

Вазорати маорифи Љумњурии Тољикистон
Министерство образования Республики Таджикистан

Донишгоњи техникии Тољикистон ба номи академик М.С. Осимӣ
Таджикский технический университет имени академика М.С. Осими

Б А Р Н О М А - ДАЪВАТНОМАИ
конференсияи VI байналхалқии илмӣ-амалии
«ДУРНАМОИ РУШДИ ИЛМ ВА МАОРИФ»
16-17 ноябри соли 2012



МАТЕРИАЛЫ

VI-й международной научно-практической конференции
"ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ НАУКИ
И ОБРАЗОВАНИЯ"
16-17 ноября 2012 г.

Душанбе – 2012

СЕКЦИЯ 6. МАШИНОСТРОЕНИЯ И ТЕХНОЛОГИЯ МАШИН		8
Ализов Р.О., Саидов М.Х. Влияние грануляции и состава наносевой шихты на прочность сцепления покрытий		8
Акрамов Б.Н., Исмаилов И.А., Аминов Ф.М. К расчету КПД кулачкового механизма		11
Зульфатов С.З., Сафаров Ф.М., М. Ахрори, Акрамов А. Анализ взаимодействия основных рабочих органов валкового джана и их влияние на качественные и количественные показатели джанирования		15
Идиев М.Т., Кобиллов А.Х., Сафаров А.А. Исследование зависимости точности трехсторонней обрки от увеличения давления главного прижима трехлопастной резальной машины		18
Исмаилов И.А., Газиева С.А., Курбанов Б.Д., Иброгимов Х.И., Сафаров Ф.М. Комплексный показатель воздействия очистителя на хлопок-сырец, в процессе его очистки		22
Ишматов А.Б., Абдунабиев А., Джалилов Ф.Р., Сафаров Ф.М. Анализ производство и переработки коконов, в содской области Республики Таджикистан		25
Ишматов А.Б., Джалилов Ф.Р., Сафаров Ф.М., Азизов Ю.С. Анализ процесса отделения ваты-спира от коконов		28
Марзиков К., Тошев М.А., Аминов Ф.М. Кинематика планетарно-шатуниного механизма с упругим шатуном		32
Мирзоалиев А.И., Убайдуллоев А.Н. Центробежная абразивная обработка отверстий		35
Мирзоалиев И.М., Убайдуллоев А.Н., Мирзоалиев А.И., Холжаев Т.А. Особенности кинематики и динамики процесса планетарно-центробежной гайтки		39
Мирзоалиев И.М., Убайдуллоев А.Н., Мирзоалиев А.И., Холжаев Т.А. Центробежная абразивная обработка внутренних цилиндрических поверхностей большого диаметра		46
Рахматов М., Тошев М.А. Исследование пористости газотермически напыленных покрытий при термомодифицировании насыщенным бором		50
Сайдаминов И.А., Рахматов Н.И. Методические и практические принципы повышения эксплуатационных свойств исполнительных органов и рабочего инструмента бурового оборудования		52
Сафаров А.А., Кобиллов А.Х. Печать – один из основы государственного строя		54
СЕКЦИЯ 7. ФУНДАМЕНТАЛЬНЫЕ НАУКИ (математика, физика, химия)		57
СЕКЦИЯ 7.1. МАТЕМАТИКА		57
Болтаев К.С. Представление многообразия решений и решения граничные задач для одного модельного уравнения l -го порядка с сингулярной гиперплоскостью		57
Гадзодза М. Об одной смешанной задаче для дифференциального уравнения в частных производных второго порядка		59
Гадзодза М., Козылова Н. М., Исломов М. Олиди як масъалаи канори тартиби сеюм барои муодилаи гармигузаронӣ		61
Гадзодза М., Саидов Ш.А., Асроров С.А. Вторая краевая задача для модельного уравнения теплопроводности		64
Исмаилов М., Исмаилов Н.М. Об абсолютной и равномерной сходимости обобщенных интегралов Фурье в произвольной области		67
Исмаилов Н.М. Смешанные задачи с функциональными условиями для уравнения колебаний струны		70
Исмаилов Д. Аддитивные проблемы делителей и нерешенные задачи		72
Курбанов И., Ибодов С.И. О гладкости решений краевых задач электродинамики для неоднородных сред		76
Курбанов С.З., Рустамбекова У.Р., Нусайриев М.А. О построении аналитических линейных преобразований		79
Махмудов Б., Самаров Ш.Ш. Некоторые обратные задачи нестационарной для полуограниченной среды		81
Орипов Т.С., Рахматов Р.М. О решении одной системы уравнений в полных дифференциалах второго порядка в пространстве с регулярными и сингулярными частями		83
Пиров Р., Рахматов Ф., Джабаров М. О совместности и многообразии решения одной перепределенной системы пять дифференциальных уравнений в частных производных второго порядка с одной неизвестной функцией в пространстве		87

Ражабова Л.Н. К теории одного класса двумерных интегральных уравнений типа Вольтера с сильно-особой и особой внутренними линиями		88
Садриддинов М.М. Принцип оптимального многообразия для системы разностных уравнений		91
Сангинов А. Об одном случае граничной задачи для системы уравнений составного типа первого порядка с сингулярным коэффициентом		94
Халифов Х. М., Кодиров О. К. О представлении решений одного дифференциального уравнения в частных производных третьего порядка с постоянными коэффициентами		95
Юнусов Ф.М., Юнусов М.М., Юнусов М.К. Информационная технология в моделях взаимодействия стран с разным экономическим уровнем развития		96
СЕКЦИЯ 7.2. ФИЗИКА		99
Акрамов М.Б., Ибрагимов Д.Э., Бобоевров Д.Э., Мирзов Ф.М. Определение удельного электрического сопротивления образцов обожженных анодов в производстве электродов алюминиевой промышленности		99
Акрамов М.Б., Джурасев Т.Д., Мирзов Ф., Рахимов Ф.К. Сборка универсальной установки для определения теплофизических свойств веществ		101
Ибрагимов С., Низомов З., Кобулиев З., Саидов Р.Х., Гулюев Б.Н. Температурная зависимость тепловых свойств сплава $Al+0,2\%Mg$		104
Иброхимов Н.Ф., Низомов З., Ганиева Н.Н., Саидов Р.Х. Температурная зависимость теплофизических свойств сплавов $AlMg_2$ и $AlMg_6$		107
Иброхимов В.К., Зоккиров Ф.Ш., Аветов З.И., Насриддинов А.С. Характеристика современного курса физики первой ступени ее изучения		109
Иброхимов В.К., Иброхимова Т.В., Зоккиров Ф.Ш. Дифференциальная проницаемость и поларизуемость измеренные диэлектрической проницаемости		110
Маджидов Х., Аминов Дж.Б.**, Аминов Б. Теплопроводность композиционных материалов на основе алюминия в зависимости от температуры		112
Низомов З., Мирзов Ф., Акрамов М. Температурная зависимость теплофизических свойств алюминия марки А5		114
Низомов З., Шамсуллоев М., Мирзоева Ш.Б., Бадалов А.Б., Олимов А.Р. Оценка чисел гидратации катионов в водных растворах итратных солей по акустическим данным		117
Низомов З., Шамсуллоев М., Мирзоева Ш.Б. Влияние ионов на сжимаемость воды		118
Одинаев С., Абдурауфолов А., Аклов Д.М., Мирзоаминаев Х. Частотная дисперсия скорости и коэффициента поглощения звука в двухатомных жидкостях		121
Рындичев В.В. Аналитические выражения второго закона термодинамики через количественные характеристики неравновесности системы		124
Салихов Т.Х., Холжаев Ю.П. Математическая модель нелинейного фотоакустического отклика двухслойных образцов с обменным поглощением обонх слоев		128
Туйчиев Н. Векторные вариации геомагнитного поля		132
Юсупов И.Х., *Бахавалатов А.Д., Марупов Р. Исследование температурной стабильности лекарственных растений родомы холодной (<i>rodola gelida schrenk</i>) методом спинового меток		134
СЕКЦИЯ 7.3. ХИМИЯ		137
Амонова А.В., Ганиев И.Н., Обидов З.Р., Одинаева Н.Б. Кинетика окисления сплава $ZnAl$ легированного иттрием		137
Гафуров Б.А., Мирсалдов И.У., Насруллоева Д.Х., Исломова М.С., Исоев Д.Т. Энергетические характеристики боронидридов лантаноидов		138
Егорова С.Дж., Нажбуллин С., Зумратов А.Х., Ибрагимов Д.Э. ГЖХ-анализ свободных и связанных кислот образцов эфирных масел гераны - <i>Relargonium roseum Willd</i>		142
Ибрагимов Д.Э., Зумратов А.Х., Ибрагимова С.И. Количественные характеристики фенольные соединения в образцах масла хлорогеника титриметрическим методом с последующими математическими обработками		144
Sakcem M., Karimov Kh.S., Karteva Z.M. Electrical characteristics of solid-liquid rectifying junctions		146
Махмудов Ф., Абдуллаева М.Н., Эшонкулов Х.И., Бадалов А.Б. Термодинамика процесса растворения сплавов системы антимонид лантаноиды		153
Мирсалдов У.М., Назаров Х.М., Мирсалдов И.У., Хакимов Н. Радиационная обстановка		154

АНАЛИТИЧЕСКИЕ ВЫРАЖЕНИЯ ВТОРОГО ЗАКОНА ТЕРМОДИНАМИКИ ЧЕРЕЗ КОЛИЧЕСТВЕННЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ НЕРАВНОВЕСНОСТИ СИСТЕМЫ

В.В. РЫДЛИН

к. т. н., профессор ПУ им. С. Торайгырова, г. Павлодар

Аналитическим выражением второго закона термодинамики (ВЗТ) является уравнение Клаузиуса [1]

$$dS_{ис} \geq 0,$$

согласно которому в *обратимых* процессах энтропия изолированной системы (ИС) не изменяется, а в *необратимых* – увеличивается. В основу концепции *обратимости* в термодинамике положена концепция равновесности, согласно которой обратимые процессы могут протекать только в полностью равновесных системах («обратимый процесс – в пределе нет разностей давлений и температур между рабочим телом и окружающей средой» [1]). В работах [2, 3] показано несоответствие концепций обратимости и равновесности, используемых при изложении второго закона термодинамики (ВЗТ). Несомнительно заключается в том, что обратимость в концепции равновесности наступает при полной равновесности, когда нет никаких процессов.

Следовательно, существующая в термодинамике концепция равновесности не предполагает возможности протекания обратимых процессов в неравновесных системах. В то же время в термодинамике приводятся случаи обратимого протекания процессов, например, обратимого переноса тепла при конечной разности температур между телами с использованием идеальной тепловой машины, течения газа в идеальной турбине или компрессоре при конечном перепаде давлений в потоке и др.

Кроме того, в соответствии с концепцией равновесности область применения обратимых процессов в термодинамике ограничивается рассмотрением взаимодействий между системами, находящимися в почти одинаковых состояниях (при бесконечно малых перепадах давления и температуры между системами), что снижает практическое значение этой концепции для реальных случаев неравновесных тепловых установок и двигателей.

В связи с отмеченными выше трудностями, возникающими при изложении ВЗТ на основе существующих концепций равновесности и обратимости, в термодинамику вводится **новая концепция**, основанная на понятии «неравновесность» и законах её изменения. Под **неравновесностью** здесь понимается *свойство материи, обусловленное неоднородностью распределения движения в пространстве*. Неравновесность, в свою очередь, характеризует способность системы совершать работу: в равновесной системе работа совершаться не может. Следовательно, *мерой* (количественной характеристикой) *неравновесности* будет *работа*, которую может совершить система при её переходе в *равновесное состояние*. Основу концепции неравновесности составляет «**принцип** (аксиома) **неравновесности**» – *неравновесность изолированной системы не может увеличиваться: в обратимых процессах она не изменяется (сохраняется), а в необратимых уменьшается*.

Выделяются следующие виды неравновесности: термическая и барическая, обусловленные соответствием перепадом температуры и давления в пространстве; механическая (кинетическая и потенциальная), электрическая, химическая и др. Для оценки неравновесности всей системы, состоящей из совокупности локально равновесных подсистем, вводится понятие *полной неравновесности* как суммы всех видов неравновесности изолированной системы.

При переносе движения в пространстве неравновесность одного вида может уменьшаться с возникновением неравновесности другого вида в равном или меньшем количестве (например, при работе теплового двигателя уменьшение термической неравновесности при переносе тепла от горячего тела к холодному может компенсироваться ростом механической неравновесности при разгоне маховика или подъёме груза), либо может исчезнуть полностью без появления неравновесности какого-либо другого вида (например, в процессах выравнивания температур двух тел при теплообмене или уравнией воды в двух сообщающихся резервуарах).

Согласно принципу неравновесности ВЗТ формулируется так: *полная (суммарная) неравновесность изолированной системы при протекании реальных (необратимых) процессов*

уменьшается, а при протекании *идеальных (обратимых) процессов сохраняется*. В случае протекания обратимых процессов убывание неравновесности одного вида полностью компенсируется ростом неравновесности другого вида. Концепция сохранения неравновесности согласуется с существующим определением обратимого процесса, согласно которому изолированная система после протекания прямого и обратного процессов возвращается в исходное состояние, т. е. к прежней неравновесности, а также с формулировкой ВЗТ Клаузиуса: *теплота не может переходить от холодного тела к горячему без компенсации*, если под компенсацией понимать уменьшение неравновесности (например, механической), эквивалентное росту термической неравновесности при переносе тепла от холодного к горячему телу.

В качестве количественных характеристик неравновесности системы вводятся обобщающие понятия «энергетическое количество неравновесности» и «энтропийное количество неравновесности», объединяющие эксергию и изменения термодинамических потенциалов и энтропии.

Под *энергетическим количеством неравновесности* (или сокращённо *энергетической неравновесностью*) понимается количество неравновесности, определяемое через различный рода работы, совершаемые при переходе системы в равновесное состояние. Для расчёта максимальной (располагаемой) работы в термодинамике используются такие величины, как термодинамические потенциалы, эксергия тепла и эксергия потока.

Если термодинамический потенциал, в общем случае обозначить символом Π ("пи", греческое), то количество неравновесности системы будет определяться разностью потенциалов системы в неравновесном и равновесном состояниях (назовём её **"потенциальной разностью"**), равной максимальной работе системы при переходе её в равновесное состояние:

$$\Delta \Pi^* = \Pi_{ис} - \Pi_{ис}^{max} = W_{ис \rightarrow ис}^{max}$$

Потенциальная разность адиабатной системы, совершающей работу, уменьшается в любых процессах (обратимых и необратимых). Однако только в обратимых процессах убывание потенциальной разности, равная убыванию термодинамического потенциала, будет равна максимальной внешней работе неравновесной системы:

$$\delta W_{ис}^{max} = -d(\Delta \Pi^*) = -d\Pi_{ис} + d\Pi_{ис} = -d\Pi_{ис} = -d\Pi$$

где $d\Pi_{ис} = 0$, так как при переходе системы в равновесное состояние все процессы прекращаются и, следовательно, изменения всех величин равно нулю.

В случае протекания необратимых процессов внешняя работа системы получается меньше убывания потенциальной разности (убывания термодинамического потенциала): $\delta W_{ис} < -d(\Delta \Pi^*) = -d\Pi$.

Следовательно, общее условие перехода системы из более неравновесного состояния в менее неравновесное состояние (более равновесное) имеет вид $\delta W_{ис} \leq -d(\Delta \Pi^*) = -d\Pi$.

Согласно этому выражению *внешняя работа равна убыванию потенциальной разности*, или убыванию термодинамического потенциала, *в обратимых процессах и меньше этой убывания в необратимых процессах*.

Для установления связи между эксергией тепла и неравновесностью системы рассмотрим изменение термической неравновесности при переносе тепла в количестве Q_1 от горячего тела (ГТ) с температурой T_1 к окружающей среде (ОС) с температурой T_0 . В результате переноса тепла уменьшается термическая неравновесность в системе ГТ-ОС. Чтобы процесс переноса тепла был обратимым (без уменьшения полной неравновесности), необходимо наряду с уменьшением термической неравновесности увеличивать в эквивалентном количестве и другую какую-либо неравновесность, например, механическую. Для создания механической неравновесности к системе ГТ-ОС следует добавить идеальную тепловую машину, состоящую из рабочего тела (РТ), совершающего цикл, и приёмника (источника) работы (ПР – маховик, пружина, груз). В процессе переноса тепла термическая неравновесность в системе ГТ-ОС уменьшается, а в результате

¹ Сам термодинамический потенциал не может рассматриваться в качестве меры неравновесности системы, так как в равновесном состоянии количество неравновесности равно нулю, а потенциал не равен нулю.

совершения работы за счет части этого тепла увеличивается кинетическая или потенциальная энергия ПР, т.е. увеличивается механическая неравносность, и в целом полная неравносность ИС (ПТ-ОС-РТ-ПР) не изменяется. В дальнейшем, добавив идеальную холодильную машину (ИХМ), такую систему можно будет вернуть после каждого цикла в исходное неравносное состояние.

Если энергетическое количество неравносности обозначить Λ , то балансовое уравнение изменения полной неравносности ИС (ПТ-ОС-РТ-ПР) в обратном цикле ($\Delta\Lambda_{ПР} = 0$) запишется в виде

$$\Delta\Lambda_{ИС} = \Delta\Lambda_{Тер} + \Delta\Lambda_{мех} = 0.$$

Отсюда убыль термической неравносности будет равна росту механической неравносности ПР в результате подвода к нему работы от РТ, осуществляющего идеальный цикл Карно в температурном интервале ПТ ($T_{ПТ}$) и ОС (T_0),

$$-\Delta\Lambda_{Тер} = \Delta\Lambda_{мех} = W_{ИДК} = Q_1(1 - T_0/T_{ПТ}) = Q_1 - T_0\Delta S_{ПТ} = E_Q. \quad (1)$$

где $|\Delta S_{ПТ}| = Q_1/T_{ПТ}$ – модуль изменения энтропии горячего тела, равный увеличению энтропии окружающей среды (ХТ) в обратном процессе переноса тепла.

Величину E_Q , равную максимальной работе, которую можно получить в идеальном цикле Карно за счет подведенной теплоты Q_1 , если холодным телом является окружающая среда неизменных параметров, принято называть эксергией тепла. Таким образом, эксергия тепла в соответствии с (1) является количественной характеристикой изменения термической неравносности системы горячее тело – окружающая среда. Эксергия тепла равна работе, которую нужно затратить на привод ИХМ, чтобы ХТ и ПТ вернуть в исходное состояние (к прежней термической неравносности $-\Delta\Lambda_{мех} = \Delta\Lambda_{Тер}$) – отобрать Q_2 у ХТ и подвести к ПТ $Q_1 = Q_2 + E_Q$.

Для введения эксергии потока в качестве меры неравносности рассматривается неравносность системы, состоящей из резервуара большой емкости с давлением p_1 и температурой T_1 и окружающей среды с постоянными параметрами p_0 и T_0 . В такой системе под действием перепада давления происходит перенос (перетекание) вещества из резервуара в ОС, в результате чего неравносность такой системы уменьшается. Для возвращения той же порции вещества из ОС в резервуар и, следовательно, возвращения системы резервуар-ОС к прежней неравносности необходимо эту порцию вещества сжать до первоначального давления и переместить с помощью компрессора. Работа, затрачиваемая на привод идеального компрессора, осуществляющего перенос порции вещества из ОС в резервуар, и будет мерой неравносности, термемой в естественном процессе перетекания вещества из резервуара в ОС.

Сохранить полную неравносность ИС при течения вещества можно, если от элемента потока получить работу в идеальной турбине и аккумулировать её в виде энергии (кинетической, потенциальной, электрической) приемника работы. То есть необходимо рассмотреть неравносность изолированную систему (ИРИС), состоящую из резервуара, окружающей среды, турбины и приемника работы.

Поскольку в обратном процессе полная неравносность изолированной системы не изменяется, то для данной системы можно записать

$$\Delta\Lambda_{ИРИС} = \Delta\Lambda_{резерв-ОС} + \Delta\Lambda_{ПР} = \Delta\Lambda_{ИРИС} + \Delta\Lambda_{ПР} = 0.$$

Отсюда следует, что убыль неравносности адиабатной системы (АС), состоящей из резервуара и ОС, компенсируется приращением механической неравносности между АС и ПР в результате совершения работы в турбине

$$-\Delta\Lambda_{ИРИС} = -\Delta\Lambda_{резерв-ОС} = \Delta\Lambda_{ПР} = \Delta E_{ПР} = W_{Тур}^0 = W_{Тур}^{\max},$$

или для удельных величин

$$-\Delta\Lambda_{ИРИС} = \Delta\Lambda_{ПР} = W_{Тур}^{\max} \quad (2)$$

В соответствии с (2) убыль удельной энергетической неравносности адиабатной системы равна удельной технической работе совершаемой в турбине.

Максимальную удельную работу, получаемую от элемента потока при его расширении в турбине до параметров ОС, называют эксергией потока [1]

$$e_x = W_{Тур}^{\max} = h - h_0 + T_0(s_0 - s). \quad (3)$$

Если параметры элемента потока совпадают с параметрами резервуара (p_1 и T_1), то эксергия потока (3) в соответствии с выражением (2) будет равна удельной неравносности системы резервуар-ОС, обусловленной переносом вещества единичной массы из резервуара в окружающую среду.

$$e_{x1} = h_1 - h_0 + T_0(s_0 - s_1) = W_{Тур}^{\max} = -\Delta\Lambda_{резерв-ОС}.$$

Следовательно, эксергия потока (потока вещества) является мерой изменения неравносности системы резервуар-ОС при переносе порции вещества в окружающую среду неизменных параметров.

Согласно ВЭТ переход неравносности изолированной системы (ИС) в равновесное состояние всегда сопровождается ростом энтропии ИС, следовательно, разность энтропий ИС в равновесном и неравносном состояниях – энтропийная разность – также будет характеризовать неравносность ИС в данном состоянии:

$$\Delta S^* \equiv \Delta S_{ИРИС}^* = S_{ИРИС} - S_{ИРИС}^0 = \Delta S_{ИРИС}^* - \Delta S_{ИРИС}^0 \rightarrow S_C. \quad (4)$$

Приращение же энтропии ИС $dS_{ИРИС}^*$ будет характеризовать потерю неравносности ИС. Связь между изменениями энтропии ИС и энтропийной разности при протекании необратимых процессов можно получить, если продифференцировать уравнение (4) с учётом, что $dS_{ИРИС}^* = dS_{ИРИС}^0 = 0$ (в равновесном состоянии энтропия ИС максимальна и не изменяется),

$$d(\Delta S^*) = dS_{ИРИС}^* - dS_{ИРИС}^0 = -dS_{ИРИС}^* < 0, \text{ или } -d(\Delta S^*) = dS_{ИРИС}^* > 0.$$

В соответствии с этими выражениями при протекании необратимых процессов в изолированной системе энтропийная разность, как и полная неравносность, уменьшается, а энтропия растёт, при этом *убыль энтропийной разности равна приращению энтропии изолированной системы*. Энтропийную разность ΔS^* и изменение энтропии ΔS ИС можно обобщить понятием «энтропийное количество неравносности».

В результате такого обобщения, выполненного на основе концепции неравносности, изменение энтропии неравносности изолированной системы $dS_{ИРИС}^*$ используемое для записи ВЭТ, приобрело смысл одной из количественных характеристик (физических величин) изменения неравносности ИС.

Связь между энергетическими и энтропийными количествами неравносности устанавливается с помощью известного уравнения Гюн-Столлы

$$-d\Lambda_{ИС} = \delta W_{ПР} = T_{ОС} dS_{ИС}^* = -T_{ОС} d(\Delta S^*)_{ИС}.$$

Следовательно, под общим количеством неравносности (КН) следует понимать обобщающую величину, включающую в себя энергетическое и энтропийное количества неравносности: $КН(\Lambda, \Delta S^*, \Delta S)$. При этом под энергетическим количеством неравносности системы, как уже отмечалось, следует понимать обобщающую величину, включающую в себя такие величины, как максимальная работа $W_{ИРИС \rightarrow РС}^{\max}$, отдаваемая системой (или диссипируемая в системе) при переходе её в равновесное состояние, потенциальная разность $\Delta\Pi^*$, эксергии (удельные) потоков вещества e_x и тепла e_q : $\Lambda(W_{ИРИС \rightarrow РС}^{\max}, \Delta\Pi^*, e_x, e_q)$.

Энергетическое количество неравносности может быть использовано для расчёта изменения неравносности как изолированной, так и адиабатной систем, а энтропийное – только для изолированной системы, поскольку при совершении неравносности адиабатной системой работы в обратном процессе её неравносность уменьшается, а энтропия не изменяется.

Аналитические выражения второго начала термодинамики, согласно которому количество неравносности (неравносность) изолированной системы в необратимых процессах уменьшается и

VI конференция Байналпалли илми ва амали 16-17 ноябри соли 2012

сохранены в обратимых процессах, могут быть представлены в виде следующих неравенств:

$$d(KH_{ис}) \leq 0, d\Lambda_{ис} \leq 0, d(\Delta S^*) \leq 0, \text{ или } dS_{ис} = -d(\Delta S^*) \geq 0. \quad (5)$$

Следовательно, введение в термодинамику понятия неравновесности как свойства материи и ее количественных характеристик позволяет дать аналитические выражения второго начала термодинамики в виде системы неравенств (5), куда в качестве частного случая входит известное уравнение Клаузиуса $dS_{ис} \geq 0$, и использовать новый метод исследования эффективности работы тепловых установок, основанный на расчете убыли неравновесности в отдельных элементах и во всей системе в целом.

Литература

1. Техническая термодинамика. Учеб. для вузов /В. И. Крутов, С. И. Исаев, И. А. Кожиннов и др.; Под ред. В. И. Крутова. – 3-е изд. – М.: Высш. шк., 1991. – 384 с.: ил.
2. Рыдлин В. В. О необратимости неравновесности и неравенствах в термодинамике // Проблемы комплексного развития регионов Казахстана // Часть 2-я. Электроэнергетика и теплоэнергетика. – Алматы, КазгосИИТИ, 1996. – С. 147–152.
3. Рыдлин В. В. Концепции равновесности и обратимости как условия перехода от неравенств ВЗТ к равенствам / Наука и техника Казахстана. – 2002 – №3 – С. 7 – 16.