

УДК 62

## ИЛЛЮСТРАТИВНОСТЬ НЕРАВНОВЕСНОЙ ДИНАМИКИ МОДЕЛИРОВАНИЯ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ СИСТЕМ С ДИССИПАТИВНЫМИ СОСТАВЛЯЮЩИМИ

**Игонин В.И., Мнушкин Н.В.***ФГБОУ ВПО «Вологодский государственный университет», Вологда, e-mail: igonvlad@yandex.ru*

Работа посвящена анализу на макро уровне условий применимости диссипативной и интегральной формулировки первого и второго начал термодинамики к модельной структуризации тепло гидравлической системы. Последовательное освещение проблем построения единой или интегральной модели служащей для оценки эффективности энерго технической системы. Поиск обобщенного интегрального энергетического показателя в условиях интеграции и трансформации наук существующего знания.

**Ключевые слова:** субъект, формулы для моделирование разных систем, неравновесная термодинамическая система, диссипативная термодинамическая запись модели, тепло гидравлическая система, коэффициент диссипации энергии, организация множества бифуркационных систем, условия саморегуляции, деградации и развития, условия совершенства процессов в энергетической системе

## THE ILLUSTRATIVE NON-EQUILIBRIUM DYNAMICS SIMULATION OF POWER SYSTEMS WITH DISSIPATIVE COMPONENTS

**Igonin V.I., Mnushkin N.V.***Vologda state University, Vologda, e-mail: igonvlad@yandex.ru*

The work is devoted to the analysis of macro-level conditions of applicability of a dissipative integral formulation of the first and second laws of thermodynamics on the model tax structuring heat hydraulic system. Consistent coverage of problems of creation of the unified or integrated models used to assess the effectiveness of energy technical system. Search generalized integral energy indicator in the conditions of integration and transformation of Sciences of existing knowledge.

**Keywords:** subject formula for the simulation of different systems, non-equilibrium thermodynamic system, dissipative thermodynamic entry model, heat hydraulic system, exit to the entropic wording, the coefficient of energy dissipation, the organization of the set of bifurcation systems, self-regulation conditions, degradation and development, conditions of perfection of processes in the energy system

В настоящее время в литературе имеет место более широкая трактовка понятия технического объекта как диссипативной технически организованной системы, в которой энергия, взятая из окружающей среды в любом случае в нее возвращается. Но чтобы ее удержать для использования в формах теплоты и работы требуется специальная организация диссипативных неравновесных процессов [1], [2], [4], [5], [6], [15], [24], [32]. Субъект всегда имеет ввиду, что организованные технические системы являются человекомерными и диссипативными [2], [3], [4], [13], [17]. Сознательное конструирование явлений с диссипативными составляющими в настоящее время являются наиболее важной проблемой, с которой сталкивается субъект при проектировании систем, в которых идут многочисленные энергетические превращения из одной формы энергии в другую. Диссипативная составляющая не теряется, и не концентрируется в одной точке. Субъект отмечает, что только через контроль диссипативных процессов в исследуемой системе успешно рассматриваются

понятия эффективности условий энергосбережения за счет уменьшения потерь энергии при ее концентрации в нужной для исследователя области [4], [5], [6], [25], [26].

Процессы, происходящие с рабочим телом в теплогенерирующей системе как правило нестабильные, неравновесные, нестационарные и субъект вынужден обращать внимание на узлы перехода энергии из одной формы в другую, где явления диссипации энергии наиболее сильно проявляются. Для учета энергопревращений, возникающих по ходу энерготехнического процесса получения электричества и теплоты выстроена цепочка коэффициентов полезного действия характеризующая все этапы преобразования энергии в полезно используемую [6], [30], [33].

Для того, чтобы объяснить все сказанное выше, субъект приводит иллюстрацию основных идей с помощью обобщенных моделей связывающих равновесную и неравновесную части энерготермодинамического изложения.

Для каждого блока структуры определяются входные и выходные потоки. Органи-

зация модельного представления показана (рис. 1) в виде алгоритмической обобщенной модели преобразования параметров и определения скрытой искомой функции процессов диссипации энергии [16], [28]. На обобщенный характер анализа указывает наличие блока с рабочим телом (РТ), горячим источником теплоты (ГИТ) и холодным источником теплоты (ХИТ). Термодинамические особенности модели ГИТ → РТ → ХИТ описаны в [4]. Для получения полезного эффекта необходимо организовать разность потенциалов, т.е. реализовать условно горячие и холодные источники теплоты для рабочих тел.

Функционально состояние системы описывается термическими параметрами:  $T$  – температурой,  $P$  – давлением,  $v$  – удельным объемом рабочего тела.

Термические параметры функционально связаны с калорическими параметрами:  $Y$  – энтальпией,  $S$  – энтропией,  $U$  – внутренней энергией рабочего тела. В свою очередь, знание термических и калорических параметров позволяет получить функции потоков энергии в формах теплоты  $\Delta Q$ , работы  $\Delta L$  и внутренней энергии  $\Delta U$  [16], [23].

На рис. 2. к блокам равновесного изложения добавлен блок диссипационного превращения энергии. Добавление блока диссипационной формы превращения энергии при разработанности модели позволяет усилить общность представления, что требуют условия междисциплинарности при изложении ряда теплотехнических дисциплин.

Эта общность достигается введением цикла последовательных преобразований диссипационной формы энергии внутри

системы с условиями соблюдения минимума количественного ее отклонения для получения того или иного полезного для субъекта эффекта [1], [3], [5], [13]. Т.е. субъект организует нужные ему процессы внутри системы с минимально возможными затратами диссипационной формы энергии, которая необходима для удержания полезно используемой энергии в рамках термодинамической организации той энергетической установки которая создается для тех или иных целей [14], [21], [23], [24], [27], [28].

При уходе минимальной части диссипационной энергии в окружающую среду работоспособность и полезность системы сохраняются с обеспечением минимума отклонения от нуля диссипационной составляющей.

Субъект достигает своей цели введением итерационного цикла последовательных преобразований диссипационной формы энергии внутри системы с условиями соблюдения количественного минимума ее отклонения для создания того или иного полезного для эффекта. Т.е. субъект организует нужные ему процессы внутри системы с минимально возможными затратами диссипационной формы энергии, которая необходима для удержания полезно используемой энергии в рамках термодинамической организации той энергетической установки которая создается для тех или иных целей. При уходе минимальной части диссипационной энергии в окружающую среду работоспособность и полезность системы сохраняются с обеспечением минимума отклонения от нуля потенциала энергосбережения [23].



Рис. 1. Равновесное описание последовательности преобразования параметров термодинамической структуры модели полезного использования энергии

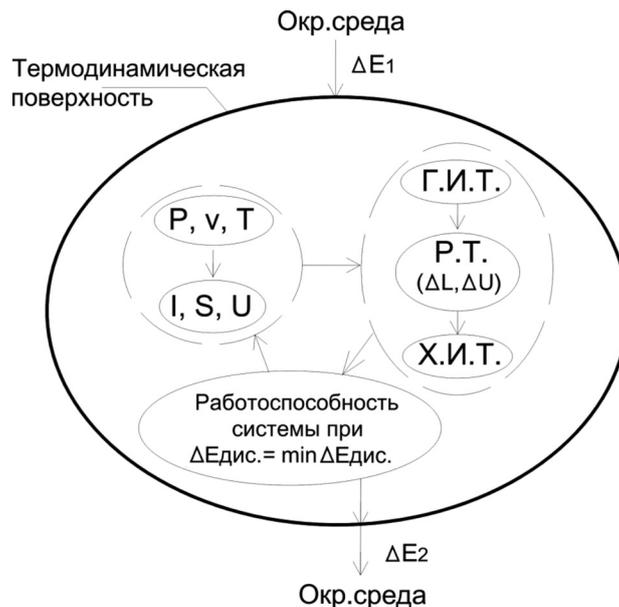


Рис. 2. Предлагаемое неравновесное описание последовательности преобразования параметров термодинамической структуры к полезному использованию энергии

Модель термодинамической структуры рис. 2 имеет традиционные для равновесной термодинамики блоки: горячего источника теплоты (Г.И.Т.), рабочего тела (Р.Т.), холодного источника теплоты (Х.И.Т.). Блоки связывают между собой первый и второй законы термодинамики через термические  $P, v, T$  и калорические  $I, U, S$  параметры процессов, образующих функциональные связи и обеспечивающие нужные энергетические формопреобразования.

Здесь  $\Delta E_1$  – энергия, взятая из окружающей среды,  $\Delta E_2$  – выходные формы энергии, возвращаемые в окружающую среду,  $\Delta E_{дис.}$  – диссипационные формы энергии, рассеивающиеся в окружающую среду или циркулирующие до какого-то момента в установке,  $\min \Delta E_{дис.}$  – минимально необходимые диссипационные формы энергии служащие для удержания полезно используемой энергии и обеспечивающие наличие полезного эффекта,  $\Delta U, \Delta L$ , – энергия в форме теплоты и работы.

Первый закон термодинамики является универсальным законом для описания энергетического состояния человека и энергетической системы. Поскольку люди энергетические системы, то они бе-

рут энергию из окружающей среды и обратно в нее ее возвращают. На этом принципе основаны особенности работы всех организованных субъектом технических объектов [3], [17].

Поэтому мы можем сказать, что рис. 2 соответствует математическая модель в виде формулы (1), которая показывает, что субъект берет из окружающей среды энергию  $\Delta E_{oc1}$  и превращает её в теплоту  $\Delta Q$ , при этом изменяется внутренняя энергия рабочего тела  $\Delta U_{p.t.}$ , или рабочее тело совершает необходимую работу  $\Delta L_{p.t.}$ . Принимается, что потери механической формы энергии переходят в тепловую ее форму. В процессе изменения внутренней энергии имеет место аналогичное равенство. Далее обязательное условие, что вся взятая из вне энергия тем или иным способом возвращается в окружающую среду  $\Delta E_{oc2}$  [21].

Таким образом мы имеем первоначально созданный  $\Delta E_{oc1}$  – запас энергии в той или иной ее форме; а затем возврат созданного запаса после его использования в виде  $\Delta E_{oc2}$  в окружающую среду. Полученный энергетический баланс имеет вид формулы (1) [7], [20], [22].

$$\Delta E_{oc1} \Rightarrow \Delta Q = \Delta U \pm \Delta L + \Delta Q_{\Delta U} + \Delta Q_{\Delta L} \Rightarrow \Delta E_{oc2} \quad (1)$$

Действительно в (1),  $\Delta E_{o.c.1}$  – запас первоначальной энергии,  $\Delta Q$  – теплота в которую превратилась эта энергия,  $\Delta U$  – изменение внутренней энергии рабочего тела;  $\Delta L$  – совершённая работа теплоносителем или подведенная к нему;  $\Delta Q_{\Delta L}$ ,  $\Delta Q_{\Delta U}$  – возможные потери энергии от явления диссипации. Используя (1) субъект видит аналитическую запись разности (рис. 2) энергетических потенциалов ( $\Delta E_{o.c.1} - \Delta E_{o.c.2}$ ), которые он создает.

За счет записи разности потенциалов в аналитическом виде визуально планируется серия взаимопревращений энергии из одной формы в другую. Часть энергии полезно используется в формах теплоты и работы, а часть рассеивается в окружающей среде, создавая условия существования другим субъектам и т.д. Цикл повторяется по заранее предписанному субъектом алгоритму до тех пор, пока не исчезнут условия целесообразности или причинности его осуществления.

$$\Delta E_o \Rightarrow (\Delta Q_1 + \Delta L_{p1}) + [(\Delta U + \Delta U_d)] + [(\Delta L_o + \Delta L_d)] = \Delta Q_2 = \Delta E_1, \quad (2)$$

$$\Delta E_1 \Rightarrow (\Delta Q_{2o} + \Delta L_{o.cp.}) + [(\Delta U_2 + \Delta U_d)] + [(\Delta L_{o.cp.} + \Delta L_d)] = \Delta Q_{1o} = \Delta E_2. \quad (3)$$

Более подробно формулы (2) и (3) можно объяснить следующим образом.

В первой модели (2) из окружающей среды подводится энергия  $\Delta E_o$  для создания механического  $\Delta L_{p1}$  и теплового  $\Delta Q_1$  потенциалов горячего источника. Рабочее тело получает от ГИТ внутреннюю энергию  $(\Delta U + \Delta U_d)$  механическую энергию  $(\Delta L_o + \Delta L_d)$ . Слагаемые описывают работу проталкивания и перенос тепловой формы энергии (РТ) с соответствующими изменениями тепловой и механической диссипационными составляющими.  $\Delta Q_2$  – тепловая форма энергии рассеивается с течением времени в окружающую среду с помощью специально организованного (ХИТ) холодного источника. В этом случае в окружающую среду уходят все диссипационные составляющие не использованные при создании полезного эффекта.

Отличительная особенность организации второй системы заключается в последовательном подводе из окружающей среды энергии в виде теплоты  $\Delta Q_{2o}$  к рабочему телу в ХИТ, а затем к РТ. К рабочему телу подводится механическая энергия  $\Delta L_{o.cp.}$  (возможно из модели 2.), что позволяет соз-

дать ГИТ  $\Delta Q_{1o}$ . Такая комбинация потоков энергии с отводом теплоты в окружающую среду в ГИТ и подводом теплоты в ХИТ позволяет подавать в окружающую среду тепло и холод одновременно. Создавать холодильные и теплонасосные установки. К особенности построения моделей описанного типа следует отнести тот факт, что в обеих случаях рабочие тела в процессе организации меняют свое фазовое состояние. Периодически организуются процессы конденсации и парообразования. Для получения холода, электричества и теплоты используются теплоносители с разными энергиями фазовых переходов. Модели (2) и (3) позволяют вести количественные относительные оценки форм превращения энергии. Для этого субъект вводит коэффициент диссипации изменения энергии  $\eta_{дисс}$ . В случае термомеханической системы он имеет вид (4)

$$\eta_{дисс} = \frac{\Delta U_{дисс} + \Delta L_{дисс}}{\Delta U + \Delta L} \quad (4)$$

где  $\Delta U + \Delta L$  – полученные после преобразования целевые формы энергии,  $\Delta U_{дисс} + \Delta L_{дисс}$  – диссипативные составляющие. Очевидно,

что коэффициент  $\eta_{\text{дисс}}$  для достижения целевого полезного эффекта должен быть определенным образом подобран. Он представляет собой отношение полного диссипативного термомеханического превращения энергии в системе к полезно использованной энергии. Коэффициент диссипации энергии в большинстве случаев меньше единицы. Что соответствует здравому физическому смыслу, когда в системе идут процессы со значительным преобладанием полезных эффектов над диссипативными.

Однако, если, например,  $\Delta U_{\text{дисс}}$  используется полезно, то переход в знаменатель уменьшает численное значение коэффициента (5).

$$\eta_{\text{дисс}} = \frac{\Delta L_{\text{дисс}}}{\Delta U_{\text{дисс}} + \Delta U + \Delta L}. \quad (5)$$

Так для отопительной системы помещенной в ограждающие поверхности диссипативные превращения механической энергии за счет сил вязкого трения могут значительно менять внутреннюю энергию рабочего тела, а комфортная температура в помещении напрямую зависит от диссипативной способности элементов установки отдавать тепло [8], [10].

Субъект может предположить, что модель (а), (2) является источником централизованного производства энергии для множества моделей (б), (3). Блоки модели (3) являются разнородными потребителями разных форм энергии. Они связаны между собой сетевой структурой. Тогда множеству моделей соответствует множества источников тепловой, механической и других форм существования энергии.

Положим, что воспроизводство энергии осуществляется в цикле Ренкина [16], [30]. Транспорт энергии идет через сети для множества потребителей. Множество потребителей получают механическую или электрическую формы. Субъект имеет пример энергетической системы централизованного тепло и электроснабжения. Где  $\Delta L$  эквивалентное количество электрической энергии, отдаваемой централизованно и потребляемое на конечных участках сети. На конечных участках энергопроводов идущих от теплоэлектроцентрали субъект имеет множество моделей большого и различного количества потребителей – это холодильные установки, тепловые насосы, системы внутридомового теплового и электрического потребления и т.д.

Для иллюстрации модели рис. 2 и аналитических выражений (2), (3) субъект рассматривает принципиальную схему тепло и электроснабжения, рис. 3.

На схеме представлены основные конструктивные элементы, которые лежат в основе централизованного производства электрической и тепловой форм энергии. Это многоконтурная система. Преобразования энергии в ее разнообразные формы идут в объектах, расположенных по контурам, в которых осуществляется движение целого ряда рабочих тел. Здесь же отчетливо видны связи рассматриваемой системы с окружающей средой. Основные структурные элементы схемы организованы между собой таким образом, чтобы выполнялись законы термодинамики, рис. 1 и 2. Субъект видит, что энергия, взятая из окружающей среды служит для создания энергетического потенциала, который выше потенциала окружающей среды. Полученная разность энергетических потенциалов предназначена для получения и использования энергии в тепловой, механической, электрической формах. Структурная организация позволяет создавать объекты, работающие в зонах положительных и отрицательных температур.

В четырехконтурной системе движутся разные теплоносители. Первый контур с рабочим телом (вода-пар-вода) организован для получения электрической и тепло-механической форм энергии. Часть тепло-механической энергии во втором контуре циркулирует через сетевые подогреватели, системы тепловых потребителей уходит на нужды горячего водоснабжения, отопления, вентиляции. В третьем контуре обеспечивается работа промышленных производственных установок с возвратом конденсата в систему первого контура. Четвертый, и пятый и другие контура условны, так как завязаны на окружающую среду. Это трансмиссионные потоки энергии через ограждающие поверхности обогреваемых зданий и сооружений, потоки, связанные с циркуляционной водой, идущей через конденсатор турбины, с уходящими газами продуктов сгорания, которые уходят через дымовую трубу.

С точки зрения неравновесной термодинамики такого рода термосистема энергоснабжения является открытой, поскольку оформлен обмен с окружающей средой энергией и массой. В окружающую среду

для получения полезного эффекта поступают продукты сгорания, электрическая и тепловая формы энергии, пар на производство, циркуляционная вода для охлаждения конденсатора. Из ОС забирается холодный воздух и топливо, возвращается конденсат с производства.

Наличие такой обобщенной схемы открытого типа [18], [29], указывает на применение экотехнологий для урегулирования антропогенного воздействия технической системы на окружающую среду. Это регуляторы связей с окружающей средой: электрические фильтры, скрубберные установки, дымовые трубы, продукты загрязнений, остающиеся после промывки различного рода фильтров химводоочистки, промывочных вод, продувочного пара и шлама из котельного агрегата, продувочных агрессивных сред из деаэраторов, систем золоудаления. Здесь возникают вопросы специальной утилизации такого рода потоков вещества и энергии [9], [30].

Таким образом, субъект видит несколько контуров, замкнутых на окружающую среду, в которую уходят диссипационные потоки энергии:

- «Рабочее тело – топливо – воздух – продукты сгорания»;
- «Рабочее тело – электроэнергия»;
- «Рабочее тело – циркуляционная вода»;
- «Рабочее тело – сетевая вода»;
- «Рабочее тело – сетевая вода – отопление, горячее водоснабжение, вентиляция»;

- «От необратимости процессов передачи теплоты через ограждающие поверхности»;

- «Трансмиссионные потоки энергии через ограждающие поверхности зданий сооружений и тепловых сетей»;

- «Диссипационные потоки энергии от гидравлического сопротивления рабочему телу в трубопроводах различного назначения».

Это потоки диссипационного типа рис. 2, которые в основном циркулируют в замкнутых контурах и их трубопроводных системах. Следует отметить, что элементы многоконтурной тепловой схемы выполняют различные функции в энергетическом цикле. Часть из них трансформирует энергию (понижает ее потенциальные параметры) форма энергии остается неизменной (сетевой подогреватель) – это трансформаторы энергии. Другая часть осуществляет преобразование одной формы в другую – (турбина -электрогенератор). Это объекты преобразователи энергии. Присутствуют в схеме и смешанные системы. Так необходимым элементом для перехода  $\Delta E_{1oc}$  от окружающей среды к рабочему телу является котельный агрегат, который представляет собой систему теплообразующих устройств, одно из которых – это преобразователь энергии (горелочное устройство), а остальные – это трансформаторы теплоты. Такая классификация энергетических объектов позволяет думать о том, что элементы имеют разные схемы моделирования.

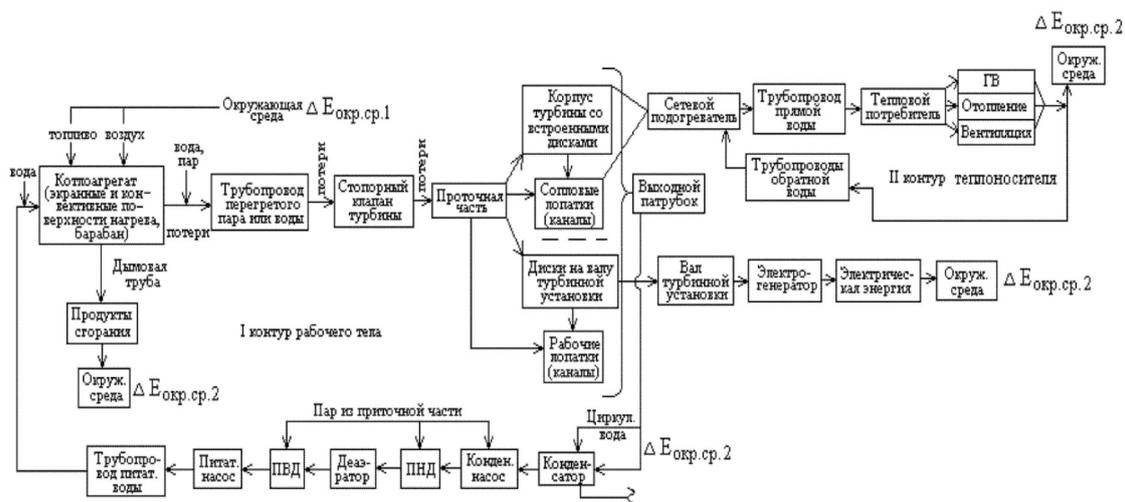


Рис. 3. Структурная схема основных потоков для выработки электрической и тепломеханической форм энергии

То есть энергия топлива  $\Delta E_{\text{Юс}}$  организовано забирается из окружающей среды субъектом для получения полезного эффекта. После его получения в большинстве случаев предоставляются условия в случае необходимости организованного рассеивания с понижением выходного потенциала во времени и пространстве до уровня потенциала окружающей среды (1), (2)  $\Delta E_{\text{2ос}}$ .

Субъект имеет возможность записать комплекс уравнений содержащих диссипационные формы превращения энергии. Для простоты принимается, что, пусть  $Q_p$  теплотворная способность топлива. По мере движения энергии по своему маршруту, который обеспечивает полезный эффект часть энергии превращается в диссипационную форму  $\Delta Q_{\text{дис}}$ . Не использованная ее часть уходит по своему маршруту, рис. 2. Энергетический потенциал от объекта к объекту уменьшается. Обозначим маршруты уменьшения энергии до энергии окружающей среды. В соответствии со схемой № 3 рассматриваются пути движения электрической и тепловой форм. Пусть субъект видит двенадцать уровней преобразования энергии (6)–(18).

Источником энергии является котельный агрегат имеющий свою диссипационную составляющую энергии  $\theta_{\text{ка}}^{\text{дисс}}$  уравнение (6).

$$\theta_p - \theta_{\text{ка}}^{\text{дисс}} = Q_{\text{вых}}^{\text{к.а}}, \quad (6)$$

где  $Q_{\text{вых}}^{\text{к.а}}$  – энергия на выходе из к.а. Следуя по трактам получения электрической и тепловой форм энергии получим следующую систему уравнений:

$$Q_{\text{вых}}^{\text{к.а}} - \theta_{\text{тр.к-т}}^{\text{дисс}} = Q_{\text{вых}}^{\text{турб}}, \quad (7)$$

где  $Q_{\text{вых}}^{\text{турб}}$  – энергия на выходе из трубопроводов соединяющих к.а. со стопорным клапаном турбины.  $\theta_{\text{тр.к-т}}^{\text{дисс}}$  – составляющая изменения энергии в трубопроводах до стопорного клапана.

$$Q_{\text{вых}}^{\text{турб}} - Q_{\text{с.кл.}}^{\text{дисс}} = Q_{\text{вх.}}^{\text{турб}}, \quad (8)$$

где  $Q_{\text{с.кл.}}^{\text{дисс}}$  – составляющая изменения энергии на стопорном клапане.  $Q_{\text{вх.}}^{\text{турб}}$  – энергия на входе в турбину.

$$Q_{\text{вх.}}^{\text{турб.}} - Q_{\text{пр.ч.}}^{\text{дисс}} = Q_{\text{вх.}}^{\text{конд.}}, \quad (9)$$

где  $Q_{\text{пр.ч.}}^{\text{дисс}}$  – составляющая изменения энергии в проточной части турбины.  $Q_{\text{вх.}}^{\text{конд.}}$  – энергия на входе в конденсатор турбины.

$$Q_{\text{вх.}}^{\text{конд.}} - Q_{\text{конд.}}^{\text{дисс}} = Q_{\text{вх.}}^{\text{турб.}}, \quad (10)$$

где  $Q_{\text{вх.}}^{\text{турб.}}$  – составляющая изменения энергии на входе в конденсатор турбины.  $Q_{\text{конд.}}^{\text{дисс}}$  –

составляющая изменения энергии диссипации в конденсаторе.

$$Q_{\text{вых}}^{\text{турб}} - Q_{\text{эл.ген}}^{\text{дисс}} = Q_{\text{вых}}^{\text{эл.ген}}, \quad (11)$$

где  $Q_{\text{эл.ген}}^{\text{дисс}}$  – составляющая изменения энергии в электрогенераторе.  $Q_{\text{вых}}^{\text{эл.ген}}$  – энергия на выходе из генератора.

$$Q_{\text{вых}}^{\text{эл.ген}} - Q_{\text{эл.сетях}}^{\text{дисс}} = Q_{\text{вх.}}^{\text{эл.потр.}}, \quad (12)$$

где  $Q_{\text{эл.сетях}}^{\text{дисс}}$  – составляющая изменения энергии в электрических сетях.  $Q_{\text{вх.}}^{\text{эл.потр.}}$  – энергия на входе в электрические потребители.

$$Q_{\text{вх.}}^{\text{эл.потр.}} - Q_{\text{эл.сетях.потр.}}^{\text{дисс}} = Q_{\text{вых}}^{\text{сетях.эл.потр.}}, \quad (13)$$

где  $Q_{\text{эл.сетях.потр.}}^{\text{дисс}}$  – составляющая изменения энергии в электрических потребителях.  $Q_{\text{вых}}^{\text{сетях.эл.потр.}}$  – энергия на выходе из электрических потребителей.

$$Q_{\text{вых}}^{\text{сетях.эл.потр.}} - Q_{\text{эл.эн.вокр.среду}}^{\text{дисс}} = Q_{\text{вход.}}^{\text{эл.эн.окр.среду}}, \quad (14)$$

где  $Q_{\text{эл.эн.окр.среду}}^{\text{дисс}}$  – составляющая изменения энергии в окружающей среде.  $Q_{\text{вход.}}^{\text{эл.эн.вокр.среду}}$  – электрическая энергия на входе в окружающую среду.

$$Q_{\text{вых}}^{\text{турб}} - Q_{\text{тс}}^{\text{дисс}} = Q_{\text{вых}}^{\text{тс}}, \quad (15)$$

где  $Q_{\text{тс}}^{\text{дисс}}$  – составляющая изменения энергии в проточной части тепловой сети.  $Q_{\text{вых}}^{\text{тс}}$  – энергия на входе из тепловых сетей.

$$Q_{\text{вых}}^{\text{тс}} - Q_{\text{зд.сет}}^{\text{дисс}} = Q_{\text{вых.сет.з}}^{\text{зд}}, \quad (16)$$

где  $Q_{\text{зд.сет}}^{\text{дисс}}$  – составляющая изменения энергии в сети здания.  $Q_{\text{вых.сет.з}}^{\text{зд}}$  – энергия на выходе через сети в здания.

$$Q_{\text{вых.сет.з}}^{\text{зд}} - Q_{\text{пом.зд}}^{\text{дисс}} = Q_{\text{вх.огр.пов.з}}^{\text{зд}}, \quad (17)$$

где  $Q_{\text{пом.зд}}^{\text{дисс}}$  – составляющая изменения энергии в помещениях зданий.  $Q_{\text{вх.огр.пов.з}}^{\text{зд}}$  – энергия на выходе ограждающих поверхностей зданий.

$$Q_{\text{вх.огр.пов.з}}^{\text{зд}} - Q_{\text{огр.пов.}}^{\text{дисс}} = Q_{\text{вых.окр.среду}}^{\text{зд}}, \quad (18)$$

где  $Q_{\text{огр.пов.}}^{\text{дисс}}$  – составляющая изменения энергии при переходе энергии в окружающую среду.  $Q_{\text{вых.окр.среду}}^{\text{зд}}$  – поток энергии в окружающую среду.

Из полученных выше исследований следует, что наблюдая за коэффициентами диссипационного преобразования энергии субъект имеет возможность найти и предоставить заказчику те параметры системы, которые вытекают из условий рис. 2 (2, 3) – минимума обобщенной диссипационной составляющей удерживающей энергетическую систему в том или ином работоспособном состоянии.

Субъект последовательно, рассматривая контур за контуром циркуляции рабочих тел (замкнутый или разомкнутый с окружающей средой), диссипационные формы, связанные с самим процессом получения полезного эффекта и через выходы в окружающую среду получает визуальную возможность оценить падение, набранного после преобразования химической энергии топлива, потенциала по мере приближения рабочего тела к потребителю. Для первой итерации справедлива укрупненная оценка энергетических балансовых соотношений, полученная на основе формул (1–17).

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Игонин В.И., Пешков А.С. Обобщенная междисциплинарная образовательная модель управления энергосбережением. В сб.н.тр. Системы проектирования, технологической подготовки производства и управления этапами жизненного цикла промышленного продукта (САД/САМ/РДМ). Труды 13-ой международной конференции. Под ред. Е.И. Артамонова. – М.: ООО «Аналитик», 2013. – С. 380–381. <http://lab18.ipu.ru/>- сайт лаборатории № 18 ИПУ РАН.
- Князева Е.В., Курдюмов С.П. Основания синергетики: Синергетическое мировидение. Изд.3-е, доп. – М.: Книжный дом «ЛИБРОКОМ», 2010. – 256 с. (Синергетика от прошлого к будущему).
- Игонин В.И. Особенности системной идентификации человекомерной модели функционирования технической энергосистемы. Журнал РАЕ «Современные наукоемкие технологии». – 2013. – № 1. – С. 22–26.
- Игонин В.И., Модельная структуризация и синергетический анализ энерготехнической системы. Журнал РАЕ «Современные наукоемкие технологии». – 2013. – № 5. – С. 39–45.
- Игонин В.И. К построению математической человекомерной модели технического объекта в терминах энергетического пространства состояния. Журнал РАЕ «Современные наукоемкие технологии» № 3. – 2013. – С. 25–28.
- Игонин В.И. Исследование применимости синергетического подхода к анализу структуры энерготехнологического типа. Журнал РАЕ «Современные наукоемкие технологии» № 5, 2013. – С. 32–38.
- Игонин В.И. Об очевидности проявления свойств интегральности при системном термодинамическом анализе энергетической установки/ В.И. Игонин. Вестник Череповецкого государственного университета. Научный журнал. – 2013. – № 1(45). – С. 12–14.
- Игонин В.И. Расчетно-экспериментальная идентификация балансовой модели теплообмена в ограждающей поверхности / Д.А. Белянский, В.Г. Пычѳ // Вестник Международной академии наук экологии и безопасности жизнедеятельности, Санкт-Петербург, том 14, № 1, 2009. – С. 79–94.
- Копп И.З. Планетарные экологические ресурсы. Методология определения и согласования международных оценок. Вестник МАНЭБ, Санкт-Петербург, периодический теоретический и научно-практический журнал, том.14, № 1, 2009. – С. 11–23.
- Игонин В.И. К термодинамическому анализу отопительной системы как структуры диссипативного типа. Журнал РАЕ «Современные наукоемкие технологии» № 11, 2013. – С. 65–69.
- Игонин В.И. К разработке методики определения эффективности от диссипативных энергетических процессов для электрического теплогенератора проточно-гидравлического типа / В.И. Игонин О.В. Стратунов / Журнал РАЕ «Современные наукоемкие технологии» № 4, 2014. – С. 70–75.
- Игонин В.И. Роль изначального представления диссипативных составляющих при моделировании термогидравлических систем. Журнал РАЕ «Современные наукоемкие технологии» № 3, 2014. – С. 51–55.
- Игонин В.И. «Методология научных исследований и научно-техническое развитие «субъекта». «International journal of applied and fundamental research» РАЕ, № 6, 2014. – С. 116–118. (Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований).
- Бакунов В.С., Беляков А.В. Технология керамики как процесс аккумуляции и диссипации энергии. Конструкции из композиционных материалов № 2. – М., 2005. – С. 5–18.
- Барков В.Ф. Философия и методология науки: Учебное пособие. В.Ф. Барков. – М.: Новые знания, 2004. – 336 с.
- Вукалович М.П. Термодинамика. Учеб. Пособие для вузов / М.П. Вукалович, И.И. Новиков. – М.: «Машиностроение», 1972. – 672с.: ил.
- Гутнер Г.Б. Субъект как энергия. С. 490–502. Синергетическая парадигма. Когнитивно-коммуникативные стратегии современного научного познания. – М.: Прогресс-Традиция, 2004 – 560 с.
- Дмитриенко А.В., Попов В.Г. Введение в феноменологическую неравновесную термодинамику: учеб. пособие. / Дмитриенко А.В., Попов В.Г. – М.: МАТИ, 2007. – 180 с.
- Игонин В.И., Ставских В.М. Интегральные энергетические показатели, методические особенности моделирования и реконструкции предприятия строительной отрасли. Журнал РАЕН. «Современные наукоемкие технологии» № 3, 2013. – С. 33–39.
- Игонин В.И. Проявления свойств интегральности при системном термодинамическом анализе энергетической установки/ В.И. Игонин. Международный научно-исследовательский журнал. Часть 1–5 (5). – 2012. – С. 93–94. Research Journal of International Studies, ISSN 2303-9868/ <http://research-journal.org>, технические науки,
- Игонин В.И. Основы автоматизации и идентификации энтропийной модели на примере открытой неравновесной синергетической системы / Д.В. Титов, А.С. Пешков, В.И. Игонин // Научно-технический журнал Информационные технологии в проектировании и производстве. – М.: ФГУП «ВИМИ», 2011. – № 4. – С. 50–57.
- Игонин В.И. О принципах интегральности и системности и живновоспроизводства / Игонин В.И. // Экология и безопасность. Газета МАНЭБ. – 2009. – № 7.
- Игонин В.И. Пути повышения эффективности теплоэнергетических систем: Монография / В.И. Игонин. – Вологда: ВоГТУ, 2007. – 119 с.
- Игонин В.И. Теоретические основы моделирования нестационарных процессов переноса теплоты и массы в промышленных теплоэнергетических системах. Специальность 05.14.04 – Промышленная теплоэнергетика. Диссертация на соискание ученой степени доктора технических наук. Вологда 2000г.-320 с.
- Князева Е.В., Курдюмов С.П. Основания синергетики: Синергетическое мировидение. Изд. 3-е, доп. – М.: Книжный дом «ЛИБРОКОМ», 2010. – 256 с. (Синергетика от прошлого к будущему).
- Малинецкий Г.Г. Математические основы синергетики: Хаос, структуры, вычислительный эксперимент. Изд.6-ое. – М.: Книжный дом «ЛИБРОКОМ», 2009 – 412 с. (Синергетика от прошлого к будущему).
- Попов С.К., Стогов П.А. Теоретический минимум энергопотребления в теплотехнологии производства строительного кирпича. МЭИ, Промышленная теплоэнергетика № 9, 2007. – С. 31–34.
- Пригожин И. Введение в термодинамику необратимых процессов. – М., ИЛ, 1960.
- С Де Гроот, П. Мазур. Неравновесная термодинамика. – М.: Издательство «Мир», 1964. – 456 с.
- Соколов Е.Я. Теплофикация и тепловые сети: Учебник для вузов. – М.: Издательство МЭИ, 2001 – 472 с.
- Степин, В.С. Синергетика и системный анализ. В кн. Синергетическая парадигма. Когнитивно-коммуникативные стратегии современного научного познания. М.: Прогресс-Традиция, 2004. – 560 с., С. 58–78.
- Умов, Н.А. Физико-механическая модель живой материи (1901 г.) – Собр. соч. Т.№ 3 М., 1916.
- Чистович, С.А. Технологические системы теплофикации, теплоснабжения и отопления. Научно-технический журнал АВОВ Северозапад, № 7, 2007. – С. 10–18.