

УДК 620

**ИССЛЕДОВАНИЕ ПРИМЕНИМОСТИ СИНЕРГЕТИЧЕСКОГО ПОДХОДА  
К АНАЛИЗУ СТРУКТУРЫ ЭНЕРГОТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ТИПА****Игонин В.И.***ФГБОУ ВПО «Вологодский государственный технический университет», Вологда,  
e-mail: igonvlad@yandex.ru*

Работа посвящена рассмотрению возможностей синергетического анализа к модельной структуризации энерготехнической системы большой энергетики.

**Ключевые слова:** субъект есть энергия, синергетическая концепция самоорганизации, саморегулируемый, саморазвивающийся процесс с постоянным обменом веществом энергией и информацией, энергетика-система установок и устройств для преобразования энергетических ресурсов, когенерационного типа, (т.е. когда система вырабатывает совместно электроэнергию, теплоту), неравновесные, необратимые, открытые, закрытые, диссипативные, термодинамические системы, конструирование процесса диссипации, человекомерность технической системы, первый и второй законы в интегральной диссипационной форме, закономерность поступательного саморазвития – субъект – субъект (С→С), бифуркационное поле предложений, энергетический цикл преобразования энергии, сознательно конструируемые «игольчатые» потоковые составляющие, реализация бифуркационного процесса саморазвития, предложения нужной «полезности»

**THE STUDY OF THE APPLICABILITY OF THE SYNERGETIC APPROACH TO THE  
ANALYSIS OF THE STRUCTURE OF THE ENERGY OF TECHNOLOGICAL TYPE****Igonin V.I.***Vologda State Technical University, Vologda, e-mail: igonvlad@yandex.ru*

Work is devoted to the consideration of opportunities of synergetic analysis to the model structuring of the energy of the technical system of great energy.

**Keywords:** the subject is the energy, the synergy concept of self-organization, self-regulated, a self-perpetuating process with a continuous exchange of substance, energy and information, energy-system installations and devices for the conversion of energy resources, cogeneration type, (i.e. when the system produces jointly electricity, heat), non-equilibrium, irreversible, open, closed, dissipative, thermodynamic systems, designing of the process of dissipation, man, the dimensionality of the technical system, the first and the second laws of the integral dissipation form, a pattern of progressive self-development – subject – subject (S→S), bifurcation field of proposals, power cycle the energy conversion, consciously constructed «needle» streaming components, the implementation of bifurcation process of self-development, supply of the necessary «utility»

По определению Соколова Е.Я. [1] «Энергетикой называется система установок и устройств для преобразования первичных энергоресурсов в виды энергии, необходимые для народного хозяйства и населения, и передачи этой энергии от источников ее производства до объектов использования. Основными источниками теплоты и электроэнергии являются тепловые электрические станции...» В этом и других учебниках подробно описаны методики расчета, которые должен принять на вооружение субъект, чтобы грамотно проектировать и эксплуатировать подобные систем, так необходимые для создания комфортных условий его существования. Однако, субъект не находит в этой литературе сведений о роли и месте технических систем в его окружении, описанных с позиций синергетического знания, которое основано на системном подходе и анализе и завоевывает во всех науках все больше места из-за использования обобщенного транснаучного описания в разных по своему назначению системах [5, 6].

Рассмотрим вместе с субъектом типичную структурную схему тепловой электрической станции с выработкой теплоты. Схема известна и широко описана в литературе соответствующей специализации и направления.

С учетом вышесказанного, субъект выстраивает совокупность теплообменных, энерговырабатывающих и энергопотребляющих устройств в конструктивную структуру в соответствии со схмотехническим решением принятым для передачи энергии и массы в разные координатные узлы энергетического пространства в соответствии с реализацией того или иного полезного действия рис. 1.

Такое начало уже соответствует синергетической концепции самоорганизации, когда «объектом исследования являются открытые системы в неравновесном состоянии, характеризующиеся интенсивным потоковым, множественно дискретным обменом веществом и энергией между подсистемами и между системой с ее окружением» [6].

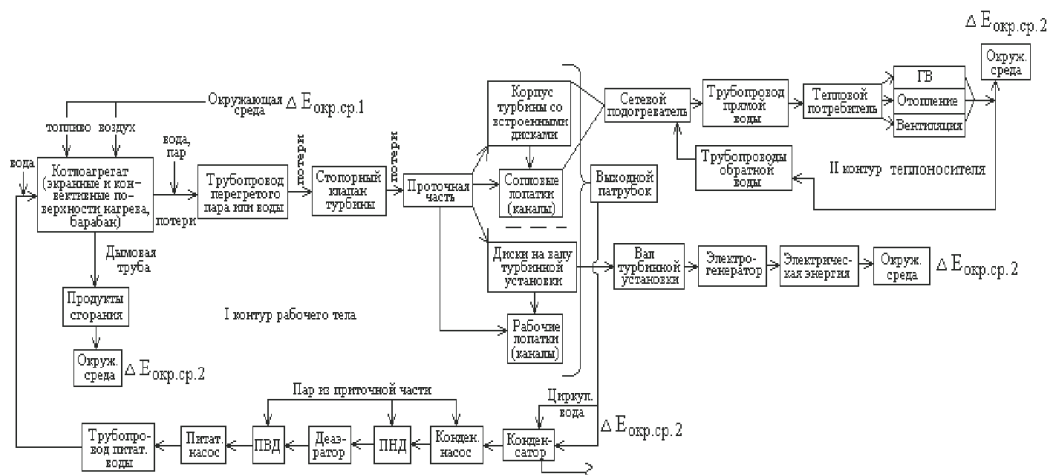


Рис. 1. Обобщенная структурная модель выработки тепловой и электрической энергии

Приближенная к реальным условиям структурная схема показана на рис.1. Субъект выстраивает технологический процесс производства электрической и тепловой энергии путем организации контуров циркуляции нескольких рабочих тел находящихся в непрерывном взаимодействии между собой и окружающей средой. Сказанное выше обращает внимание субъекта на связи системы с окружающей средой. Циклический принцип работы подтверждают выделенные для циркуляции двух рабочих тел два контура. Контур основного рабочего тела воды – пара «1», и контур «2» теплоносителя в системе трансформации энергии для собственных нужд и нужд климатизации жилого комплекса. Несколько контуров контактно замкнутые на окружающую среду : «топливо – воздух – продукты сгорания», «рабочее тело-электроэнергия», «рабочее тело – циркуляционная вода», «теплоноситель в тепловой сети – теплопотребитель». Из окружающей среды приходят потоки энергии для организации функционирования станции. Для этой же цели организованы места отвода энергии в окружающую среду. Однако субъект не идентифицирует неизбежные диссипационные потери снижающие эффективность технологического процесса и влияющие на экологическое состояние окружающей среды. Их не видно, они не записаны в классической формулировке первого и второго законов термодинамики. В интегральной диссипационной записи, которая следует из определенной неравновесной термодинамики и синергетики присутствует диссипационные составляющие от процессов преобразования энергии в форму работы и теплоты [2, 3]. К ним в общем случае отнесены потоки вещества и энергии связанные

с необратимостью процессов теплоотдачи, теплопередачи, горения топлива, движения рабочих тел и т.д. Действительно энергия топлива  $\Delta E_{1oc}$  забирается из окружающей среды, а затем совершив полезный и диссипационный эффекты рассеивается в окружающую среду  $\Delta E_{2oc}$ . Необходимым элементом для перехода  $\Delta E_{1oc}$  от окружающей среды к рабочему телу является котельный агрегат. Котельный агрегат служит для выработки теплоты  $Q_1$  [1]. Он представляет собой систему теплообменников, рис.1, одно из которых горелочное устройство. Оно является преобразователем энергии. Остальные теплообменники по ходу продуктов сгорания трансформируют теплоту – понижают или повышают температуры рабочих тел, т.е. это трансформаторы теплоты. В каждом конкретном случае выработанная теплота  $\Delta Q$  последовательно за счет многократно организованной разности температур идет на изменение внутренней энергии  $\Delta U$  рабочих тел. Для того чтобы субъекту получить полезную работу  $\Delta L$ , требуется после генератора тепломеханической энергии (котла) поставить тепловой двигатель (в данном случае паровую турбину). Котел и турбина находятся в первом контуре рабочего тела. Они соединены трубопроводами «перегретого пара» и «питательной воды». Пар поступает в проточную часть турбины, состоящую из ротора (вал турбинной установки с насаженными на нем дисками) и статора (корпус турбины со встроенными в него дисками). Пар проходит сопловые (неподвижные) каналы и попадает в рабочие каналы (подвижные рабочие лопатки). Группы из сопловых и рабочих лопаток образуют ступень, на которой идет преобразование энергии рабочего тела в работу. Множество ступеней по ходу пара образу-

ют проточную часть турбинной установки. Пар, пройдя множество ступеней, через выходной патрубок попадает в конденсатор, где за счет охлаждения циркуляционной водой через трубчатые поверхности конденсируется с отдачей энергии «теплоты парообразования» охладителю. С помощью охладителя поток теплоты  $Q_2$  уходит в окружающую среду. После конденсатора поставлен конденсационный насос, перекачивающий конденсат через подогреватели низкого давления (ПНД) в деаэратор, который служит для удаления агрессивных газов из воды с целью предупреждения коррозии поверхностей нагрева котельного агрегата. После деаэратора расположен питательный насос, который подает воду в экономайзер котельного агрегата через подогреватели высокого давления (ПВД). Все насосы подключены к энергии, вырабатываемой в этом цикле ее производства электрогенератором. Теплообменники системы регенерации (ПНД, ПВД) и деаэратор работают за счет отвода части пара из проточной части турбины. На всем протяжении проточной части совершается работа расширения и проталкивания теплоносителя с совершением технической работы вращения ротора турбины установленного на подшипниках и соеди-

ненного с помощью муфты с валом генератора электрической энергии. По ходу теплоносителя присутствуют расчетные потери при совершении работы  $L_d$  и  $U_d$  внутренней энергии. Т.е. тепловой и механической энергии в сопловых и рабочих лопатках, в выходном патрубке, корпусе турбины. Потери разного происхождения – потери энергии на трение, вентиляцию, проталкивание, перемещение пара в между дисковых пространствах; с утечками пара через концевые уплотнения в местах входа и выхода вала турбины из корпуса.

Последовательное рассмотрение в итерационном цикле процедуры субъект–субъект (С→С) [2] для каждого блока структурной схемы позволяет найти функцию организованного субъектом диссипационного процесса изменения энергии. Для каждого блока структуры определяются входные и выходные потоки. Организация модельного представления показана рис. 2 в виде алгоритмической обобщенной модели преобразования параметров и определения искомой функции процессов диссипации энергии. На обобщенный характер анализа указывает наличие блока с рабочим телом (РТ), горячим источником теплоты (ГИТ), холодным источником теплоты (ХИТ).



Рис. 2. Последовательность преобразования параметров структуры

Термодинамические особенности модели ГИТ→ РТ→ ХИТ описаны в термодинамической литературе. Для получения полезной работы необходимо организовать разность потенциалов, условно горячий и холодный источники теплоты и рабочее тело для совершения работы. Состояние системы функционально описывается термическими параметрами  $T$  – температурой,  $P$  – давлением,  $V$  – удельным объемом рабочего тела. Они 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  $\Delta L$ , внутренней энергии  $\Delta U$ .

Изменение энергетических потоков от структуры к структуре по ходу рабочего тела говорит об изменениях мощности каждого элемента за счет организованных диссипационных процессов преобразования энергии. Мощность это работа в единицу времени, которая совершается в структуре рабочим телом. Она является обобщенным параметром и указывает на энергетическое состояние рассматриваемой структуры. Сопоставление мощностей разных структур позволяет различать их по полезному эффекту и диссипационным затратам энергии. Из условий идентификации структурной конфигурации первого контура (рис. 1) получается последовательный по ходу преобразования энергии ряд мощностей (1)

$$N_{\text{подв}}, N_{\text{к.а}}, N_{\text{перед турб}}, N_{\text{после турб}}, N_{\text{мех. перед. т.г}}, N_{\text{эл. генер}} \quad (1)$$

соответственно: подведенной в котельном агрегате  $N_{\text{подв}}$ , полученной в котельном агрегате  $N_{\text{к.а}}$ , располагаемой пред турбиной  $N_{\text{перед турб}}$ , после турбины  $N_{\text{после турб}}$ , механической перед электрогенератором  $N_{\text{мех.перел.т.г}}$  электрической после электрогенератора  $N_{\text{эл.генер}}$ .

Соотношения каждой последующей в естественном ряду мощности (меньшей) к предыдущей (большей) дает ряд абсолютных коэффициентов полезного действия или преобразования энергии (2)

$$\frac{N_{\text{к.а}}}{N_{\text{подв}}} = \eta_{\text{к.а}}, \frac{N_{\text{перед турб.}}}{N_{\text{к.а}}} = \eta_{\text{тр}}, \frac{N_{\text{после турб}}}{N_{\text{перед турб.}}} = \eta_{\text{oi}}, \eta_{\text{мех}} = \frac{N_{\text{мех.перел.т.г.}}}{N_{\text{после турб}}},$$

$$\eta_{\text{эл.г}} = \frac{N_{\text{эл.генер}}}{N_{\text{мех.перел.т.г.}}}, \eta_t = \frac{Q_1 - Q_2}{Q_1}. \quad (2)$$

Система коэффициентов характеризующих преобразования энергии из одного ее вида в другой строится на базе феноменологического знания. Это как правило апостериорная – экспериментальная часть выяснения диссипационных потерь энергии. Из литературных данных известны примерно следующие эмпирические значения коэффициентов преобразования энергии в ряду устройств от котельного агрегата до электрогенератора:  $\eta_{\text{к.а}} \approx$  от 70 до 92%,  $\eta_{\text{тр}} - 97\%$ ,  $\eta_{\text{мех}} \approx 96 \div 99$ ,  $\eta_t \approx 40-50\%$ . Последний в ряду коэффициент  $\eta_t$  как бы выпадает из ряда (1).

Его называют термическим коэффициентом полезного действия. Он характеризует отношение тепловых потоков полезно использованных для получения работы к подведенной в цикле теплоте и напрямую зависит от конечной разности температур  $T_1 - T_2$ , рис. 2.

Последовательный ряд произведений всех КПД в (2) дает значение обобщенного интегрального показателя в цикле выпуска электрической энергии (3). Безразмерные сомножители в формуле (2) последовательно указывают на диссипационные потери в каждой фазе термодинамического цикла рис.3.а) непрерывного воспроизводства электрической энергии.

$$\eta_{\Sigma} = \eta_t \cdot \eta_{\text{oi}} \cdot \eta_{\text{к.а}} \cdot \eta_{\text{мех}} \cdot \eta_{\text{эл.г}} \cdot \eta_{\text{тр}}. \quad (3)$$

Уравнение (3) записывается для абсолютного электрического коэффициента полезного действия электрической станции. Поскольку в систему входят и выходят потоки энергии и вещества, то система отвечает принципу открытости в полной мере и называется «открытой диссипативной энергетической системой». Субъект идентифицирует структуру как диссипативную, не нарушая принцип – «диссипативная структура – это открытая неравновесная структура, которая за счет рассеивания энергии и вещества сохраняет свою индивидуальность».

Диссипативно организованная структура рис. 1 аллопоэтического типа [6].

По определению, субъект для организации системы использует сырье и компоненты, притекающие к ней из вне, чтобы строить организованные структуры, представляющие собой нечто иное, чем она сама. Система организована в соответствии с принципами расширенной записи первого и второго начала неравновесной термодинамики [3].

Система работает устойчиво, так как в ней организованы строго запланированные субъектом диссипационные потери,

распланированные в пространстве и во времени.

Непрерывная организация процессов подвода и отвода энергии из окружающей среды дает возможность существовать циклически непрерывному воспроизводству энергии.

Модельный анализ субъектом самоорганизованной структурной сущности ведет систему к постепенному наращиванию новых уровней ее самоорганизации.

Проявление системой новых уровней самоорганизации сопровождается изменением ее внутреннего координатного и временного «пространства энергетического состояния».

Естественно, что саморганизационные возможности создает субъект. Субъект вносит предложения по улучшению схематических решений в структуре производства электрической и тепловой энергии.

По данным [1], первым решением создания новой структуры электростанции является реорганизация тепловой схемы за счет применения регенеративного подогрева конденсата после конденсатора и питательной воды после деаэратора (рис 1), что привело к сокращению потерь от необра-

тимости процессов теплопередачи в тракте котельного агрегата.

Экономия первичной энергии в виде топлива составила от ее первоначального затратного уровня на 10-12%. На рис. 3 проиллюстрирован синергетический «игольчатый принцип» [6] подачи энергии «в нужное место

в нужное время» для перехода с одного уровня циклической самоорганизации на другой более высокий. Под более высоким уровнем самоорганизации субъект понимает «энергетический уровень» с меньшими диссипационными потерями энергии при обеспечении той же полезной ценности установки.

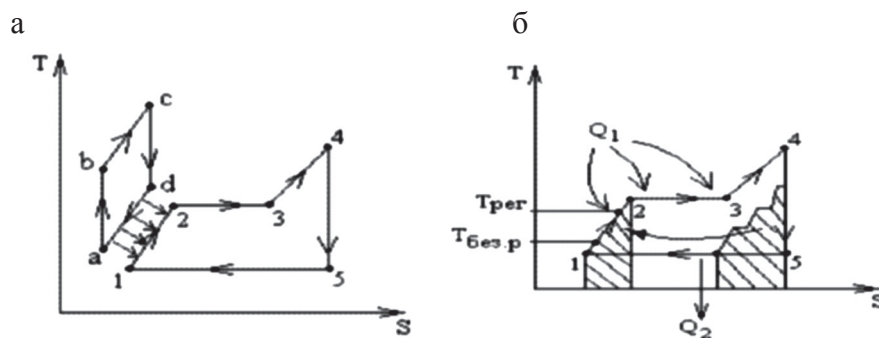


Рис. 3. Потокное саморегулирование распределения энергии в нужный узел системы: а – регенерация теплоты внутри системы; б – дополнительный цикл с утилизацией

Примерами эффективной работы структуры считаются такие ее элементы, которые меняют свойства рабочего тела. На рис. 1 показаны устройства необходимые для качественного существования установки, из них выделяются устройства деаэраторы и для химической обработки воды (контур 1). Первые, позволяют избавиться от коррозии теплообменных поверхностей нагрева, вторые, устраняют явления заноса проточной части турбин солевыми отложениями. Таким образом, в процессе саморазвития идет процесс саморегулирования с изменением порядка, параметров и свойств каждой структуры и самой структурной схемы.

Этот факт подтверждает наличие встроенных поверхностей нагрева в газоходах котла и устройств очищающих продукты сгорания с целью уменьшения экологической нагрузки на окружающую среду.

На общем фоне количественного роста производимых моделей бифуркационное поле предложений непрерывно увеличивает процесс развития рынка. Структурная схема расширяется с наращиванием новых блоков с одновременным увеличением долговечности работы.

Иначе говоря, продолжается самоорганизованный синергетический поступательный цикл развития технической системы.

Улучшаются полезные свойства модели. Например введение вторичного перегрева паровой фазы рабочего тела не только повышает возможный уровень температуры верхнего источника Т1 и термический КПД цикла, но и увеличивает срок службы турбинной установки из-за уменьшения влаж-

ности в конце адиабатного расширения пара в проточной части.

Меняется «потенциал полезности» структур за счет разнообразия сферы применения. Субъект вводит второй контур теплоносителя для производства тепловой формы энергии рис. 1.

В схеме появляются модернизированные турбоагрегаты с одновременным производством электрической и тепловой форм энергии.

Реорганизация подобного типа удовлетворяет постоянно растущие потребности в теплоте самого субъекта.

Одновременное производство двух форм энергии имеет определенный экономический смысл, появление которого неизбежно снижает диссипационную составляющую энергетических затрат в системе источник энергии потребитель. В конденсационном цикле (без контура два) около 50% теплоты, сообщенной пару в паровом котле (ГИТ) передается в конденсаторе (ХИТ) и бесполезно уносится с охлаждающей циркуляционной водой при  $t = 15-30^\circ\text{C}$  (рис. 1,3). Чтобы каким-то образом использовать теплоту, теряемую в конденсаторе субъект полагает использовать ее в системах теплоснабжения зданий и сооружений с организацией дополнительной структуры в виде «теплофикационного цикла» (контур 2), в котором осуществляется нагрев воды идущей из системы теплоснабжения в конденсаторе или в сетевых подогревателях за счет отборов из проточной части турбины, рис. 1. Нагрев ведется до температур нужных для систем теплоснабжения, отопления, горячего водо-

снабжения и вентиляции от 80 до 100 °С. Задача использования конденсатора решается параметрически с помощью увеличения давления в конденсаторе до 0,077-0,1 МПа. В этом случае говорят, что установка работает с ухудшенным вакуумом или противодавлением.

Отбор пара из проточной части турбины для разных целей всегда связан с эффектом эквивалентно недополученной электроэнергии. Если энергия отбирается для целей теплоснабжения или на производство энерготехнологического типа, то общее количество полезно использованной первичной энергии считается не напрасно затраченным, хотя расход топлива с увеличением потребляемой мощности в общем случае повышается. В идеальном случае, когда вся теплота топлива используется полезно коэффициент полезного использования топлива приближается к 100%. В реальных условиях с учетом всех необходимых диссипационных затрат коэффициент использования достигает 60-80%.

Борьба субъекта за уменьшение диссипационной составляющей ведется также за счет снижения внутренних необратимых потерь, которые технически связаны конструктивными особенностями схемы производства электроэнергии. Неоправданно большая разность температур заложена в теплообменных устройствах обеспечивающих передачу теплоты от продуктов сгорания к рабочему телу. Системный анализ проблемы позволяет субъекту частично

ее решить, путем организации структурной надстройки в виде парогазового цикла рис.3,б, что существенно увеличивает эффективность использования теплоты  $Q_1$ . Эффективность достигается путем добавления в схему паросилового цикла блока газотурбинной установки. Цикл газотурбинной установки пристраивается в зоне более высоких температур над циклом Ренкина для перегретого пара, рис.3,а. Цикл надстройки  $a-b-c-d-a$  субъект располагает над циклом 1-2-3-4-5-1, что приводит к более эффективному использованию температурного напора между продуктами сгорания и нагреваемым рабочим телом. В комбинированной таким образом структуре получается новое качество за счет уменьшения потерь с необратимыми процессами теплопередачи при трансформации энергии в виде теплоты из одного цикла в другой. Сокращение диссипационных потерь приводит к уменьшению расхода первичной энергии топлива до 15% в сравнении с нереконструируемой системой той же мощности.

Субъект ведет поиск сокращения потерь диссипационной энергии на уровне повышения калорийности сжигаемого топлива и долговременного его использования. Например, разработка станций на атомном топливе. Структура такой системы несколько меняется. Хотя закономерности построения цикла получения энергии сохраняются. Термический КПД цикла АЭС зависит от начальных и конечных параметров пара, рис. 4.



Рис. 4. Появление дополнительной структурной связи для экологической безопасности

На рис. 4 показан организованный субъектом дополнительный контур безопасности с промежуточным рабочим телом, организующий транзит теплоты от тепловыделяющей зоны атомного реактора. Действующий КПД современных АЭС колеблется от 17 до 36% за счет маленькой величины термического КПД.

Парогенераторы атомных электростанций это прямоточные котлы, нагревающие воду в теплообменнике от теплоносителя первичного контура, проходящего через

активную зону атомного реактора. В раздельном теплообменнике происходит нагрев второго рабочего тела, которое работает в турбине. Это обстоятельство снижает термодинамическую эффективность АЭС. Плюсами цикла АЭС является возможность регулирования тепловой мощности реактора за счет изменения степени погружения в активную зону тепловыделяющих элементов и таким образом осуществлять ведение требуемого режима тепловыделения в реакторе в широком диапазоне изменения

мощности. Относительно небольшая величина топливной составляющей в себестоимости выработанной энергии удовлетворяет субъекта в случае дефицита топлива. Она составляет величину в 15-40% вместо 50-60% на обычных ТЭЦ.

**Выводы и результаты работы.** Работа посвящена анализу возможностей структуризации модели энерготехнической системы на микро, макро и мета иерархических уровнях ее модельного представления [4] с помощью диссипационной интегральной формулировки первого и второго законов термодинамики [3] с использованием терминологии технического [1] и синергетического знаний [5, 6].

Проведен потоково-параметрический структурный анализ состояния «технической» системы методами синергетики и неравновесной термодинамики.

Результаты анализа показали, что использование основ синергетического знания становится методически оправданным после принятия формулировки о том, что «техническая система» и «человек как система» – есть формы существования энергии.

За этим фактом следует признание субъектом «человекомерности» технической системы в результате осознания энергетического единства движущегося в своем поступательном развитии «субъекта» и технической системы, которую он создает.

Только в этом аспекте процесс движения отмечен терминами самоорганизации, саморегулирования, саморазвития с обязательной организацией условий постоянного обмена энергией веществом и информацией в синергетически открытой системе.

Техническая энергетика как система установок когенерационного или тригенерационного типов в своем развитии проходит этапы поступательного осознанного конструирования процессов диссипации энергии с учетом неравновесности, необратимости открытых структур принятых для моделирования существующего многообразия реальностей в бифуркационном поле непрерывно встречающихся предло-

жений полезного использования энергии для циклических условий существования «субъекта» в рамках итерационных формул «субъект – объект» ( $C \rightarrow O$ ) с последующей трансляцией их в формулы «субъект-субъект» ( $C \rightarrow C$ ) [2].

На ряде примеров модельной структуризации с последующей модернизацией тепломеханических структурных схем существующих для выработки теплоты, электроэнергии, показано, что непрерывно во времени идут количественно-качественные процессы идентификации, саморегулирования, саморазвития указанных выше систем в рамках проектируемых субъектом этапов самоорганизации.

Самоорганизация субъективной энерготехнической системы идет в направлении энерготехнического совершенства пространства ее энергетического состояния.

Энергетически совершенное пространство состояния энерготехнической системы подразумевает организацию субъектом минимально допустимых диссипационных потерь, удерживающих процессы воспроизводства энергии в технических системах в формах теплоты и работы для получения максимального полезного действия.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Соколов, Е.Я. Теплофикация и тепловые сети: учебник для вузов. – М.: Изд-во МЭИ, 2001. – 472 с.
2. Игонин В.И. Особенности системной идентификации человекомерной модели функционирования технической энергосистемы. Журнал «Современные наукоёмкие технологии». Технические науки. – №1. – 2013. – С. 22-26.
3. Игонин, В.И. Об очевидности проявления свойств интегральности при системном термодинамическом анализе энергетической установки / В.И. Игонин // Вестник Череповецкого государственного университета. – №1(45) – 2013. – С. 12-14.
4. Игонин, В.И. Особенности энтропийной идентификации неравновесной синергетической системы / Д.В.Титов, В.И. Игонин // Вестник МАНЭБ. – №4 (17). – 2012 – С. 59-65.
5. 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.
6. 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).