

УДК. 621.564

Д. Х. Харлампи́ди, доктор техн. наукИнститут проблем машиностроения им. А. Н. Подгорного НАН Украины, ул. Дм. Пожарского, 2/10,
г. Харьков, Украина, 61046

e-mail: kharlampidi@ipmach.kharkov.ua

ORCID: 0000-0003-4337-6238

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ЭКСЕРГЕТИЧЕСКОГО МЕТОДА ТЕРМОДИНАМИЧЕСКОГО АНАЛИЗА

С применением эксергетического метода термодинамического анализа решаются многочисленные задачи как технического, так и технико-экономического характера. Рассматриваются преимущества и недостатки существующих подходов к проведению эксергетического анализа энергопреобразующих систем. Отмечается наличие противоречий при решении вопроса оценки КПД элемента системы. Указывается на необходимость и целесообразность развития целевого подхода к определению термодинамической эффективности, позволяющего получить наиболее полную картину распределения эксергетических потерь в элементах системы с учётом их взаимовлияния. Приведены результаты углубленного термодинамического анализа холодильной машины на основе теории эксергетической стоимости.

Ключевые слова: Термодинамический анализ. Эксергия. Эксергетическая стоимость. Декомпозиция. Холодильная машина.

1. ВВЕДЕНИЕ

С конца 50-ых годов прошлого века в технической термодинамике прочно закрепилось понятие эксергия. С его помощью можно решать широкий круг задач как технического, так и технико-экономического характера.

Раскрытию сущности эксергии для анализа различных технических систем посвящены работы Ф. Бошняковича, Г. Кинана, А. Грассмана, Я. Шаргута. Особо следует отметить огромный вклад профессора Московского энергетического института Виктора Михайловича Бродянского, который существенно расширил диапазон исследований в этой области и обозначил перспективы развития эксергетического метода термодинамического анализа на десятилетия вперед. Именно благодаря усилиям В. М. Бродянского метод научно оформился и стал мощной теоретической базой для создания эффективных инженерных систем. Объектами приложения метода являются системы преобразования вещества и энергии.

На важность применения эксергии для анализа и оптимизации энергопреобразующих систем указывали в своих работах выдающиеся учёные, такие как В. С. Мартыновский, Л. З. Мельцер, А. И. Андриященко, Г. Н. Костенко.

В частности, именно В. С. Мартыновский был одним из первых, кто в своих работах отмечал необходимость увязки различных видов затрат с термодинамическими параметрами. В дальнейшем это стало предметом изучения термозкономики — дисциплины, объединившей в себе следствия Второго закона тер-

модинамики и экономическую теорию.

Настоящая работа не ставит своей целью подробное рассмотрение исторических этапов развития эксергетического метода термодинамического анализа с момента его основания и по настоящее время. Об этом было подробно написано в [1]. Также оставим без рассмотрения вопросы расчёта химической эксергии газов, жидкостей и твёрдых тел; соответствующие рекомендации даны в известной работе Я. Шаргута и Р. Петель [2]. Не претендуя на исчерпывающую полноту изложения, осветим только основные направления, по которым пошло развитие метода применительно к термодинамическому анализу энергопреобразующих систем с середины 80-ых годов прошлого века и по сегодняшний день. Вопросы термозкономического анализа и оптимизации будут рассмотрены в следующей статье.

2. СОВРЕМЕННЫЕ ПОДХОДЫ К ПРОВЕДЕНИЮ ТЕРМОДИНАМИЧЕСКОГО АНАЛИЗА ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ

В настоящее время термодинамический анализ технических систем проводится на нескольких уровнях. Первый уровень связан с установлением эксергетических потерь в элементах. На втором уровне определяются эксергетические КПД элементов и выявляются транзитные потоки эксергии. На третьем, наивысшем уровне учитывается такое свойство, как неэквивалентность потоков эксергии и эксергетических потерь. Как известно из [1], оно связано со структурой технологической схемы установки. В связи с чем в по-