

МЫЗНИКОВА М.Н.

МЕТОДИКА ОЦЕНКИ ЭФФЕКТИВНОСТИ ЭНЕРГОПОТРЕБЛЕНИЯ РЕГИОНАЛЬНОЙ ЭКОНОМИКИ

Аннотация. В статье представлен метод оценки эффективности энергопотребления в условиях системных организационно-экономических изменений, нарастающей неопределенности условий и содержания процессов принятия управленческих решений. Изменение условий энергопотребления и информационная конфликтность в системе планирования не обеспечивает ретроспективы, достаточной для применения традиционных методов в определении критериев максимальной полезности энергопотребления. Автором предлагается методика и формализованный критерий оценки структурных изменений регионального энергопотребления на основе теории ценозов и предлагаемой энтропийной модели. Апробация методики позволяет использовать полученные результаты в разработке и реализации программ энергосбережения и энергоэффективности, энергобаланса, ценовом регулировании.

Ключевые слова: энергоэффективность, ценоз, энтропия, структура потребления энергоресурсов.

MYZNIKOVA M.N.

METHODS OF EVALUATION OF EFFECTIVENESS OF ENERGY CONSUMPTION OF THE REGIONAL ECONOMY

Abstract. The manuscript suggests a method of evaluation of effectiveness of energy consumption in the conditions of systemic organizational-economic changes, growing uncertainty of conditions and maintenance of processes of making managerial decisions. Changing conditions of energy consumption and informational conflicts in the system of planning does not provide for the retrospective sufficient for using traditional methods in determining the criteria of maximum usefulness of energy consumption. The author suggests a method and a formalized criterion of evaluation of structural changes of the regional energy consumption based on the theory of cenosis and a proposed entropy model. Testing of the method allows to use the results achieved in developing and implementing programs of energy conservation and energy efficiency, energy balance, price regulation.

Keywords: energy effectiveness, cenosis, an entropy, structure of consumption of energy resources.

Электроэнергетическая система региона на современном этапе характеризуется организационными изменениями. Взаимодействие структурных элементов и территориальных хозяйствующих единиц обусловили нарастающие внутрисистемные диспропорции, оказав существенное влияние на изменение свойств системы и ее функционирование. Основой адаптации к меняющимся экономическим условиям являются развитие процесса самоорганизации, возникновение устойчивых структур, обеспечивающих сохранение целостности системы и эффективность ее развития. Оценка эффективности энергопотребления зависит от качественного состояния самой системы, характеристики развития взаимосвязей и может быть определена на основе применения теоретических положений ценоза и энтропии [1; 2; 7].

Методология управления энергопотреблением предполагает наличие существования системной совокупности элементов регионального хозяйства, связанных общим процессом энергопотребления и производства ВРП. Выраженная декомпозиция региональных энергосистем и инфраструктурные изменения обострили проблемы управления и сформировали объективную необходимость разработки новых концепций и методов, критериев оценки эффективности.

Экономическая полезность электрической энергии определяется свойствами всей системы производства и потребления, ростом обменных процессов в создании полезного продукта, стоимостной полезностью организационно-экономического механизма взаимодействия субъектов рынка, балансом энергопотребления и перспективами его развития.

Одним из основных принципов управления энергопотреблением на региональном уровне является принцип взаимного согласования всех элементов системы. Существующая методология планирования и прогнозирования энергоресурсов основана на тенденциях прошлого и применяется для формирования индикаторов долгосрочного развития. Индикаторы отражают состояние системы в балансовой структуре энергопотребления и цели ее развития, однако

процесс самоорганизации как фактор изменения эффективности энергопотребления и качественная составляющая развития не подлежит оценке и не рассматривается на должном уровне. Стремление к снижению энергоемкости выпускаемой продукции не приводит к ожидаемым результатам. Применение статистических средних значений экономически важных показателей для формирования индикаторов не позволяет адекватно отразить состояние развития экономики, что приводит к снижению качества планирования.

Устранение возникающих локальных противоречий в формулировке целей планирования основано на принципе оптимального сочетания сфер производства, распределения и потребления энергоресурсов конечными потребителями, формируется на основе экономических пропорций развития экономики региона и энергопотребления, информированности о ценах, объеме, качестве и эффективности использования энергии.

Предлагаемая методика оценки эффективности энергопотребления основана на законах Ципфа, Парето и позволяет с учетом структурных изменений в энергопотреблении региона выявить проблемы формирования полезности энергоресурсов и энергоэффективности [2].

Ранжирование статистического распределения энергопотребления отдельно взятых предприятий и организаций приводит к появлению гиперболических законов (био- и техноценозы, закон Парето, закон Ципфа), которые не обладают обоснованием, но являются устойчивыми. Этот признак оказался основополагающим при выводе математического обоснования закона Ципфа-Мандельброта [3; 4]. Поскольку структура потребления электрической энергии составляет множества неоднородных, но объединенных по выбранному признаку элементов (субъектов-потребителей), то наличие внутрисистемных взаимосвязей целесообразно описывать при помощи ценологических моделей.

Основным принципом предлагаемой методики является равный доступ к энергоресурсам. Принцип территориальной сложившейся отраслевой структуры также соблюдается и является ограничением принятой модели. Развитие конкуренции и ценовое регулирование влияют на развитие отдельных видов экономической деятельности и структуру спроса. Ценоз хозяйствующих субъектов, обладающих различными свойствами, не искажает производственные факторы субъектов и не влияет на их изменение, однако участвуют в формировании системной полезности ВРП — потребление энергии и эффективность использования, накопленную системой. Принцип максимизации полезности достигается в системе.

Результаты исследований показали, что одним из свойств системы, присущих ценозам, является фрактальность. Это свойство отмечается многими авторами. Ряд авторов видит в этом причину собственно распространенности гиперболических законов [1; 7]. Описание закономерности потребления энергоресурсов всеми M хозяйствующими субъектами региона починается гиперболическому закону распределения.

В соответствии с принципом свободного доступа к энергоресурсам полагаются одинаковыми P_m вероятности энергопотребления отдельно взятыми единичными потребителем m (предприятием, организацией) в общности R хозяйственных субъектов по видам экономической деятельности ОКВЭД региона, формирующим баланс, объемы спроса, масштаб потребления энергии и вероятность P_0 обособления единичного потребителя m , которая записывается следующим образом [2]:

$$P_m = p_0 \exp(-\beta m) = Pr^{-B} \quad (1),$$

где: $B = \beta / \log R$ а $P = p_0 (R-1)^\beta$;

$$\beta = \log[R / (1 - p_0)]$$

— положительная величина, зависящая от общего количества хозяйствующих субъектов R и вероятности появления замыкающего или обособленного субъекта P_0 .

Ранг потребления r как совокупность субъектов — потребителей вида экономической деятельности определяется по убыванию частоты появления субъектов в системе энергопотребления и имеет ограничения:

$$(R^{m-1} - 1) / (R - 1) \geq r. > (R^m - 1) / (R - 1) \quad (2),$$

Соответственно, ограничения, накладываемые на величину m :

$$m < \log[(R-1)r+1]/\log R \quad \text{и} \quad m \approx \log[(R-1)/r]\log R$$

Выражение (1) представляет собой степенной (гиперболический) закон распределения потребляемого энергоресурса, полученный при допущении равновероятного появления всех хозяйствующих субъектов в системе как потребителей, и предполагает, что каждый потребитель рассматривается как единичный хозяйствующий субъект, имеющий ранг r энергопотребления, и воспринимается не как некая последовательность в потреблении, а как субъект, имеющий самостоятельное энергоэкономическое значение.

Существование отдельного потребителя в соответствии с данным признаком, с одной стороны, определяет возможность обособления потребителя как хозяйствующего субъекта, а с другой — фактически является одним из признаков свойства фрактальности [7].

Количество предприятий, включенных в ранг, отображается вектором, длина которого, в соответствии с имеющимися статистическими данными, соответствует числу предприятий. Масштабирование вектора r (ранга) выбирается в зависимости от масштаба региона, исчисляемого десятками и сотнями тысяч предприятий-потребителей.

Следуя этому подходу, сопоставим энергопотребляющие объекты, характеризующиеся равным средним энергопотреблением, и нормировку вероятности выполним в соответствии с выражением:

$$\sum_{i=1}^N p_i(r) = 1 \quad (3).$$

При этом предприятия p_i с равным средним потреблением энергии будут характеризоваться одинаковой вероятностью. Взвешенная вероятность определяется выражением [3]:

$$EM = \sum_{r=1}^R p(r)m(r) \quad (4),$$

где R — общее количество предприятий региона;

$m(r)$ — энергопотребление по рангам.

Качественная характеристика энергопотребления экономикой региона и ее структуры характеризуется энтропией Шеннона H , определяемой по известной классической формуле. Формула (4) является предлагаемым формальным критерием, позволяющим при зафиксированной величине H , перераспределить энергопотребление по рангам предприятий в соответствии с их полезностью (например, объемом ВРП) [3].

Применение энтропии связано с ее важными свойствами: универсальностью и аддитивностью, являющимися мерой неопределенности некоторой ситуации, не зависящей от типа распределения.

Мы не согласны с мнением, что свойства энтропии могут быть схожи в определенной степени с дисперсией или сравнение с корреляцией. Таким образом, энтропия позволяет рассматривать переходные состояние системы, элементы или локальные кризисы, точки роста.

Результаты анализа существующей системы управления энергопотреблением Республики Татарстан позволили выявить ряд существенных проблем, выражающихся в слабом воздействии управленческих процессов на управляемую систему энергосбережения и, как следствие, способствующих возникновению причинно-следственных связей снижения энергоэффективности экономических секторов региона и ценностных потерь. Апробация предлагаемой методики осуществлялась на основе статистических показателей региональной структуры и баланса потребления электроэнергии (см. рис. 1) [6; 8].

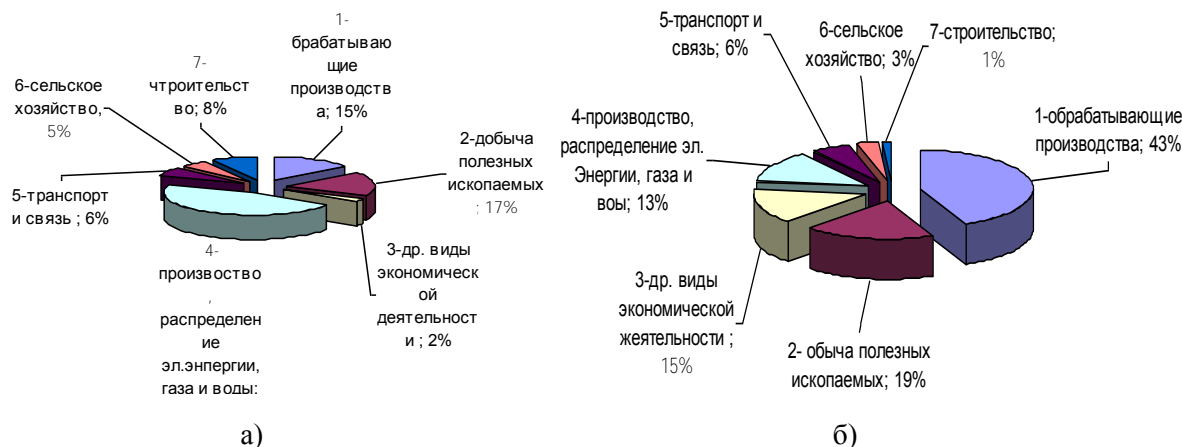


Рис. 1. Структура производства ВРП и баланса потребления полезной энергии Республики Татарстан в 2013 году

- а) Ранговая структура потребления электрической энергии хозяйствующими субъектами
 б) Структура производства ВРП в соответствии с рангами электропотребления.

Анализ связи структурных объемов энергопотребления и ВРП имеет низкий коэффициент корреляции — 0,53. Результаты исследования регионального электропотребления Республики Татарстан за период 2005–2014 годов на основе предложенной методики позволили выявить несущественные сдвиги в энергопотреблении. Сдвиги в потреблении характеризуются значительными внутривидовыми сдвигами [4]. Полученные расчетные данные позволили сформулировать вывод: 64 тыс. предприятий характеризуются как неэнергоэффективные, т. е. около 46% от общего количества субъектов региона. Для региональной экономики характерна низкая энергоэффективность крупных предприятий [4; 5]. Обобщенные результаты исследований представлены на рисунке 2.

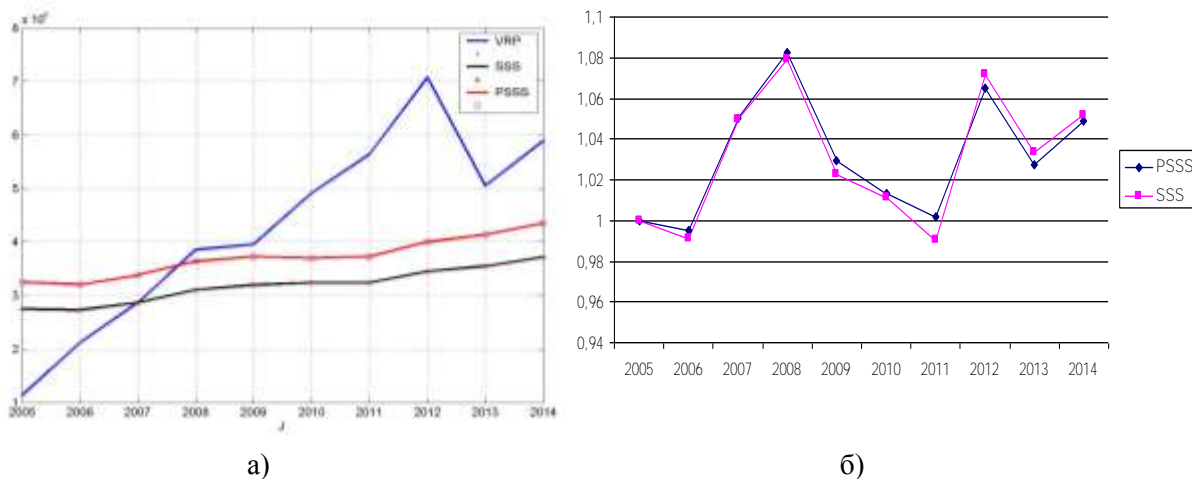


Рис. 2. Графики потребления полезной энергии хозяйствующими субъектами региона Татарстан за период с 2005 по 2014 год

- а) График ВРП, максимальной энтропии энергопотребления SSS и приращения энтропии PSSS по интегральному энергоэкономическому ценосу
 б) График относительного изменения энтропии к предыдущему году

Из рисунка 2 видно, что с 2007 года в энергопотреблении происходят общесистемные изменения. Отклонения от максимальной энтропии свидетельствуют о снижении конгерентности, нарастающих отклонений энтропии в системе, снижении полезности потребления. Предлагаемая методика характеризует коэффициент корреляции производства ВРП и энергопотребления в среднем до 0,9. Внутривидовый анализ позволил выявить долю предприятий,

имеющих более низкий уровень эффективности энергопотребления, — сектор обрабатывающего производства [5]. В целях повышения энергоэффективности необходимо усилить тенденции развития предприятий и организаций среднего и малого бизнеса, исследовать влияние ценового регулирования на тенденции спроса.

Наиболее интересным экономическим результатом является возможность применения предлагаемой методики для оценки коэффициентов концентрации энергоресурса по видам экономической деятельности, определяющих экономическую ценность и, как следствие, влияющих на эффективность потребления полезной энергией.

Результаты исследований показали, что показатель степени β является системным показателем структуры экономики региона, характеризующим эффективность использования энергоресурсов. Показатель α , ранее рассматриваемый как теоретический и определяющий максимальный объем энергопотребления единичным предприятием в экономической системе, является показателем, который в своем изменении влияет на коэффициенты концентрации энергоресурса и внутрисистемную связь между ранговыми структурами. Изменения данного показателя оказывает слабое влияние на изменение коэффициента β интегрального экономического ценоза [3; 4; 5].

Причины возникновения степенных зависимостей с «тяжелыми хвостами» и отклонений от них — отдельная проблема. Результаты исследований показали, что потребление энергоресурсов, формирующее «хвост» интегрального энергоэкономического ценоза (потребление населением, домашними хозяйствами и т. п.), характеризуется ростом фактора неопределенности в задачах прогнозирования и планирования.

Полученный результат позволяет сделать заключение о том, что ценозный подход к построению модели эффективного энергопотребления требует пересмотра организационно-экономических и организационно-технических свойств системы, характеризующейся наличием непостоянства числа субъектов и наличием нефиксированных связей.

Выводы по результатам апробации предлагаемой методики:

1. Распределение энергопотребления асимптотически стремится к гиперболическому закону. В региональной экономической системе число предприятий велико, следовательно, можно определить предельно возможный объем производства ВРП, структуру показателя энергоэффективности по видам экономической деятельности — энергоемкость выпускаемой продукции.

2. Методика позволила выявить, что гиперболическое распределение возникает в результате проявления процесса самоорганизации хозяйствующих субъектов, изменения концентрации энергии и эффективности потребления электроэнергии.

3. Изменение структуры, рост числа предприятий оказывает существенное влияние на качественную характеристику энергопотребления. Изменение энтропии свидетельствует о наличии значительного внутреннего потенциала энергоэффективности.

Предлагаемая методика применима в решении задач согласования критериев эффективности социально-экономического развития экономической системы и частных критериев эффективности отдельных крупных хозяйствующих субъектов, а также в определении индикаторов энергоемкости, решении задач нормирования энергоресурсов и ценового регулирования.

В условиях нарастающих обменных энергоэкономических процессов методы управления энергопотреблением на основе информационных моделей подтверждают свою объективность. Непротиворечивость полученных результатов позволяет сделать заключение о работоспособности предложенного метода в задачах управления энергопотреблением и производственными системами, требующих их структурной трансформации.

Литература

1. Кудрин Б. И. Математика ценозов: видовое, ранго-видовое, ранговое по параметру, гиперболические H -распределения и законы Лотки, Ципфа, Парето, Мандельброта [Текст] / Б. И. Кудрин // Центр системных исследований. Ценологические исследования. — 2002. — № 19. — С. 357–412.
2. Мандельброт Б. Фракталы, случай и финансы [Текст] / Б. Манельброт. — Москва; Ижевск: НИЦ «Регулярная и хаотическая динамика», 2004. — 256 с.
3. Мызникова М. Н., Аксенов И. Б. Критерий оценки структурных изменений энергопотребления региональной экономики // Инфраструктурные отрасли экономики: проблемы и перспективы развития: материалы междунар. науч.-практич. конф., Новосибирск, 20 марта 2015 года / отв. ред. С. С. Чернов. — Новосибирск: Изд-во ЦРНС, 2015. — С. 159–164.

4. Мызникова М. Н. Модель интегрального энергоэкономического ценоза в системе управления энергопотреблением региона [Текст] / М. Н. Мызникова // Казанский экономический вестник. — 2014. — № 5 (13). — С. 24–28.
5. Мызникова М. Н. Управление энергопотреблением: новая парадигма энергоэффективности [Текст] / М. Н. Мызникова // Научное обозрение. — 2015. — № 10 (часть 2). — С. 146–151.
6. Татарстанстат (Территориальный орган Федеральной службы государственной статистике по Республике Татарстан) [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.tatstat.gks.ru/> (дата обращения 15.02.2015).
7. Чернавский Д. М. Синергетика и информация: Динамическая теория информации (издание 3-е дополненное) [Текст] / М. Чернавский. — М.: Книжный дом «ЛИБРОКОМ», 2009. — 300 с.
8. Электробаланс РФ [Электронный ресурс]. Режим доступа: www.gks.ru/free_doc/new_site/business/prom/el-balans.xls (дата обращения 15.02.2015).

References:

1. Kudrin B. I. the Mathematics of cenoses: species, Rango-species, ranked according to the setting of hyperbolic N-distribution and the laws of the Trays, texts, Pareto, Mandelbrot [Text] / B. I. Kudrin // Center for system studies. Tehnologicheskoe research. — 2002. — No. 19. — S. 357-412.
2. Mandelbrot B. Fractals, event and Finance [Text] / B. Mandelbrot. Moscow; Izhevsk: nits "Regular and chaotic dynamics", 2004. — 256 p.
3. Myznikov M. N., Aksenov I. B. evaluation Criteria structural changes in the energy consumption of the regional economy // Infrastructure sectors of the economy: problems and prospects: materials of Intern. scientific.-practical. Conf. Novosibirsk, March 20, 2015 / ed. edited by S. S. Chernov. — Novosibirsk: Publishing house CRNS, 2015. — S. 159-164.
4. Myznikov M. N. The model is integrated energy-economic cenosis in the energy management system of the region [Text] / M. N. Myznikov // Kazan economic Bulletin. — 2014. — № 5 (13). — Pp. 24-28.
5. Myznikov M. N. Energy management: a new paradigm of energy efficiency [Text] / M. N. Myznikov // Scientific review. — 2015. — No. 10 (part 2). — P. 146-151.
6. Tatarstanstat data there were commissioned (Territorial body of Federal service of state statistics in the Republic of Tatarstan) [Electronic resource]. Mode of access: <http://www.tatstat.gks.ru/> (accessed 15.02.2015).
7. Chernavskii D. M. Synergetics and information: Dynamic information theory (edition 3rd revised) [Text] / M. Chernavsky. — М.: Book house "LIBROKOM", 2009. — 300 p.
8. The electric power balance of the Russian Federation [Electronic resource]. Mode of access: www.gks.ru/free_doc/new_site/business/prom/el-balans.xls (accessed 15.02.2015).