деаэрации подпиточной воды и необходимости аварийной подпитки систем недеаэрированной водой.

На отечественных ТЭЦ для десорбции растворенных газов из подпиточной воды тепловых сетей применяют струйно-барботажные вакуумные деаэраторы горизонтального типа производительностью 400 м³/ч и 800 м³/ч и вертикального производительностью 5÷200 м³/ч. Широкое применение вакуумных деаэраторов для десорбции из воды коррозионно-активных газов объясняется возможностями существенного повыше-