

УДК 62-1

**К ПОСТРОЕНИЮ МАТЕМАТИЧЕСКОЙ ЧЕЛОВЕКОМЕРНОЙ МОДЕЛИ
ТЕХНИЧЕСКОГО ОБЪЕКТА В ТЕРМИНАХ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО
ПРОСТРАНСТВА СОСТОЯНИЯ**

Игонин В.И.

*ФГБОУ ВПО «Вологодский государственный технический университет»,
Вологда, e-mail: igonvlad@yandex.ru*

Работа посвящена проблемам построения единой или интегральной модели служащей для оценки работы энергетической системы. Применение. Описание эффективности работы энергетических систем.

Ключевые слова: обобщенный алгоритм, энергетическое пространство состояния, математическое моделирование

**TO BUILD THE MATHEMATICAL A CONTROLLED PERSON MODEL
OF TECHNICAL OBJECT IN TERMS OF THE ENERGY SPACE OF THE STATE**

Igonin V.I.

FGBOU VPO «Vologda State Technical University», Vologda, e-mail: igonvlad@yandex.ru

The work is devoted to the problems of constructing a unified or integrated models used for assessing the work of the energy system. Description of the effectiveness of operation of energy systems

Keywords: the generalized algorithm, the energy space of the state, mathematical modeling

В [1, 7] описан алгоритм построения модели человекомерной технической энергосистемы на базе предварительно сформулированных положений и постулатов. На этой основе показана примерная схема наполнения пространства состояния двух реальностей, объекта – в технической и субъекта в социальной [2].

Законы системности окружающего мира предполагают существование обобщенных показателей для открытых человекомерных систем [1].

Понятие обобщенности требует составлять модели различного типа и назначения по единому алгоритму.

Субъект создает разные по своему составу энергосистемы. Все они предназначены для одной цели: осуществлять выработку, передачу, распределение и потребление электрической, тепловой, механической др. форм энергии.

Поэтому нужен единый алгоритм, который связывает комплекс специально созданных для этой цели моделей и позволяющий определять эффективность функционирования всей энергетической системы с пониманием ее человекомерности. Осознание субъектом человекомерности ЭС усложняет моделирование из-за наличия множества подсистем технического и социального назначения, из-за разнообразия и несовместимости процессов, которыми они наполняются. Поскольку ЭС связана с окружающей средой, то даже в постановочном варианте создание такого алгоритма является практически нерешаемой напрямую задачей.

В настоящее время существующему множеству энергетических систем соответствует множество моделей их описания. Однако набор элементов энергетической системы поддается определенной классификации. Система объединяет в общем случае источники, транспорт и потребителей энергии.

Чаще всего субъекту необходимо создать модель анализируемого объекта, сравнить ее с реально существующим объектом и сделать выводы о степени адекватности модели и объекта [1].

Рассмотрим пример построения субъектом обобщенной модели ЭС предназначенной для получения нужного для него полезного эффекта. Концептуальные основы моделирования изложены в [1]. Используем для моделирования алгоритм построения человекомерной системы по схеме: субъект один, субъект два или $S_1 \rightarrow S_2 \rightarrow S_3 \rightarrow \dots$ и т.д. в структурируемых пространствах состояния Субъект – Объект. Для достижения поставленной цели удобно применить понятия энергетического пространства состояния [3].

Построение обобщенной модели начинается с формирования начальных условий определяющих состояния объекта в момент времени $\tau = 0$. Последующие состояния организуются субъектом одно за другим в моменты времени, например $\tau = 1, \tau = 2 \dots \tau = n, \dots$ (рис. 1).

Пусть множества из группы параметров характеризует функционирование энергетической системы (ЭС) от начального состоя-

ния ($\tau = 0$) до τ_n . [3, 4, 5, 6]. Субъект выбирает шаг $\Delta\tau$ квантования или дискретности при ограничениях, связанных с особенностями поведения предполагаемой функции. Это необходимо для более полного представления энергетического состояния системы (1).

$$\frac{\tau_n - \tau_0}{n} = \Delta\tau \quad (1)$$

Энергосостояние системы от \mathcal{E}_0 меняется под воздействием условий принуждения $\Delta\mathcal{E}_{пр}$. Каждый блок в структурной схеме реагирует на условия принуждения и меняет

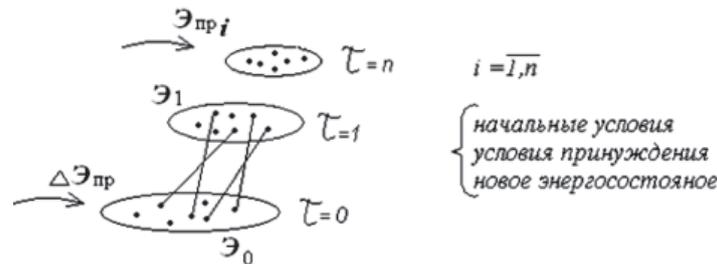


Рис. 1. К построению энергетического пространства состояния

Чтобы приобрести свойство общности модели для моделирования множества разнообразных систем удобна следующая классификация параметров функциональной модели.

Субъект выделяет среди параметров ЭС следующие вектора: это вектора входных, внутренних, внешних, выходных параметров соответственно (2).

$$\begin{aligned} \{x_i(t)\} &= \vec{x}(t); \quad \{h_i(t)\} = \vec{h}(t); \\ \{v_i(t)\} &= \vec{v}(t), \end{aligned} \quad (2)$$

где $x_i \in X, \quad i = 1, \bar{n}_x; \quad h_i \in H, \quad i = 1, \bar{n}_h; \quad v_i \in V, \quad i = 1, \bar{n}_v; \quad y_i \in Y, \quad i = 1, \bar{n}_y.$

Тогда функциональные уравнения относительно выходных обобщенных энергетических параметров удобно представить в виде (3), (4)

$$\vec{y}(t) = F_{1S}[\vec{x}(t), \vec{v}(t), \vec{h}(t), t]; \quad (3)$$

$$\vec{y}(t) = F_{1S}[\vec{z}_0(t), \vec{z}(t), t], \quad (4)$$

где оператор F_{1S} указывает на закон, которому подчиняется модель исследуемой системы в момент $\tau = t, \vec{y}(t)$ выходная траектория изменения энергетического пространственного состояния под воздействием параметров x, v, h принадлежащих $\vec{z}(t)$ и начальных условий \vec{z}_0 .

Покажем удобство такой обобщенной записи для иллюстрации энергосостояния ЭО. После энергообследования ЭС и обра-

ботки его результатов апостериорная (действительная) полная модель имеет вид (5)

свое состояние например на состояние \mathcal{E}_1 . Таким образом, субъект формируют поле состояний в пространстве и во времени через начальные условия и условия принуждения.

Поле состояний аппроксимируется функциональными параметрическими уравнениями, например, для действительной и нормативной реальности [2]. Что позволяет полные реальности сравнивать по энергетическому наполнению. Субъект также может сравнивать предыдущую и последующую реальности в одном процессе, например, при организации итерационной процедуры (рис. 1).

$$\vec{Y}_{\text{действ}} = \vec{F}_{\text{действ}}[\vec{z}(t)_{\text{действ}}, \vec{z}_0(t)_{\text{действ}}]. \quad (5)$$

Это пространство состояния отображает действительно существующее полное энергетическое пространство состояние объекта, модель которого назовем первичной реальностью.

Аналогично модель нормативной вторичной реальности имеет вид (6)

$$\vec{Y}_{\text{н}} = \vec{F}_{\text{н}}[\vec{z}(t)_{\text{н}}, \vec{z}_0(t)_{\text{н}}]. \quad (6)$$

Две функции выходных траекторий одной и той же (ЭС) записанные в одной и той же обобщенной форме допускают сравнение полученных энергетических состояний. Однако нормативная реальность на данный момент может устареть. Тогда за образец сравнения мы можем взять модель реальности наилучшего образца (7).

$$\vec{Y}_{\text{сл,о}} = \vec{F}_{\text{сл,о}}[\vec{z}(t)_{\text{л,о}}, \vec{z}_0(t)_{\text{л,о}}]. \quad (7)$$

В результате субъект выбирает ту модель, которая дает минимум энергетической невязки $\Delta\vec{Y}_{\text{сл,л,о}} \rightarrow 0$ по сравнению с состоянием лучшего образца. Например, имеем три формулы сравнения невязок (8), (9), (10)

$$\vec{Y}_{\text{н}} - \vec{Y}_{\text{сл,о}} = \Delta\vec{Y}_{\text{сл,л,о}}; \quad (8)$$

$$\vec{Y}_{\text{действ}} - \vec{Y}_{\text{н}} = \Delta\vec{Y}_{\text{действ,н}}; \quad (9)$$

$$\vec{Y}_{\text{действ}} - \vec{Y}_{\text{сл,о}} = \Delta\vec{Y}_{\text{действ,л,о}}. \quad (10)$$

Проведя процедуру сравнения, субъект определяет лучшую модель в смысле экономии энергии. В задачах энергосбережения, например, таким образом, определяется потенциал энергосбережения (8), (9), (10) или коэффициент преобразования энергетического состояния $H_{\text{пр.эн.сост}}$ (11).

$$H_{\text{пр.эн.сост}} = \frac{\bar{Y}_{S_{li},o}}{\bar{Y}_{S_{li+1},o}}, \quad (11)$$

где $\bar{Y}_{S_{li},o}, \bar{Y}_{S_{li+1},o}$ дискретные значения функции предыдущего и последующего состояний энергосостояния объекта.

Этот коэффициент характеризует переход энергетического объекта от одного

энергетического состояния к другому под воздействием принуждающих параметров. Это может быть энергия, поступающая в ЭС после реализации энергосберегающего мероприятия или появления источника энергии внутри или на границах системы.

Динамику сравнения энергетического состояния моделей разных реальностей можно изобразить следующим образом рис. 2.

Здесь из условия минимума скорости отклонения невязки энергетических состояний ЭС выбирается режимы ее работы (12).

$$\frac{\Delta \bar{Y}_{\text{действ.л.о}}}{\tau} \rightarrow \min. \quad (12)$$

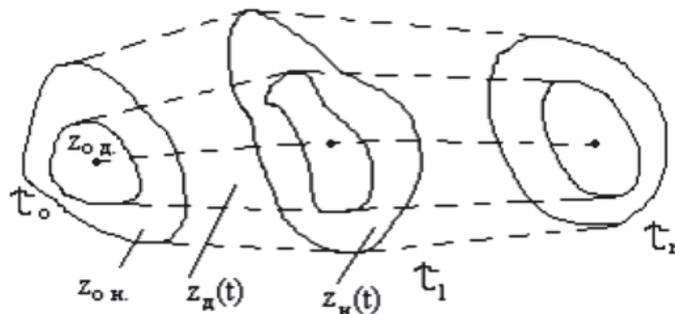


Рис. 2. Сравнение энергетических траекторий

Субъект может сравнивать энергетические состояния конструктивно разных систем и тем самым знать конкурентную их способность, деградирует система или развивается (5). Действительно, если за весь период анализа соблюдается условие (12), т.е. энергетическое пространство ЭС находится в заданном режимном состоянии, то можно говорить об отсутствии незапланированного изменения количества энергии.

Если условия (12) не соблюдаются, то субъект может судить о потерях или недостатке энергии и о том, что объект переходит на новый режим работы.

Если потери энергии увеличиваются, то нужно принять необходимые меры: предложить энергосберегающие или энергодополняющие мероприятия и запланировать соответствующие инвестиции для устранения обнаруженного состояния ЭС.

Следует отметить, что если существуют оценки энергосберегающих мероприятий

по количеству энергии, то видимо можно записать равенство между количеством уходящей и эквивалентной приходящей энергией соответствующего энергосберегающего мероприятия (13).

$$\Sigma \Delta Y_{\text{эн.сб.м}} \cong \Delta \bar{Y}_{\text{действ.л.о}}. \quad (13)$$

Проведя оценку потерь энергии субъект должен заменить теряемое количество, на эквивалентное, которое соответствует тому количеству энергии, которое предполагает то или иное энергосберегающее мероприятие.

Условие (12) субъект может выполнить планоно. В этом случае план инвестиций согласуется с темпом изменения энергии в системе. Тогда в запланированное время $\tau_{\text{инв}}$ запланированная сумма вложений в нужное для ЭС время приведет к выполнению условия (12).

Таким образом, субъект может построить комплекс обобщенных моделей

в функциональном виде, которые будут связаны через обобщенные показатели, выведенные для множеств технических и социальных систем.

Реализация подобного содержания моделей позволит анализировать энергетическое состояние с помощью таких понятий, например, как обобщенный коэффициент энергетического состояния системы или энергопреобразования. Приведены пути решения и постановки задач из области энергосбережения. Программы энергосбережения социального характера и пишет их субъект. Привлекательно выглядит тот момент, что алгоритм построения модели для любой энергетической системы примерно одинаков.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Игонин В.И. Особенности системной идентификации человекомерной модели функционирования технической энергосистемы // Международный научно-исследовательский журнал. – 2012. – Ч. 1, №6(6). – Research Journal of International Studies, ISSN2303-9868./http://research-journal.org, технические науки. С. 55–58.
2. Игонин В.И. Проявления свойств интегральности при системном термодинамическом анализе энергетической установки // Международный научно-исследовательский журнал. – 2012. – Ч. 1, №5(5). – Research Journal of International Studies, ISSN 2303-9868/ http://research-journal.org, технические науки. – С. 93–94.
3. Игонин В.И. Пути повышения эффективности теплоэнергетических систем: монография. – Вологда: ВоГТУ, 2007. – 119 с.
4. Игонин, В.И. Особенности формирования компетенций в курсе «Энергообследование зданий, сооружений и инженерных сетей» // Вузовская наука – региону: материалы десятой всероссийской научно – технической конференции. В 2-х т. – Вологда: ВоГТУ, 2012. – Т. 1. – С. 207–211.
5. Игонин В.И. Технологические особенности энергообследования зданий, сооружений и инженерных сетей: курс лекций. – Вологда: ВоГТУ, 2012. – 104 с.
6. Игонин В.И., Реутов А.Н. Особенности определения энергетического пространства состояния водогрейной котельной // Вузовская наука – региону: материалы шестой всероссийской научно-технической конференции. – Вологда: ВоГТУ, 2008. – С. 206–209.
7. Игонин В.И. Особенности системной идентификации человекомерной модели функционирования технической энергосистемы // Современные наукоёмкие технологии. – 2013. – № 1. – С. 11–22.