



Українська Федерація Інформатики
Інститут кібернетики імені В. М. Глушкова НАН України
Вищий навчальний заклад Укоопспілки
«ПОЛТАВСЬКИЙ УНІВЕРСИТЕТ ЕКОНОМІКИ І ТОРГІВЛІ»
(ПУЕТ)

ІНФОРМАТИКА ТА СИСТЕМНІ НАУКИ (ІСН-2015)

**МАТЕРІАЛИ
VI ВСЕУКРАЇНСЬКОЇ НАУКОВО-ПРАКТИЧНОЇ
КОНФЕРЕНЦІЇ ЗА МІЖНАРОДНОЮ УЧАСТЮ**

(м. Полтава, 19-21 березня 2015 року)

За редакцією професора О. О. Ємця

**Полтава
ПУЕТ
2015**

**РАВНОВЕСНЫЕ ТЕРМОДИНАМИЧЕСКИЕ
ПРОЦЕССЫ С ТОЧКИ ЗРЕНИЯ
ТЕОРИИ УПРАВЛЕНИЯ**

*А. С. Куценко, д. т. н., профессор
Харьковский национальный университет
«Харьковский политехнический институт»
kuzenko@kpi.kharkov.ua*

«Нет ничего практичнее хорошей теории» – это известное высказывание Л. Больцмана в полной мере относится и к теории оптимального управления, являющейся фундаментом современной науки об управлении и имеющей очевидную практическую направленность. Несмотря на то, что теория оптимального управления нашла свое место в большинстве научных направлений, ее приложения к старейшему и важнейшему разделу физической науки – термодинамике практически отсутствуют. В то же время первой решенной и практически реализованной задачей оптимального управления была задача об организации термодинамического цикла с максимальным коэффициентом полезного действия, решенная С. Карно и Р. Клаузиусом. Постановка задачи о наиболее экономичном термодинамическом цикле содержала все компоненты, обусловленные современной теорией управления: математическую модель в виде множества моделей элементарных процессов, цель управления – замкнутый цикл в фазовом пространстве, ограничения в виде максимальной и минимальной температур, критерий качества – термический КПД.

Целью данной работы является попытка получения ключевых положений равновесной термодинамики на основании достижений современной теории управления и обобщение результатов на случай произвольных многомерных квазистатических процессов, имеющих место в различных энерго-технологических системах.

Можно показать, что квазистатическим процессам, которыми оперирует равновесная термодинамика, соответствует математическая модель в виде системы аффинных дифференциальных уравнений, линейных и однородных по управлениям. При этом величина каждой компоненты вектора управлений имеет смысл интенсивности некоторого воздействия на термодинамическую систему, а соответствующая ему вектор-функция задает геометрическую структуру траекторий, порождаемых этим воздействием.

Показано, что для любой, наперед заданной функции состояния $U(\mathbf{x})$ (энергии), можно единственным образом построить ортогональную систему функционалов (работ), сумма которых равна приращению $U(\mathbf{x})$ на концах произвольной фазовой траектории, полученной в результате некоторого векторного управляющего воздействия. Полученный результат можно рассматривать в качестве обобщения первого начала термодинамики.

С позиций теории управления проанализировано второе начало термодинамики в аксиоматической формулировке Каратеодори. Показано, что существование интегрирующего множителя дифференциальной формы для термического воздействия, является частным случаем неуправляемости аффинной управляемой системы с количеством управлений меньшим размерности фазового пространства. Обоснован критерий управляемости квазистатических систем, основанный на оценке размерности замкнутой относительно операции коммутирования системы векторных полей, соответствующих множеству управляющих воздействий.

В заключение приведены постановки задач об оптимальном управлении простейшими термодинамическими процессами. С помощью принципа максимума получены результаты, касающиеся наиболее экономичных циклов, осуществляемых при различных ограничениях, известных из термодинамики как циклы Карно, Отто и Брайтона.