

А.В. Троценко*, М.В. Поддубная**

Одесская государственная академия холода, ул. Дворянская, 1/3, г. Одесса, Украина, 65026

*e-mail: trotalex@rambler.ru

**e-mail: marina.sak@mail.ru

ТЕРМОДИНАМИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ЦИКЛОВ КРИОГЕННЫХ СИСТЕМ МЕТОДОМ ИСКЛЮЧЕНИЯ ПОТЕРЬ

Предложено развитие метода последовательного исключения эксергетических потерь для циклов и ступеней охлаждения криогенных установок. Рассмотрены особенности его применения для структур установок по сравнению с эксергетическим анализом отдельных её элементов. Приведены результаты расчётов и их анализ для распространённых циклов криогенной техники.

Ключевые слова: Эксергетические потери. Термодинамическая оптимизация. Циклы криогенных установок.

A.V. Trotsenko, M.V. Poddubnaya

THERMODYNAMIC ANALYSIS OF THE CRYOGENIC CYCLES BY THE METHOD OF EXERGETIC LOSSES ELIMINATION

The method of the exergetic losses elimination for cryogenic cycles and their cooling stages is developed. The particularities of its applying to the structures of cryogenic installations in comparison with the exergetic analysis of their individual elements are considered. The results of calculations and analysis of the elements for the considered cycles of cryogenic technique are given.

Keywords: Exergetic losses. Thermodynamic optimization. Cycles of cryogenic plants.

1. ВВЕДЕНИЕ

Эксергетические потери являются универсальным критерием, используемым в энтропийном [1] и эксергетическом [2] методах термодинамического анализа. Не составляют особых сложностей расчёты их величин в установившихся режимах работы установок для отдельных элементов, ступеней охлаждения и циклов. В этих расчётах более предпочтительным представляется использование эксергетического метода, базирующегося на эксергетических балансах и, по этой причине, поддающегося формализации.

Основная проблема любого метода термодинамического анализа цикла состоит в отсутствии алгоритма уменьшения энергозатрат в соответствующей установке посредством использования на каждом его шаге результатов вычислений эксергетических потерь в элементах рассматриваемой системы. При этом возникают вопросы, связанные с выбором независимых переменных в термодинамической модели установки, направлением их изменения, учётом неравноценности потерь и т.д. Отдельные из указанных вопросов рассмотрены в работе [3].

Одним из возможных направлений решения данной проблемы является распространение метода последовательного исключения эксергетических потерь, разработанного для отдельных элементов [4,5], на ступени охлаждения и циклы. Его реализация в приложе-

нии к двух- и многопоточным теплообменным аппаратам воздухоразделительных установок подтвердила соответствие полученных результатов качественным выводам, известным для теплообменников.

2. МЕТОД ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОГО ИСКЛЮЧЕНИЯ ПОТЕРЬ В СТУПЕНЯХ И ЦИКЛАХ ОХЛАЖДЕНИЯ

Основная идея данного метода безотносительно объекта термодинамического анализа заключается в исключении одной потери и повторении процедуры термодинамического анализа без неё с целью установления степени влияния рассматриваемой i -ой потери D_i на суммарные потери D_s . Принципиальное отличие использования рассматриваемого метода для структуры и её элемента заключается в его обоснованности. Для отдельного элемента исключаемая потеря определяется причиной её возникновения (трение, неравновесный теплообмен и др.). В связи с этим эксергетический подход к вычислению составляющих потерь в элементе, по сути, является приближением, так как он основан на эксергетическом балансе. Последний может быть составлен для элемента или его части, но не для логически выделенного понятия, к которому относится причина необратимости [4]. Для структуры эксергетические балансы составляются для отдельных элементов и их совокупности, поэтому