

Автоматизированная система тепловых расчетов  
пластинчатых теплообменников

А.А. Артемов, А. Мансур

*Тамбовский государственный технический университет, г.Тамбов, Россия*

*Аннотация:* В работе представлена программная система для автоматизированных тепловых расчетов пластинчатых теплообменников. Система разработана в среде Microsoft Visual Studio на языке программирования C#. Для хранения справочных теплофизических характеристик используется база данных в формате Microsoft Access. Представлена структура системы, а также приводится пример её работы.

*Ключевые слова:* пластинчатый теплообменник, тепловой расчет, автоматизированная информационная система

Процессы теплообмена находят широкое применение в химической, нефтеперерабатывающей, энергетической, металлургической и пищевой промышленности. Теплообменники различных типов (пластинчатые, кожухотрубные, спиральные и т.д.) используются в промышленности для нагревания холодных и охлаждения горячих сред, для проведения процессов испарения, конденсации, выпаривания, плавления, кристаллизации [1, 6].

К преимуществам пластинчатого теплообменника [5] можно отнести компактность и малый вес, высокую турбулентность потоков сред, обеспечивающих высокую эффективность теплообмена и эффект самоочистки, возможность легкого наращивания мощности теплообменника путём добавления новых пластин. Пластинчатый теплообменник состоит из теплообменных пластин, опорной (неподвижной) и прижимной (подвижной) плит, соединительных элементов, несущих балок и патрубков. Пластины друг за другом размещаются между опорной и прижимной плитами, образуя пакет, который стягивается в монолитный узел с помощью стяжных болтов. В пластинчатых теплообменниках можно осуществлять теплообмен между рабочими средами жидкость – жидкость, пар – жидкость, газ – газ.

Проектирование теплообменной аппаратуры включает ряд расчетов: тепловых, гидравлических, прочностных (механических), технико-экономических [2, 3]. Основным видом расчета является тепловой расчет, позволяющий определить требуемую поверхность теплообмена.

Для автоматизации тепловых расчетов пластинчатых теплообменников» была разработана автоматизированная система Heat Exchangers Design. Система включает программные модули, разработанные в среде Microsoft Visual C#.

Структура системы представлена на рис.1.

Кроме того, в состав программного комплекса входит электронный справочник, содержащий зависимости теплофизических характеристик (плотности, теплоемкости, вязкости, удельной теплоты парообразования и пр.) используе-

мых рабочих сред и теплоносителей от температуры. Значения характеристик веществ хранятся в реляционной базе данных Microsoft Access на основе парадигмы «вещество-характеристика-значение-температура». Данные хранятся в табличном виде, а промежуточные значения вычисляются интерполяцией [4].

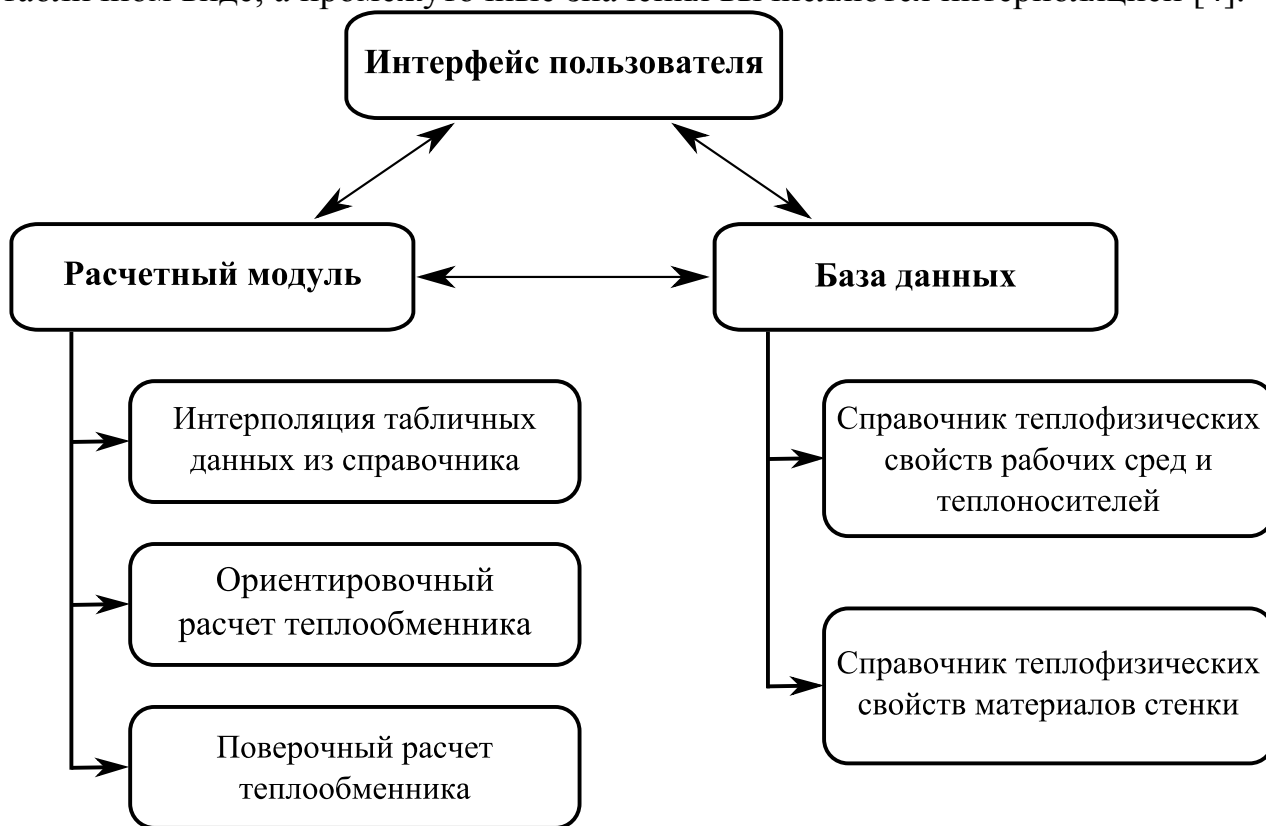


Рисунок1 – Структура системы расчета пластинчатых теплообменников

Расчет требуемой поверхности теплообмена состоит из нескольких этапов:

1. Определение тепловой нагрузки аппарата, среднелогарифмического температурного напора и средних температур теплоносителей.
2. Определение из уравнения теплового баланса расхода теплоносителя, для которого заданы начальная и конечная температуры, либо конечной температуры, если задан расход и начальная температура.
3. Если выбран ориентировочный расчет, то по рекомендуемым [6] значениям коэффициента теплопередачи определяется ориентировочная поверхность теплообмена.
4. Если выбран поверочный расчет, то определяются режимы движения теплоносителей и производится выбор критериальных уравнений для определения коэффициентов теплоотдачи от теплоносителей.
5. Определение коэффициентов теплоотдачи и температур стенок со стороны теплоносителей путем численного решения методом Ньютона системы уравнений баланса тепловых потоков.
6. Пересчет коэффициента теплопередачи с учетом найденных коэффициентов теплоотдачи и термических сопротивлений слоев загрязнений стенок со стороны продукта и теплоносителя.

7. Определение расчетной поверхности теплообмена по основному уравнению теплопередачи, окончательный выбор теплообменника.

Пример работы системы представлен на рис. 2.

Рис. 2. Скриншот программы "Расчет теплообменников версия 1.10.0". Интерфейс разделен на несколько панелей:

- Панель параметров:**
  - 1. Параметры расчета:** Тип расчета - Поверочный.
  - 2. Первый контур:** Назначение вещества/смеси - Продукт; Агрегатное состояние - Жидкое; Вещество/смесь - Хлорбензол (100); Начальная температура, [гр.С] - 105; Конечная температура, [гр.С] - 55; Массовый расход, [кг/ч] - 2822.
  - 3. Второй контур:** Назначение вещества/смеси - Теплоноситель/Хладагент; Агрегатное состояние - Жидкое; Вещество/смесь - Вода и водяной пар (100); Начальная температура, [гр.С] - 15; Конечная температура, [гр.С] - 25; Массовый расход, [кг/ч] - 0.
  - 4. Теплообменник:** Схема потоков - Прямой ток; Материал пластин - Нержавеющая сталь 12X18H10T; Толщина пластины, [мм] - 1; Потери напора, [МПа] - 0,04; Экв. диаметр каналов, [мм] - 8; Площадь сечения, [кв.м] - 0,0018; Количество пластин, [шт.] - 20.
- Панель результатов:**
  - Массовый расход, кг/ч: 5117,110
  - Материал перегородки: Нержавеющая сталь 12X18H10T
  - Толщина стенки, мм: 1
  - Допустимые потери напора, МПа: 0,040
  - Эквивалентный диаметр каналов, мм: 8
  - Площадь поперечного сечения каналов, кв.мм: 1800
  - Количество пластин, шт.: 20
  - Расчет:**
    - Значения температур: Средняя температура в первом контуре, гр.С: 80; Средняя температура во втором контуре, гр.С: 20; Средняя разность температур, гр.С: 57,708
    - Формулы для расчета коэффициентов теплоотдачи:  $\alpha := \frac{\lambda}{d_3} \cdot 0.135 \cdot Re^{0.73} \cdot Pr^{0.43} \cdot \left(\frac{Pr}{Pr_{ст}}\right)^{0.25}$
    - Критерий Рейнольдса для первого контура: 748,754
    - Критерий Рейнольдса для второго контура: 631,742
    - Найденные температуры стенок: Температура стенки в первом контуре, гр.С: 30,168; Температура стенки во втором контуре, гр.С: 28,646
    - Результат расчета: Коэффициент теплопр-ти материала пластины, Вт/(м\*К): 15,093; Коэф-т теплоотдачи в первом контуре, Вт/(м.кв.\*К): 461,012; Коэф-т теплоотдачи во втором контуре, Вт/(м.кв.\*К): 2656,989; Сопр-е загрязнений в первом контуре, м.кв.\*К/Вт: 0,00018; Сопр-е загрязнений во втором контуре, м.кв.\*К/Вт: 0,00017; Коэффициент теплопередачи, Вт/(м.кв.\*К): 337,637; Тепловой поток по продукту, Вт: 59457,972; Требуемая поверхность теплообмена, м.кв.: 3,052; Коррекция средней разности температур: 0,999; Требуемая поверхность теплообмена с учетом коррекции, м.кв.: 3,047
- Панель диаграммы:** Включает схему теплообменника с обозначением потоков  $G_1$  и  $G_2$ .

Рисунок 2 – Пример работы системы Heat Exchangers Design

### Библиографический список

1. Борисенко А.Б., Антоненко А.В., Осовский А.В., Филимонова О.А. Система автоматизированного выбора вспомогательного оборудования многоассортиментных химических производств // Вестник Тамбовского государственного технического университета. 2012. Т.18. № 3. С. 569–572.
2. Борисенко А.Б., Карпушкин С.В., Хуснутдинов Р.Р. Оценка приведенных затрат при проектировании теплообменников типа «труба-в-трубе» // Информационные системы и технологии. 2012. Т. 72. № 4. С. 24–30.
3. Борисенко А.Б., Карпушкин С.В., Зимнухова И.Е. Система автоматизированных тепловых расчетов теплообменного оборудования // Вестник Тамбовского государственного технического университета. 2010. Т. 16. № 1. С. 54–58.
4. Вязовов И.П., Борисенко А.Б. Разработка электронного справочника теплофизических свойств // В сборнике: Техника и технологии машиностроения. Материалы IV международной студенческой научно-практической конференции., ОмГТУ. 2015. 46–48 с.
5. Зингер Н.М., Тарадай А.М., Бармина Л.С. Пластинчатые теплообменники в системах теплоснабжения / Н.М. Зингер, А.М. Тарадай, Л.С. Бармина, Москва: Энергоатомиздат, 1995.
6. Романков П.Г., Фролов В.Ф. Теплообменные процессы химической технологии / П.Г. Романков, В.Ф. Фролов, Химия. Ленингр. отд-ние, 1982. 288с.