

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>

АНАЛИЗ ЭКСЕРГЕТИЧЕСКОГО КПД КАК КРИТЕРИЯ ТЕРМОДИНАМИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ НИЗКОТЕМПЕРАТУРНЫХ СИСТЕМ

Исследовано соотношение между химической и физической составляющими эксергии азота как функции давления на различных изотермах. Приведены различные способы вычисления эксергетических КПД. Для водородной криогенной рефрижераторной установки и ее ступеней охлаждения выполнены расчеты и проанализированы значения эксергетических КПД, определенных различными способами и при разных видах полученных продуктов. Сделан вывод о преимуществах формализованного уравнения эксергетического баланса при анализе термодинамической эффективности криогенных установок.

Ключевые слова: Эксергетический метод термодинамического анализа. Химическая и физическая составляющие эксергии. Уравнение эксергетического баланса. Эксергетический КПД и способы его определения.

1. ВВЕДЕНИЕ

Эксергетический КПД является одним из основных показателей термодинамической эффективности процессов и циклов энергетических устройств.

В литературе имеется достаточное количество публикаций, которые посвящены определению его величины в приложении к системам различного назначения, включая низкотемпературные установки. Для криогенных и холодильных установок вопросы их эксергетического анализа достаточно полно отражены в монографиях [1–3].

Тем не менее, судя по известным публикациям, в настоящее время отсутствуют работы, в которых бы критически обобщались результаты применения рассматриваемого показателя при термодинамическом анализе. В частности, это касается следующих актуальных проблем:

– Принципиальная возможность использования эксергетического КПД для исследования эффективности любой системы.

– Анализ существующих способов определения величины данного критерия с целью обоснования выбора одного из них.

– Установление взаимосвязи эксергетических КПД всей системы и составляющих ее подсистем.

– Исследование наличия экстремумов рассматриваемого показателя как функции термодинамических параметров установок.

В данной работе представлены результаты и выводы, касающиеся определения величин эксергии материальных потоков и способов вычисления эксергетических КПД низкотемпературных систем.

2. ОСОБЕННОСТИ ЭКСЕРГЕТИЧЕСКОГО КПД

Эксергетический (термодинамический) КПД наряду с потерями от необратимостей D_e является характеристикой энергетической (термодинамической) эффективности системы. Сам процесс её эксергетического анализа осуществляется после термодинамического расчёта схемы, который заключается в определении термодинамических функций и расходов рабочих тел во всех узловых точках, а также энергетических потоков в элементах установки. Величина η_e в общем случае рассчитывается из выражения:

$$\eta_e = \frac{Ex''}{Ex'}, \quad (1)$$

где Ex' , Ex'' — суммарные подведенные к рассматриваемой системе и отведенные от неё потоки эксергии. Для всей низкотемпературной установки значение η_e , согласно [4], также может быть вычислено по формуле:

$$\eta_e = \frac{L_{\min}}{L}, \quad (2)$$

где L_{\min} , L — соответственно, минимальные и действительные затраты энергии необходимые для получения заданных количеств продуктов требуемых качеств.

По своей сути величина L_{\min} соответствует затратам энергии при условии обратимости всех процессов в установке. Она не зависит от схемы реаль-