

УДК 621.565

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

ОСОБЕННОСТИ СОСТАВЛЕНИЯ ФОРМАЛИЗОВАННОЙ ТЕРМОДИНАМИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ КРИОГЕННОЙ СИСТЕМЫ И ОПРЕДЕЛЕНИЯ ЧИСЛА ЕЁ НЕЗАВИСИМЫХ ПЕРЕМЕННЫХ

Изложены выявленные особенности составления термодинамической модели для формализованной схемы криогенной установки, которые касаются таких её элементов, как дроссель, разделитель, смеситель, компрессор. Приведена разработанная термодинамическая модель для рефрижераторного цикла высокого давления. Рассмотрены вопросы учёта энергетических потоков в форме тепла и работы при выборе исходных данных для термодинамического расчёта цикла. Определено число исходных данных и предложен их конкретный набор для указанного выше цикла.

Ключевые слова: Криогенная установка. Уравнения материальных и энергетических балансов. Термодинамическая модель. Термодинамический расчёт. Определение числа исходных данных.

1. ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время активно развивается и используется программное обеспечение для компьютерного моделирования сложных технологических схем установок различного назначения. На его основе созданы достаточно распространённые программные средства для расчёта этих схем, среди которых можно выделить «SIMSCI PRO/II», «HYSYS» и «ГазКонд-Нефть». Тем не менее, следует отметить ограниченное число имеющихся публикаций, в которых рассматривались бы вопросы формализованного подхода к термодинамическому моделированию энергетических установок. Среди отечественных работ данного направления можно отметить лишь монографию [1].

Разработка термодинамической модели энергетической установки — важный и ответственный этап её создания. Именно на этой стадии происходит выбор исходных данных для подбора и конструирования элементов системы, проверка её термодинамической работоспособности, а также анализ показателей энергетической эффективности. Выполненная формализация составляющих этого этапа, касающаяся понятия узловой точки [2], представления расчётных схем указанных установок [3] и получения уравнений энергетического баланса [4], делает актуальным решение других задач, связанных с автоматизированным проектированием криогенных систем.

К таким задачам относится процедура составления формализованной расчётной схемы криогенной установки. Цель данной работы состоит в выявлении и обсуждении особенностей данной процедуры, а так-

же в анализе способа определения числа исходных данных, необходимых для термодинамического расчёта заданной структуры установки.

2. ОСОБЕННОСТИ ТЕРМОДИНАМИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ КРИОГЕННОЙ СИСТЕМЫ

Термодинамическая модель любой энергетической установки является инвариантной математической моделью, базирующейся на принципах термодинамики. Она представляет собой систему нелинейных уравнений и может содержать ограничения в виде неравенств. При термодинамическом расчёте к этой системе добавляется уравнение состояния и идеальнoгазовые свойства рабочих тел, позволяющие вычислить их термические и калорические функции. Структура формализованных программных процедур для расчёта термодинамических свойств веществ предложена в работе [5].

Основу термодинамической модели составляют отдельные группы уравнений процессов и состояний рабочих тел, материальных и энергетических балансов. При необходимости выполнения термодинамического анализа в неё добавляются уравнения эксергетических балансов.

Выявленные особенности формализованной термодинамической модели сводятся к следующему:

1. Уравнения процесса и энергетического баланса для дросселя совпадают. Поэтому в термодинамической модели должно присутствовать лишь одно из них. Более корректным является включение этого соотношения в группу энергетических балансов, по-