

УДК 621.565

¹А.В. Троценко, доктор техн. наук; ²Л.Н. Цветковская, канд. техн. наук^{1,2}Одесская национальная академия пищевых технологий, Учебно-научный институт холода, криотехнологий и экоэнергетики им В.С. Мартыновского, ул. Дворянская, 1/3, Одесса, Украина, 65082e-mail: ¹trotalex@rambler.ru; ²cvlara@mail.ruORCID: ¹<http://orcid.org/0000-0003-1408-1764>; ²<http://orcid.org/0000-0002-3956-583X>

ОСОБЕННОСТИ ДВУХПОТОЧНЫХ ТЕПЛООБМЕННИКОВ КРИОГЕННЫХ СИСТЕМ КАК ОБЪЕКТОВ ТЕРМОДИНАМИЧЕСКОГО АНАЛИЗА И ФОРМАЛИЗАЦИИ

Для двухпоточных криогенных теплообменников предложен классификационный признак решения задач термодинамического анализа. Представлены и обсуждены известные задачи, систематизированные по указанному признаку и решаемые с применением эксергетического метода для этих теплообменников. Впервые составлена и проанализирована формализованная термодинамическая модель двухпоточного теплообменного аппарата. Для нее определено число независимых переменных, необходимых для термодинамического расчета этого теплообменника. Установлено, что для отдельного элемента криогенной установки нерационально применение теории графов для формального составления уравнений энергетического баланса.

Ключевые слова: Криогенная установка. Двухпоточный теплообменник. Термодинамический анализ. Формализация. Теория графов.

1. ВВЕДЕНИЕ

Теплообменный аппарат следует считать по ряду причин уникальным объектом термодинамического анализа. Во-первых, он является самым распространенным элементом криогенных установок. Во-вторых, в нём «сосредоточены» практически все проблемы и задачи термодинамического анализа. К особенности теплообменника как объекта этого анализа, следует отнести тот факт, что при определенных условиях [1] его можно считать, подобно детандеру и компрессору, идеальным элементом установки, в которой отсутствуют потери от необратимости процессов.

В то же время для рассматриваемого аппарата на логическом уровне достаточно просто поставить задачи термодинамического анализа, что объясняется подобием конструкции и составляющих его частей. Например, в поршневом детандере необходимо анализировать отдельные процессы, к которым относятся выпуск газа, его расширение и выталкивание [2]. В этом случае требуется создавать и анализировать термодинамическую модель каждого из этих процессов.

Для части теплообменника характерны те же процессы, что и для всего аппарата, при этом качественно сохраняется его термодинамическая модель. Эта особенность, в частности, используется при определении термодинамической работоспособности двухпоточных и многопоточных теплообменников [3].

Несмотря на относительную простоту постановки задачи термодинамического анализа теплообменного аппарата, само её решение в ряде случаев не может быть осуществлено непосредственно ни эксергетическим, ни энтропийным методами. Поэтому в данных

ситуациях необходимо создание и проверка дополнительных подходов для решения такого рода задач. При этом возникает потребность в создании классификации задач термодинамического анализа по признаку возможных методов их решения.

В настоящее время существует большое количество статей и монографий по различным аспектам, связанных с теплообменными аппаратами. Среди источников, освещающих их термодинамический анализ, следует выделить монографии [4, 5]. Конструкции теплообменников и существующие методики их расчёта изложены в работе [6]. Однако не хватает публикаций, обобщающих накопленные результаты исследований по анализу термодинамической эффективности данных аппаратов. Цель данной работы — восполнить в некоторой мере этот пробел.

2. ЗАДАЧИ ТЕРМОДИНАМИЧЕСКОГО АНАЛИЗА ТЕПЛООБМЕННЫХ АППАРАТОВ

Существует много признаков, в соответствии с которыми производится классификация теплообменных аппаратов. К таким признакам относятся: число потоков рабочего тела, взаимное направление потоков рабочих тел, назначения аппаратов и другие. Главным образом эти признаки связаны с конструктивными особенностями теплообменников, математическое обеспечение для проектирования которых содержит термодинамические расчёты. Как известно, термодинамический анализ производится после термодинамических расчетов системы, и для него конструкции аппаратов не имеют существенного значения. По этой причине термодинамический анализ