

УДК 338.26

Караева Ю.В. – кандидат технических наук

E-mail: julieenergy@list.ru

Даминов А.З. – кандидат технических наук

E-mail: daminov@list.ru

Соломин И.Н. – аспирант

E-mail: solil1@yandex.ru

**Исследовательский центр проблем энергетики Казанского научного центра
Российской академии наук**

Адрес организации: 420111, Россия, г. Казань, ул. Лобачевского, д. 2/31

Садьков Р.А. – доктор технических наук, профессор

E-mail: sadykov_r_a@mail.ru

Казанский государственный архитектурно-строительный университет

Адрес организации: 420043, Россия, г. Казань, ул. Зелёная, д. 1

Моделирование и долгосрочное прогнозирование развития энергетического сектора населенного пункта*

Аннотация

Разработан метод прогнозирования развития энергетического сектора населенного пункта, составными частями которого являются: алгоритм комплексного решения задачи, имитационная модель, база данных, программно-вычислительный комплекс. Разработанная имитационная модель основана на применении гибридного моделирования, объединяющего методики «восходящего» и «нисходящего» моделирования, а при формировании базы данных учтены существующие и перспективные технологические решения. Разработана модель энергетического сектора г. Казани, основанная на двух прогнозных вариантах роста цен и тарифов на товары и услуги естественных монополий в 2012-2014 годах.

Ключевые слова: моделирование, долгосрочное прогнозирование, энергетический сектор, населенный пункт.

Введение

Методы моделирования и долгосрочного прогнозирования развития энергетического сектора населенного пункта позволяют:

- систематически проводить прогнозно-аналитические работы;
- отбирать для последующей реализации решения, новые технологии, проекты и программы, ориентированные на достижение целей надежного энергоснабжения;
- формировать научно-техническую политику, согласованную с требованиями инновационной экономики;
- осуществлять комплексное совершенствование энергетического сектора.

Необходимо отметить, что наиболее важные, принципиальные решения в области научно-технического развития и отбора приоритетов формируются именно на этапах прогнозирования и планирования. Многовариантное прогнозирование направлено на выявление основных закономерностей, тенденций и проблем развития, выработку различных сценариев развития энергетического сектора населенного пункта. Прогнозно-аналитические работы являются важнейшим и необходимым направлением инновационной деятельности и служат информационной базой подготовки научно обоснованных решений и формирования различных вариантов научно-технического развития.

* Работа выполнена в рамках реализации ФЦП «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России» на 2009-2013 годы (Соглашение № 14.В37.21.0336).

Современные методы моделирования и долгосрочного прогнозирования развития энергетического сектора

Топливо-энергетический баланс (ТЭБ) как основа перспективного прогнозирования спроса и предложения энергоресурсов с учетом оценки тенденций развития энергетического сектора становится основным инструментом формирования социально-экономической политики на среднесрочную и долгосрочную перспективу. ТЭБ крупного населенного пункта, такого как город, связывает воедино балансы природных ресурсов, инвестиционные планы компаний и государства, балансы производства и потребления, импорта-экспорта. Построение качественного прогнозного топливо-энергетического баланса населенного пункта требует постоянного мониторинга показателей потребления и производства энергоресурсов, меняющихся под действием всех реальных факторов, корректировки прогнозных показателей баланса и постановки этого процесса на системную регулярную основу.

Оценка вариантов развития энергетического сектора и их последствий, выявление механизмов оптимального использования энергоресурсов, анализ и прогнозирование структуры энергетического сектора, влияние на нее таких факторов, как экспортная стратегия России, динамика роста ВВП, конъюнктура внешнего рынка, возможности применения в будущем новых, альтернативных источников энергии – актуальные вопросы для российской экономики. Решение данных задач в силу их чрезвычайной сложности и объема информации возможно только на основе методов математического моделирования.

До 80-х годов XX века модели прогнозирования развития энергетического сектора широко применялись для оптимизации структуры ТЭБ страны и союзных республик. Однако в силу ряда причин, а также ограниченных возможностей вычислительной техники в то время они оказались малоэффективными и перестали использоваться. В результате опыт разработок практически оказался утерянным, а изменившиеся экономические условия полностью нивелировали значимость полученных тогда результатов [1].

Экономически развитые страны в настоящее время обосновывают свою энергетическую политику с помощью модельных исследований. К числу наиболее известных моделей относятся: MARKAL, MESSAGE, NEMS и EFOM [2, 3]. Разработка этих моделей связана с большими затратами, особенно в части информационного обеспечения и многолетним опытом использования для решения широкого круга задач, связанных с развитием энергетического сектора. Однако эффект, полученный от использования этих моделей, далеко превосходит затраты, которые были вложены на их создание.

В настоящее время по заказу Департамента по экономическому развитию и инвестициям организацией ОАО «Волгоинформсеть» ведется разработка автоматизированной информационной системы АИС-ТЭБ для целей мониторинга, анализа и прогнозирования топливо-энергетического баланса региона.

По заказу Департамента топливо-энергетического комплекса Министерства промышленности и энергетики Российской Федерации компанией ЗАО «Прогноз» разработана «Автоматизированная система многовариантного краткосрочного прогнозирования развития топливо-энергетического комплекса России», представляющая собой единую программно-технологическую систему для интеграции различных информационных ресурсов и модельных комплексов прогнозирования ситуации в энергетическом секторе.

Институт Энергетических Исследований (ИНЭИ) РАН осуществляет методическое сопровождение регулярных прогнозных макроэкономических расчетов, проводимых по сценариям, которые формируются как самим институтом, так и Министерством экономического развития РФ, таким образом, проводится непрерывный поток исследований с помощью регулярно обновляемого модельного инструментария («Creator», «Digger», «CopyDate», «Модели ЭНергетики в ЭКономике» (МЭНЭК)). В ИНЭИ РАН выполнено научное обоснование к проекту «Энергетической стратегии Российской Федерации на период до 2030 г.»; разработаны рекомендации по ориентирам долгосрочной государственной энергетической политики на основе формирования и

прогнозной оценки сценариев развития российского энергетического сектора, перспективных топливно-энергетических балансов России на период до 2030 г. [4-7].

Рассмотренная методология послужила базой для подготовки первой версии Энергетической стратегии России до 2010 года, многие положения которой в приложении до 2000 года нашли свое подтверждение на практике.

Применение программных комплексов востребовано на уровне различных министерств и ведомств. Однако эти работы имеют целевое назначение и не нашли широкого применения. В таких методах основной акцент делается на экономические показатели и решение задачи планирования и прогнозирования экономического развития.

Использование обширной статистической информации зачастую связано со значительными проблемами, но наибольшую сложность представляет поиск конкретных экономических показателей, таких как: переменные и постоянные затраты, возникающие при эксплуатации оборудования, цена энергоресурса в зависимости от объема продаж, данные, необходимые для построения кривых спроса и предложения.

Сложности в применении подобных программных комплексов возникают из-за необходимости использования в качестве исходной информации значительного количества экономических данных, которые являются труднодоступными и часто изменяемыми, что приводит к значительной неопределенности исходных данных.

Постановка задачи исследований

Отличие разработанного метода моделирования и долгосрочного прогнозирования развития энергетического сектора населенного пункта от существующих технологий исследований заключается в следующем:

- применение технических расчетов;
- наличие информационной сети топливно-энергетического баланса, позволяющей формализованно представить топливно-энергетическое хозяйство в виде совокупности объектов различного типа с использованием соответствующих данному типу хозяйства расчетных уравнений;
- учет инновационных технологических решений;
- возможность детального рассмотрения энергетического хозяйства любой отрасли (ЖКХ, угольной, газовой, нефтеперерабатывающей и т.п.), от энергетического потока в рамках одного предприятия отрасли до энергетического потока регионального уровня.

Составными частями разработанного метода планирования и прогнозирования развития энергетического сектора являются: алгоритм комплексного решения задачи, имитационная модель, база данных, программно-вычислительный комплекс.

1. *Алгоритм* комплексного решения задачи развития энергетического сектора населенного пункта будет состоять из блоков технических расчетов; анализа структуры энергетического сектора и состояния существующих генерирующих технологий; технико-экономического обоснования применения новых единиц оборудования и инновационных технологий с возможностью детального рассмотрения энергетического хозяйства любой отрасли; прогнозирования потребностей в различных видах энергии и темпов роста цен на энергоносители с учетом сложной структуры энергосистемы.

2. *Имитационная модель*. Разработанная имитационная модель основана на применении гибридного моделирования, объединяющего методики «восходящего» и «нисходящего» моделирования, позволяющего оценить потребности в энергии, осуществить выбор инновационных технологий, технические характеристики оборудования, корректировать цены энергоресурсов и энергии с учетом величины спроса. При создании модели для конкретного населенного пункта будет построена информационная сеть, дающая формализованное представление энергетического сектора в виде совокупности объектов различного уровня (ТЭЦ, котельная, тепловой узел, энергетическое оборудование и т.д.), обменивающихся потоками энергии. Каждому типу узла информационной сети энергетического баланса будет соответствовать свой вычислительный блок для решения системы нелинейных уравнений.

Каждый узел i – энергоресурса имеет ограничение:

$$Q_i \leq Q_{\max}, \quad (1)$$

где Q_i , Q_{\max} – возможное и максимальное значения количества энергии в ресурсе, поступающем на преобразование, т.у.т.

Для всех узлов выполнялось уравнение сохранения потока (уравнение энергетического баланса).

Для узлов преобразования и транспорта энергии уравнение энергетического баланса имело вид [8]:

$$\sum_{t=1}^{L_{\text{вых}}} Q_{jrtl}^{\text{вых}} = \sum_{n=1}^{N_{\text{вх}}} Q_{jrtm}^{\text{вх}} \cdot f_j, \quad (2)$$

где $Q_{jrtl}^{\text{вых}}$ – количество энергии на выходе из r – узла преобразования (или транспорта энергии) в год t для всех j – энергопреобразующих технологий, т.у.т.; $Q_{jrtm}^{\text{вх}}$ – количество энергии на входе в r – узел преобразования (или транспорта энергии) в год t для всех j – энергопреобразующих технологий, т.у.т.; f_j – КПД процесса преобразования; $L_{\text{вых}}$ – количество выходных линий; $N_{\text{вх}}$ – количество входных линий.

Для узлов резерва энергии баланс записывался в виде [8]:

$$Q_{rt}^{\text{вых}} = Q_{rt}^{\text{вх}}, \quad (3)$$

где $Q_{rt}^{\text{вх}}$, $Q_{rt}^{\text{вых}}$ – количество энергии на входе и выходе из r – узла резерва энергии в год t , т.у.т.

На все узлы накладывалось условие неотрицательности переменных:

$$Q \geq 0, P \geq 0, \quad (4)$$

где Q – количество энергии, кВт·ч; P – цена энергии, руб./ т.у.т.

В информационной сети применяются узлы шести типов.

Узел «Топливо-энергетические ресурсы».

В соответствии с Методологическими положениями по расчету топливно-энергетического баланса Российской Федерации в соответствии с международной практикой вносятся данные по всем видам энергоресурсов различных агрегированных групп, входящим в ТЭБ населенного пункта [9]. Для построения регрессионной кривой предложения энергоресурсов необходимо задать цены на энергоресурсы за последние 5 лет.

Узел «Преобразование энергии».

В качестве преобразующих технологий рассматриваются энергоустановки, сопоставимые по режиму производства и обеспечению заданной потребности в электрической и тепловой энергии и имеющие более высокие технико-экономические показатели. При расчете экономической эффективности применяются интегральные (дисконтные) показатели.

Узел «Передача энергии».

В узлах передачи энергии рассматриваются трубопроводы, линии электропередач и т.п. При расчете экономической эффективности применяется метод дисконтированных интегральных затрат.

Узел «Распределение энергии».

Принципиальной основой для распределения энергии является предположение, что доли энергетических ресурсов на рынке обратно пропорциональны их ценам, это соответствует гипотезе пропорционального выбора, предложенной Кауфманом. Следует отметить, что данное предположение используется в наиболее известной гибридной модели CIMS (Canadian Integrated Modeling System) [10, 11]. Данная модель отражает развитие технологий в течение длительного с учетом времени их эксплуатации и модификации. Новые рыночные доли технологий, конкурирующих на рынке, моделируются на основании интегральных дисконтированных затрат. При моделировании ситуаций запаздывания между изменением цен на энергоносители и реакцией рынка, выражающейся в изменении размеров рыночных сегментов источников предложения, применяется лаг.

Узел «Формирование цен и тарифов на энергоносители».

В этом узле цена энергии будет скорректирована таким образом, чтобы имитировать налоги, субсидии, государственное регулирование цен. Результирующую цену энергоресурса (энергии) на выходной линии данного узла определим как линейную зависимость от P_{ij}^{ex} :

$$P_{ij}^{exx} = \tau \cdot P_{ij}^{ex} + \varphi, \quad (5)$$

где P_{ij}^{exx} – цена энергоресурса (энергии) на выходе из узла ценового регулирования, руб./т у.т.; P_{ij}^{ex} – цена энергоресурса (энергии) на входе в узел ценового регулирования, руб./т у.т.; τ – относительный ценовой множитель; φ – абсолютное значение прироста (убыли) цен энергоресурсов (энергии), руб./т у.т.

Величины τ и φ определим, исходя из установленных государством налогов и субсидий на добываемые энергоносители и производимые виды энергии.

Если ценовой интервал определен для данного узла (государственное регулирование цен), то вычисленная выходная цена сравнивается с установленными пределами (если цена на выходе больше максимального значения, то она устанавливается равным ему; если цена меньше минимального значения, то она приравнивается к нему):

$$P_{ij}^{\min} < P_{ij}^{exx} < P_{ij}^{\max}, \quad (6)$$

$$\text{если } P_{ij}^{exx} > P_{ij}^{\max}, \text{ то } P_{ij}^{exx} = P_{ij}^{\max}, \quad (7)$$

$$\text{если } P_{ij}^{exx} < P_{ij}^{\min}, \text{ то } P_{ij}^{exx} = P_{ij}^{\min}, \quad (8)$$

где P_{ij}^{\min} , P_{ij}^{\max} – минимальное и максимальное значения цены энергоносителя (энергии), руб./т у.т.

Узел «Конечное потребление».

Данный узел должен указываться в информационной сети для отображения точек конечного потребления, т.е. завершающих энергетические потоки в сети. Этот блок охарактеризуем уравнением количества энергии, отражающим прогноз изменения потребления энергоносителя.

Конечные виды энергии рассмотрим в качестве продуктов (услуг) энергетики. Конечная энергия – это преобразованные виды подведенной потребителям энергии с учетом потерь при преобразовании. При этом учитываются потери энергии при транспорте и трансформации первичных видов энергии во вторичные энергоносители, а также при подводе их к конечным потребителям.

Возможный спрос на энергоносители в решающей степени зависит от темпов экономического развития, изменений в производственной структуре, роста численности населения и его благосостояния. При количественной оценке перспективной динамики энергопотребления учтем влияние на нее научно-технического прогресса и энергосберегающей политики. Выбор метода для прогнозирования энергопотребления в населенном пункте зависит от имеющейся информации и целей прогноза. При отсутствии детально проработанных перспективных сценариев развития населенного пункта для оценки на период до двадцати лет может быть применен двухэтапный метод. Он сочетает в себе учет общероссийских тенденций и региональных особенностей, так как технико-экономическая ситуация в стране оказывает влияние на перспективы развития отдельных территорий, а регионы России отличаются друг от друга по природным, климатическим, демографическим, экономическим и другим характеристикам, обуславливающим их различие в существующих уровнях энергопотребления. Исходной базой для определения энергопотребления по регионам будет прогноз потребности в энергоносителях по стране в целом.

3. *База данных.* При формировании базы данных были учтены существующие и перспективные технологические решения, технико-экономические показатели энергетического оборудования систем различного уровня, климатические условия. Отдельными динамически изменяющимися разделами базы данных являются спрос и потребление энергоресурсов, стоимость энергоносителей.

4. *Программный комплекс.* Разработанная «Программа расчета и планирования развития топливно-энергетического комплекса с учетом инновационных технологических решений использования традиционных и возобновляемых видов энергии» позволяет в режиме интерактивного диалога с пользователем осуществлять комплексный и системный анализ процесса формирования топливно-энергетического баланса населенного пункта [12].

Моделирование энергетического сектора г. Казани

Разработана информационная сеть энергетического сектора г. Казани. На рис. отображены все энергогенерирующие компании города.

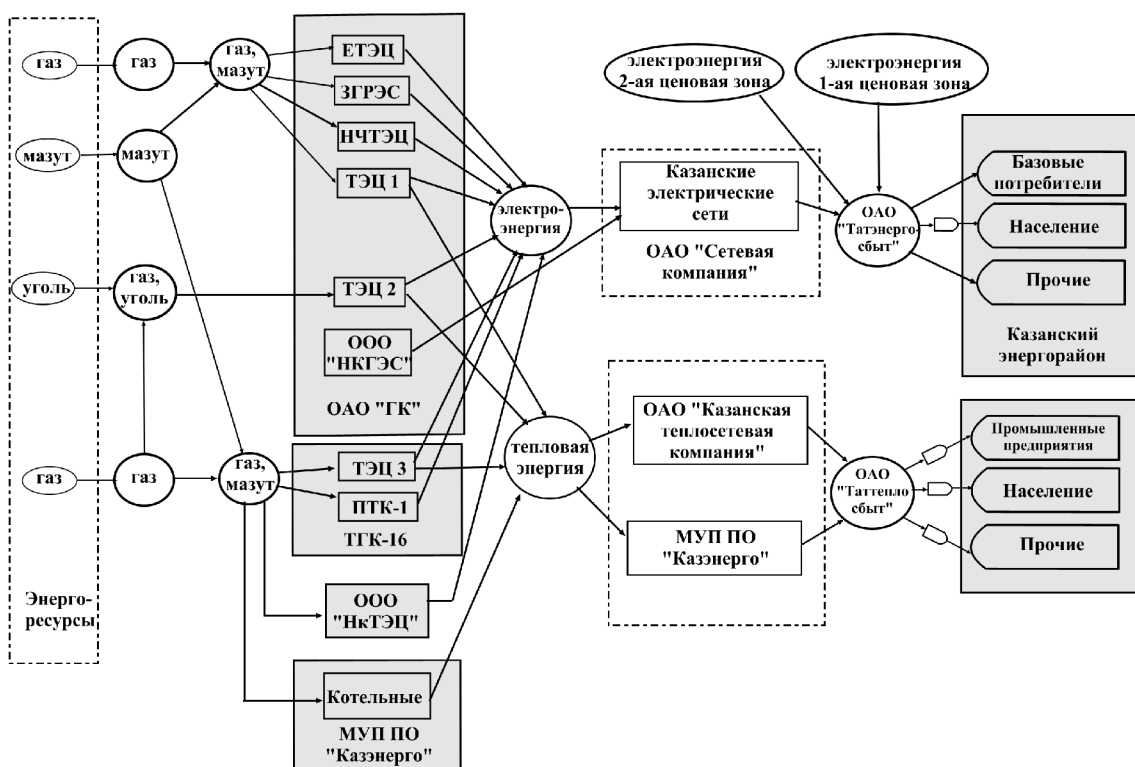


Рис. Информационная сеть энергетического сектора г. Казани

Суммарная установленная электрическая мощность компаний составляет 6 836 МВт, а тепловая мощность – 14 655 Гкал (17 044 МВт). Расходы на топливо в структуре затрат на производство тепловой и электрической энергии составляют порядка 80 %. Основным видом топлива для генерирующих компаний является природный газ. Резервным видом топлива является топочный мазут марки М-100. Исключение – ТЭЦ 2, для которой резервным энергоресурсом является уголь.

Основными факторами роста цен (тарифов) субъектов естественных монополий продолжают оставаться рост цен на топливо, а также включение инвестиционной составляющей в регулируемые тарифы.

Рассмотрено два варианта прогноза роста цен и тарифов на товары и услуги естественных монополий в 2012-2014 годах (табл.).

Первый – основной вариант (используется в качестве расчетного для всех вариантов прогноза) – предусматривает сохранение принятых решений в отношении регулируемых тарифов на услуги естественных монополий. В электроэнергетике предусматриваются действующие механизмы ценообразования, с учетом корректировки для сдерживания роста цен в 2011 году, т.к. в начале года произошел опережающий рост цен и тарифов на электроэнергию по отношению к планируемому уровню.

Таблица

Прогноз роста цен (тарифов) субъектов естественных монополий

	Варианты	2011 г. оценка	Прогноз (годы)		
			2012	2013	2014
ЭЛЕКТРИЧЕСКАЯ ЭНЕРГИЯ (государственное регулирование тарифов для населения)					
Доля потребления по нерегулируемым ценам		76	76	76	76
Рост конечных цен в среднем для всех категорий потребителей	осн.	113-115	111-113	110-112	109-110
	доп.		105-107	106-108	106,5-108,5
Рост регулируемых тарифов в среднем для населения		110	110	110	110
ЭЛЕКТРИЧЕСКАЯ ЭНЕРГИЯ (либерализация цен)					
Доля потребления по нерегулируемым ценам		100	100	100	100
Рост конечных цен в среднем для всех категорий потребителей	осн.	110-112	108-110	107-109	104-106
	доп.		104-106	103-105	105-107
Рост нерегулируемых тарифов в среднем для населения		125	118-120	105-107	106-108
ТЕПЛОВАЯ ЭНЕРГИЯ					
Тепловая энергия	осн.	115-116	110-112	110-111	109-110
	доп.		108-110	108-109	107-108
Тарифы для населения		125-126	125-130	110-111	109-110

Для сохранения роста цен и тарифов на электроэнергию в 2011 году в рамках 13-15 % были приняты исключительные меры, такие как: отмена индексации по плате за мощность по инфляции 2011 года; изменение порядка расчета тарифов на мощность для генерации, работающей в вынужденном режиме, а также для генерации, формировавшей наиболее дорогую часть предложения, с целью снижения стоимости их оплаты; снижение целевых инвестиционных средств ГЭС; увеличение периода «сглаживания» тарифа для ОАО «ФСК ЕЭС»; снижение тарифов для территориальных сетевых организаций, «сглаживание» для ограничения роста тарифов сетевых компаний не более 15 %.

Рост внутренних цен на газ определяется исходя из необходимости сокращения разрыва между доходностью поставок газа на внутренний и внешний рынок и обеспечения необходимого объема инвестиций, при этом ограничителем выступает повышение цен на электроэнергию.

Второй – дополнительный вариант – предполагает усиление в 2011 году мер по повышению эффективности деятельности и ограничения роста цен (тарифов) субъектов естественных монополий. Такой вариант прогноза предполагает снижение прогноза роста цен (тарифов) для предприятий на 2012-2014 гг. до уровня близкого к прогнозу инфляции.

При исследовании вариантов развития энергетического сектора г. Казани за базовые ограничители были приняты ситуационные изменения по поставкам природного газа в регион и присутствие в структуре баланса импорта электрической энергии из других регионов Российской Федерации.

Заключение

Моделирование и долгосрочное прогнозирование развития энергетического сектора населенного пункта позволит обеспечить: оперативный анализ состояния и тенденций развития энергетического сектора на основе построения отчетного топливно-энергетического баланса, выявления угроз, точек «дефицита» и диспропорций развития для

заблаговременного принятия мер, стимулирующих предотвращение кризисных ситуаций и выбора оптимальных путей развития энергетического сектора; оперативное построение прогнозного топливно-энергетического баланса на основе комплексного прогнозирования спроса и предложения на энергоресурсы, инвестиционной, налоговой и ценовой политики, развития транспортной инфраструктуры, экспорта, импорта; сценарные исследования развития кризисных ситуаций, поиск и отработку адекватных управленческих решений.

Список литературы

1. Хоуп Э. Экономика электроэнергетики: рыночная политика. – Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2001. – 448 с.
2. Беляев Л.С. Системные исследования проблем энергетики. – Новосибирск: Наука, 2000. – 558 с.
3. Суслов Н.И. Анализ взаимодействия экономики и энергетики в период рыночных преобразований. – Новосибирск: Издательство ИЭиОПП СО РАН, 2002. – 270 с.
4. Макаров А.А., Шапот Д.В., Лукацкий А.М. и др. Инструментальные средства для количественного исследования взаимосвязей энергетики и экономики // Экономика и математические методы, 2002, № 1. – С. 45-56.
5. Веселов Ф.В., Курилов А.Е., Макарова А.С. Методология прогнозирования и оптимизации развития электроэнергетики в рамках топливно-энергетического комплекса // Сб. научных трудов «Материалы 2-й Международной конференции «Планирование развития энергетики: методология, программное обеспечение, приложения». – М.: ЦНИИАтоминформ, 2004. – С. 54-64.
6. Шапот Д.В., Беленький В.З., Лукацкий А.М. Методы исследования взаимосвязей экономики и энергетики // Известия РАН. Энергетика, 1995, № 6. – С. 13-23.
7. Шапот Д.В., Лукацкий А.М., Герасимов Н.А. Модельно-информационный комплекс специалиста в области управления сложными системами (на примере топливно-энергетического комплекса страны). – М.: Институт энергетических исследований РАН, 1991. – 81 с.
8. Бережная Е.В., Бережной В.И. Математические методы моделирования экономических систем: Учебное пособие. – М.: Финансы и статистика, 2005. – 432 с.
9. Методологические положения по расчету топливно-энергетического баланса Российской Федерации в соответствии с международной практикой // www.businesspravo.ru: Портал поддержки предпринимательской деятельности, 2003-2012. URL: http://www.businesspravo.ru/Docum/DocumShow_DocumID_72009.html (дата обращения 24.04.2012).
10. Rivers N., Jaccard M. Combining top-down and bottom-up approaches to energy-economy modeling using discrete choice methods // The energy journal, 2005, № 29. – P. 98-108.
11. Koopmans C.C., Velde D.W. Bridging the energy efficiency gap: using bottom-up information in a top-down energy demand model // Energy Economics, 2001, № 23. – P. 57-75.
12. Караева Ю.В. Метод планирования топливно-энергетического баланса региона // Новые промышленные технологии, 2009, № 6. – С. 21-26.

Karaeva Iu.V. – candidate of technical sciences

E-mail: julieenergy@list.ru

Daminov A.Z. – candidate of technical sciences

E-mail: daminov@list.ru

Solomin I.N. – post-graduate student

E-mail: solill@yandex.ru

Research center of power engineering problems Kazan scientific center Russian Academy of Sciences

The organization address: 420111, Russia, Kazan, Lobachevsky st., 2/31

Sadykov R.A. – doctor of technical sciences, professor

E-mail: sadykov_r_a@mail.ru

Kazan State University of Architecture and Engineering

The organization address: 420043, Russia, Kazan, Zelenaya st., 1

Modeling and long-term forecasting of the township energy sector development

Resume

Forecasting method of the township energy sector development is developed. It consists of algorithm for complex problem solving, simulation model, database and software computer system. Existing and future technology solutions are taken into account in the database formation. The model of the energy sector of Kazan is developed.

The development of hybrid models represents an important step in energy economy modeling, as hybrid models embody the most useful features of both top-down (or partial equilibrium) and bottom-up models (mainly computable general equilibrium models). Hybrid models explicitly represent technologies in a similar way to bottom-up models, thus enabling policy makers to understand the effects of technology-specific policies on energy consumption and the economy. However, to simulate consumer choice between alternative technologies and processes, hybrid models diverge from bottom-up models to use the behaviorally realistic approach of top-down models, resulting in a simulation model rather than an optimization model, which is ultimately of more use to policy makers.

The primary challenge in developing a representative hybrid model lies in specifying the algorithm to simulate consumer choice between alternative technologies. The algorithm needs to capture the fundamentals of consumer behavior at a disaggregate level. This essentially involves estimating the empirically derived aggregate parameters used in top-down modeling at a technology specific level.

Keywords: modeling, long-term forecasting, energy sector, township.

References

1. Hope E. Economics of electric energy market policy. – Novosibirsk: Publishing House of the Russian Academy of Sciences, 2001. – 448 p.
2. Belyaev L.S. System Studies of Energy. – Novosibirsk: Nauka, 2000. – 558 p.
3. Suslov N.I. Analysis of the interaction between the economy and energy in the period of market reforms. – Novosibirsk: Publishing IEOPP Russian Academy of Sciences, 2002. – 270 p.
4. Makarov A.A., Shapot D.V., Lukatsky A.M. Tools to quantitatively study the relationship of energy and economy // Economics and Mathematical Methods, 2002, № 1. – P. 45-56.
5. Veselov F.V., Kurilov A.E., Makarova A.S. The methodology of forecasting and optimization of power development in the energy sector // The collection of proceedings «Materials of 2th International Conference «Planning for Energy: methodology, software, applications» – M.: CNIIAtominform, 2004. – P. 54-64.
6. Shapot D.V., Belenky V.Z., Lukatsky A.M. Methods for studying the relationship of economy and energy // Izvestiya RAS. Energy, 1995, № 6. – P. 13-23.
7. Shapot D.V., Lukatsky A.M., Gerasimov N.A. Model-information complex expert in the management of complex systems (for example, the fuel and energy complex of the country). – New York: Institute for Energy Studies, 1991. – 81 p.
8. Berezhnaya E.V., Berezhnoy V.I. Mathematical modeling of economic systems: the manual. – M.: Finance and Statistics, 2005. – 432 p.
9. Methodological principles for the calculation of the fuel and energy balance of the Russian Federation in accordance with international practice // www.businesspravo.ru. URL: http://www.businesspravo.ru/Docum/DocumShow_DocumID_72009.html (reference date: 04.24.2012).
10. Rivers N., Jaccard M. Combining top-down and bottom-up approaches to energy-economy modeling using discrete choice methods // The energy journal, 2005, № 29. – P. 98-108.
11. Koopmans C.C., Velde D.W. Bridging the energy efficiency gap: using bottom-up information in a top-down energy demand model // Energy Economics, 2001, № 23. – P. 57-75.
12. Karaeva Yu.V. The method of planning the energy balance of the region // New Industrial Technology, 2009, № 6. – P. 21-26.