

УДК 621.565

А. В. Троценко, доктор техн. наук

Одесская национальная академия пищевых технологий, Учебно-научный институт холода, криотехнологий и экоэнергетики им. В.С. Мартыновского, ул. Дворянская, 1/3, г. Одесса, Украина, 65082

e-mail: trotalex@rambler.ruORCID: <http://orcid.org/0000-0003-1408-1764>

ФОРМАЛИЗОВАННЫЙ ПОДХОД К СОСТАВЛЕНИЮ УРАВНЕНИЙ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ БАЛАНСОВ НИЗКОТЕМПЕРАТУРНЫХ УСТАНОВОК

Изложен формализованный подход к составлению уравнений энергетических балансов, являющихся составной частью термодинамической модели схемы низкотемпературной установки. Он основан на математическом представлении энергетических потоков графа схемы в виде матрицы инцидентности. Предложены структуры и рассмотрены особенности векторов и матриц, с помощью которых может быть реализован моделирующий алгоритм составления данных уравнений.

Ключевые слова: Низкотемпературная установка. Термодинамическая модель. Энергетический баланс. Матрица инцидентности. Моделирующий алгоритм.

1. ВВЕДЕНИЕ

Уравнения энергетических балансов обязательно включаются в термодинамическую модель как всей установки, так и входящих в нее подсистем [1]. На их основе выводятся уравнения эксергетических балансов, применяемые в термодинамическом анализе. Современный подход к термодинамическим расчетам, ориентированный на применение вычислительной техники, предполагает создание алгоритмов к составлению и использованию таких уравнений, не допускающих интуитивных и неоднозначных моментов. Проведенный информационный поиск не выявил примеров такого подхода применительно к процедуре составления уравнений энергетических балансов. Поэтому данную задачу следует отнести к числу актуальных проблем.

Естественно, что решение такой задачи может быть основано только на использовании формализованных циклов энергетических установок и их элементов. Для низкотемпературных систем особенности создания таких схем рассмотрены в работе [2]. В ней сформулированы новые, отвечающие современным требованиям правила к составлению расчетных схем криогенных систем, а также дано их математическое представление в виде графов.

В свою очередь такие схемы базируются на формализации их элементов. Примеры создания формализованных основных элементов низкотемпературных установок приведены в работе [3]. В ней рассмотрены следующие задачи:

- определение элемента как термодинамического объекта;
- унификация имени элемента;
- создание методики определения числа и конкретных имен независимых переменных, связанных с конкретными элементами;

— классификация и идентификация элементов.

Начальным этапом любой формализации является обобщение понятия узловой точки, которое выполнено в работе [4]. К основным результатам этой работы относятся: классификация типов узловых точек и выявление их атрибутов.

Таким образом, рассматриваемая задача является заключительным звеном формализованной цепочки «узловая точка — элемент схемы — схема установки — составление энергетических балансов». Основная цель данной работы заключается в детальном рассмотрении особенностей всех этапов ее решения, базирующихся на использовании векторной и матричной алгебры.

2. МЕТОДИКА ФОРМАЛИЗОВАННОГО СОСТАВЛЕНИЯ УРАВНЕНИЙ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО БАЛАНСА

Уравнение энергетического баланса, отражающее I-ое начало термодинамики, в общем случае может быть представлено для установившегося режима работы низкотемпературной установки в виде:

$$\sum_{i=1}^{m'} Q_i' + \sum_{j=1}^{n'} L_j' + \sum_{k=1}^{p'} H_k' - \sum_{i=1}^{m''} Q_i'' - \sum_{j=1}^{n''} L_j'' - \sum_{k=1}^{p''} H_k'' = 0. \quad (1)$$

Равенство (1) предполагает, что в данной установке имеются энергетические потоки в форме тепла Q , работы L и потока рабочего тела H , где H — полная энтальпия этого тела. Примем, что в данной системе реализуется процесс термомеханического охлаждения [5]. В выражении (1) одним штрихом обозначены входящие потоки энергии в выделенный на схеме установки замкнутый контур, а двумя штрихами — выходящие потоки энергии из этого контура.

Как известно, контур для составления уравнения