

Литература

1. Казанков Ю.В., Макаров М.С., Миронов В.А. Расчет и конструирование формующего инструмента: Лабораторный практикум. – М.: МИХМ, 1992. – 84 с.
2. Троелсен Эндрю. Язык программирования C# 2005 и платформа .NET 2.0. – М.: ООО «И.Д. Вильямс», 2007. – 1168 с.

Автоматизированный расчет двухпоточных теплообменников

к.т.н. Лянг В.Ф.

Университет машиностроения

Аннотация. В статье дается описание структуры и основных принципов работы с программным продуктом по автоматизации расчета двухпоточных теплообменных аппаратов для жидких и газообразных веществ.

Ключевые слова: теплообменники, автоматизированный расчёт

Программное обеспечение АСаТ, разработанное на языке C# [1], предназначено для расчета теплофизических свойств веществ и потерь давления прямого и обратного потоков, геометрических размеров намотки, габаритных размеров и веса двухпоточных витых теплообменных аппаратов согласно руководящему документу [2].

Программа АСаТ имеет привычный интерфейс в виде диалоговых окон. Она состоит из управляющей программы, выполненной в виде диалогового окна со стандартной панелью падающих меню, и диалогового окна с двумя вкладками «Ввод данных» и «Расчет».

Последовательность работы с программным продуктом АСаТ представлена в виде схемы на рисунке 1.

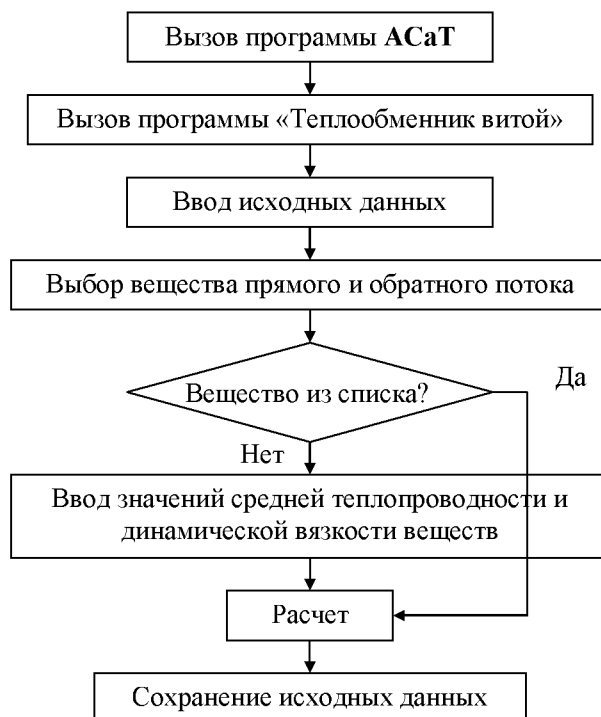


Рисунок 1 – Последовательность работы с программой АСаТ

После вызова программы АСаТ на экране появится диалоговое окно (рисунок 2).

Далее следует зайти в меню «Теплообменник витой» выделить и щелкнуть левой кнопкой мышки на строке «Двухпоточный». На экране появится диалоговое окно для ввода данных (рисунок 3).

Вкладка «Ввод данных» снабжена рисунками с ползунком прокрутки, на которых пока-

Раздел 6. Инженерная экология и смежные вопросы

заны обозначения размеров основных конструктивных элементов витого теплообменника (рисунки 3 и 4).



Рисунок 2 – Стартовое диалоговое окно программы ACaT

Диаметр (мм)

трубы внутренний - d1	6,0
трубы наружный - d2	8
проволоки оребрения - dп	1,5
эквивалентный - dэ	2,1
сердечника - Dс	200
намотки наружный - D	470

Шаг намотки (мм)

поперечный - t1	8,85
продольный - t2	10,1
Шаг ребра - tр, мм	5
Коэффициент оребрения - f	2,85

Удельные характеристики

E1 = S1/Sф (м2/м2)	0,324
E2 = F/S2 (м2/м3)	1840
E3 = F/V (м2/м3)	595
E1 = F/M (м2/кг)	0,184

Массовый расход (кг/с)

прямого потока - G1	0,78
обратного потока - G2	0,58

Средняя плотность (кг/м3)

прямого потока - ρ1	28,18
обратного потока - ρ2	1,75

Средняя плотность (кг/м3)

прямого потока - ρ1	28,18
обратного потока - ρ2	1,75

Коэффициент запаса поверхности теплообмена - z

	1,3
--	-----

Число труб - n

	127
--	-----

Температура (K)

входа прямого потока - T1н	400
выхода прямого потока - T1к	315
входа обратного потока - T2н	275
выхода обратного потока - T2к	394,5

Давление (МПа)

входа прямого потока - P1н	3
входа обратного потока - P2н	0,2

Удельная энтальпия (Дж/кг)

входа прямого потока - h1н	412710
выхода прямого потока - h1к	321135
входа обратного потока - h2н	284845
выхода обратного потока - h2к	409415,5

Средняя удельная теплоемкость (Дж/(кг·K))

прямого потока - сp1	1074
обратного потока - сp2	1043

Средняя теплопроводность (Вт/(м·K))

прямого потока - λ1	0,03026
обратного потока - λ2	0,02818

Средняя динамическая вязкость (Па·с)

прямого потока - η1	0,000020776
обратного потока - η2	0,000019468

Среднеинтегральная разность температур (K) - D Tси

	14,45
--	-------

Вещество прямого потока: Азот

Вещество обратного потока: Азот

Внимание! 1) В полях, выделанных светло-голубым и серым цветом редактирование не возможно.
2) При повторном изменении исходных данных необходимо подтвердить выбор вещества.

Рисунок 3 – Диалоговое окно для ввода данных

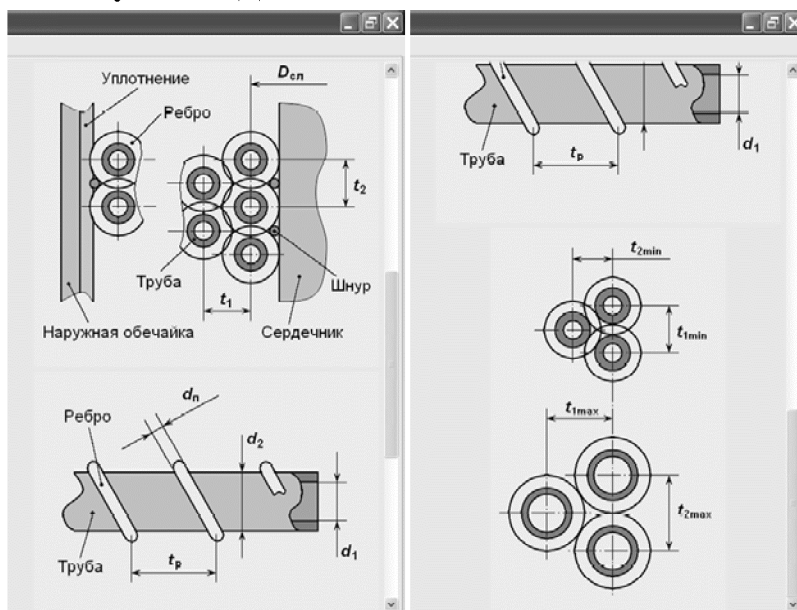


Рисунок 4 – Рисунки вкладки «Ввод данных» при перемещении ползунка прокрутки

Ввод данных осуществляется либо выбором численного значения из падающего списка, при щелчке левой кнопки мышки на кнопке-стрелке, либо набором числа с клавиатуры: необходимо предварительно установить маркер в нужное белое поле (рисунок 5).

Рисунок 5 – Верхняя левая часть вкладки «Ввод данных» с раскрытым списком

Редактирование данных в полях светло-голубого цвета не производится (рисунок 5). Численные значения в этих полях зависят от внутреннего диаметра трубы теплообменника d_1 , который выбирается из соответствующего падающего списка.

Если в белое поле будет введена буква или какой-либо символ, программа выдаст сообщение о неправильно введенном значении.

Вещество прямого и обратного потока выбирается из заданного списка (рисунок 6). Зависимости между веществами прямого и обратного потока нет. Так же, как и в предыдущем случае поля веществ потоков окрашены в светло-голубой цвет, а значит, редактирование в них невозможно.

Рисунок 6 – Выбор вещества прямого потока из списка

Программа позволяет проводить расчет не только для веществ, указанных в списке на рисунке 6, но и для каких-либо других веществ. Если выбрать азот, воздух, водород, гелий, кислород, метан или воду, то поля для ввода средней динамической вязкости будут окрашены в серый цвет и численные значения в них редактированию не подлежат. Пользователь может провести расчет теплообменника для вещества не из списка, т.е. для произвольного вещества. Тогда после выбора строки «Вещество не из списка» поля для ввода численных значений средней динамической вязкости станут белыми, а значит, доступными для ввода данных параметров.

В правом нижнем углу вкладки «Ввод данных» под знаком «Внимание!» находится

Раздел 6. Инженерная экология и смежные вопросы

краткая информация об особенностях и требованиях при работе с программным продуктом.

Вторая вкладка «Расчет» (рисунок 3) служит для вывода результатов расчета на экран монитора (рисунок 7). Она содержит название выбранных веществ прямого и обратного потоков, результаты промежуточного и основного расчета, а также параметры намотки витого теплообменника, кнопки «Сохранить исходные данные» и «Протокол».

Теплообменник витой

Ввод данных | **Расчет**

Вещество прямого потока: Азот | Вещество обратного потока: Азот

Результаты промежуточного расчета

Прямой поток		Обратный поток		Параметры	
Средняя теплопроводность (Вт/(м*К)) - λ	0,03026	λ_2	0,02818	Средняя относительная кривизна - A , мм	0,01791
Средняя динамическая вязкость (Па*с) - η	0,000020776	η_2	0,000019468	Значение фактора Кольборна - j_2	0,01929
Значение Рейнольдса - Re_1	62 763,6278	Re_2	1 359,7927	Критическое значение критерия Рейнольдса в трубах	5 536,8620
Значение Прандтля - Pr_1	0,73739	Pr_2	0,72055	Коэффициент сопротивления в трубах - α_1	0,02313
Значение Нуссельта - Nu_1	163,41499			Коэффициент сопротивления в межтрубном пространстве - α_2	0,30423

Коэффициент теплоотдачи в трубном пространстве - α_1 , Вт/(м²*К) 824,15625 | в межтрубном пространстве - α_2 , Вт/(м²*К) 314,82402

Сохранить исходные данные | **Результаты основного расчета** | Протокол

Потери давления по прямому потоку - ΔP_1 , Па	20 191,44	Высота намотки - H , мм	503,60
Потери давления по обратному потоку - ΔP_2 , Па	12 799,26	Масса намотки - M , кг	231,705
Коэффициент теплопередачи, отнесенный к наружной оребренной поверхности - K , Вт/(м ² *К)	150,72817	Число труб - n	127
Площадь поверхности теплообмена межтрубного пространства - F_2 , м ²	42,634	Число слоев труб в намотке - m	15
		Средняя длина трубы - L , м	6,25

Параметры намотки

Следующий номер слоя	Номер слоя						
	1	2	3	4	5	6	7
Наружный диаметр слоя - D_i , мм	222,00	239,70	257,40	275,10	292,80	310,50	328,20
Заходность, число труб в слое - n_z	5	5	6	6	7	7	8
Число рядов труб по длине намотки - n_b	9	9	8	8	7	7	6
Длина одной трубы в слое без выводов - l , м	5,983	6,482	6,212	6,655	6,217	6,605	5,999

Рисунок 7 – Вкладка «Расчет»

Как правило, результаты промежуточного расчета служат для контроля автоматизированного расчета. Результаты основного расчета используются в расчетно-пояснительной записке, а параметры намотки в рабочих чертежах.

На экран выведены параметры семи первых слоев («Параметры намотки» на рисунке 7). Для просмотра параметров остальных слоев следует нажать один или несколько раз кнопку «Следующий номер слоя».

Для того чтобы не набирать такое большое количество исходных данных, вкладка «Расчет» содержит кнопку «Сохранить исходные данные». При нажатии на нее появляется стандартное окно «Сохранить как». Такое же окно появляется и при выходе из программы «Теплообменник витой». Имя сохраненного файла имеет расширение «.acat». Исходные данные сохраняются в виде файла в любом месте магнитного носителя. Их можно открыть на вкладке «Ввод данных», нажав соответствующую кнопку «Открыть файл».

Результаты основного расчета помимо расчета теплофизических свойств веществ включают расчет высоты намотки, массу намотки, число труб, число слоев труб в намотке и среднюю длину трубы. Это позволяет решать задачу оптимизации методом перебора. Например, найти минимальную массу или габаритные размеры теплообменника.

Программу АСаТ можно использовать в Высших учебных заведениях химико-машиностроительного профиля при выполнении курсового и дипломного проектирования на кафедрах «Автоматизированное конструирование машин и аппаратов» и «Процессы и аппараты химических технологий», в проектных организациях, а так же на курсах повышения квалификации специалистов.

Литература

1. Троелсен Эндрю. Язык программирования C# 2005 и платформа .NET 2.0. – М.: ООО «И.Д. Вильямс», 2007. – 1168 с.
2. РД 26-04-4-87. Теплообменники витые криогенных систем. – 81 с.

Термодинамика в слабо-диссипативной теории Колмогорова-Арнольда-Мозера

д.ф.-м.н. проф. Богданов Р.И., к.ф.-м.н. доц. Богданов М.Р., Баранов М.А.
Университет машиностроения

Аннотация. В статье представлены результаты численного расчета основных термодинамических переменных, таких как зависимость термодинамических потенциалов от температуры и давления, а также геометрические характеристики динамики. Динамика описывается с помощью дискретной аппроксимации в виде ломаных Эйлера как семейство векторных полей, возникающих в бифуркации Богданова-Такенса.

Ключевые слова: термодинамика, численный расчет основных термодинамических переменных

Слабо-диссипативная теория Колмогорова-Арнольда-Мозера рассматривает малые возмущения гамильтоновых систем в классе всех гладких динамических систем. Таким образом, мы разрушаем интеграл динамики, задаваемый гамильтонианом, но пользуемся методами гамильтоновой механики и термодинамики для рассмотрения численных характеристик маловозмущённой системы в качестве асимптотического анализа расчётных численных данных. Простейший наиболее исследованный пример в слабо-диссипативной теории связан с «Bogdanov-map». Это отображение при подходящем выборе параметров имеет достаточно много асимптотически (не)устойчивых периодических орбит, что позволяет анализировать численные термодинамические величины на практике, сопоставляя эти результаты с пионерскими работами Клаузиуса.

Нормальные формы динамических систем

Выбор объектов исследования для математики и математиков был и есть основной проблемой, ввиду длительности по времени создания новых содержательных теорий (см. [6, 10, 24, 27-31, 33-45, 48-50]).

Нормальные формы динамических систем дают примеры, которые репрезентативны в смысле математической статистики или теории вероятностей (см. [6, 7, 11, 24]). Первоначально они возникли в работах А.А. Андропова и его учеников в связи с развитием теории бифуркаций (см. [6, 7, 24]). На смену исследованиям XVIII-XIX столетий индивидуальных динамических систем пришло более трудное изучение семейств динамических систем, зависящих от конечного числа параметров. Другой энтузиаст теории бифуркаций В.И. Арнольд говорил: «... На полках библиотек пылится много работ, посвящённых исследованию конкретных индивидуальных систем, но простые модельные системы сценариев потери и смены устойчивости не построены и не исследованы...». Он имел ввиду знаменитую работу А.А. Андропова, посвящённую исследованию семейства векторных полей в нелинейном модельном однопараметрическом семействе сегодня зачастую называемую бифуркацией Андропова-Хопфа. Сам В.И. Арнольд эти идеи реализовал в теории версальных деформаций линейных систем, далеко продвинув исследования Жордана по нормальным формам индивидуальных линейных операторов в конечномерном случае.

Ввиду вышеизложенного на сегодняшний день существует большая математическая проблема: описание хаоса или хаотической динамики в детерминированных системах (см. [6, 8, 10, 24, 33, 35, 45]). Примеры необходимости таких исследований даёт математическая фи-