

МОДЕЛИ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОГО РАЗВИТИЯ СУБЪЕКТА РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Хасаев Г.Р.¹, Цыбатов В.А.²

Самарский государственный экономический университет, г. Самара

Ключевые слова: регион, энергоэффективное развитие, энергетические индикаторы, моделирование, прогнозирование, стратегическое планирование.

Экономическое развитие должно быть энергоэффективным. В настоящее время этот тезис становится все более актуальным, в том числе и в регионах, что подтверждается острой востребованностью информационных технологий, которые позволяли бы региональным органам власти формировать отчетные и прогнозные топливно-энергетические балансы, на их основе оценивать энергоэффективность и энергобезопасность региональной экономики, в том числе, энергоемкость ВРП, осуществлять научно обоснованные прогнозы последствий принимаемых управленческих решений, формировать сбалансированные системы целевых ориентиров энергоэффективного развития региона и оценивать их достижимость.

В литературе описано большое количество систем поддержки управленческих решений в энергетике – от систем, область применения которых ограничивается управлением отдельными энергоносителями, до сложных систем, рассматривающих энергетику в целом как неотъемлемую часть экономики [3,4,6]. В статье [7] исследуются теоретические и эмпирические проблемы, возникающие при создании систем моделей «энергетика–экономика», используемых для краткосрочного и среднесрочного прогнозирования. Важнейшим компонентом любой системы поддержки управленческих решений в энергетике является модель топливно-энергетического комплекса (ТЭК) и ее связи с остальной экономикой. В статье [8] сделан обзор более 250 энергетических моделей, широко используемых в разных странах для целей анализа и прогнозирования развития энергетики.

Однако наибольший прагматический интерес представляют российские исследования в сфере моделирования и прогнозирования энергетики, поскольку в них в большей степени учитываются особенности национальных институтов управления и статистического описания объектов моделирования. Наиболее продвинутая технология прогнозирования энергетического развития разработана в Институте Энергетических исследований РАН (ИНЭИ РАН) [4]. Эта технология уже много лет используется для прогнозирования российской энергетики. Главной особенностью этой технологии является формирование непротиворечивой и взаимосогласованной системы прогнозов объемов

¹Доктор экономических наук, и.о. ректора Самарского государственного экономического университета.

²Доктор экономических наук, профессор кафедры Региональной экономики и управления.

потребления энергоресурсов экономикой страны и объемов производства основных видов топлива и энергии отраслями ТЭК. Анализ литературных источников показывает, что систем, подобных разработанной в ИНЭИ РАН, на региональном уровне на настоящий момент нет, а близкие по сути зарубежные разработки не учитывают важные особенности российской региональной энергетики и не имеют адекватной информации в необходимой детализации.

Целью настоящего исследования являлась разработка методов, моделей и информационных технологий для поддержки управленческих решений органов региональной власти в задачах повышения энергоэффективности и энергобезопасности региональной экономики. Разработанные методы и информационные технологии оформлены в виде прогнозно-аналитического комплекса «Энергетика», нацеленного на прогнозирование и стратегическое планирование энергоэффективного развития региона.

Формальная постановка задачи

Задача энергоэффективного развития региона сводится к поиску согласованных сценариев развития ТЭК и экономики региона, при которых достигается максимальное приближение индикаторов регионального развития к целям, характеризующим развитие региональной экономики как *энергоэффективное* с точки зрения эффективности процессов производства, преобразования, распределения и конечного потребления всех видов ТЭР.

Обозначим индикаторы регионального развития $E(t) = [E_{econ}(t), E_{ener}(t)]^T$, где E_{econ} - вектор индикаторов, характеризующий социально-экономическое развитие региона (уровень благосостояния населения и потенциал региональной экономики), а E_{ener} - вектор энергоиндикаторов, характеризующий развитие региональной экономики с точки зрения энергоэффективности. Обозначим $E^0(t) = [E_{econ}^0(t), E_{ener}^0(t)]^T$ - вектор целевых значений, установленных для индикаторов развития на горизонте стратегирования $[0, t_T]$ в точках $t = t_1, t_2, \dots, t_T$, причем, вектор целевых установок для энергоиндикаторов $E_{ener}^0(t)$ имеет смысл целевого плана энергоэффективного развития.

Формально задачу энергоэффективного развития региона (субъекта РФ) можно свести к следующей задаче многокритериальной оптимизации:

$$\|E(U, t) - E^0(t)\| \rightarrow \min_{U(t) \subset D_U}; \quad t = t_1, t_2, \dots, t_T; \quad (1)$$

$$E(U, t) = M_E(R, U, t); \quad (2)$$

$$dR(t)/dt = M_R(R, U, t); \quad (3)$$

$$R(t) \subset D_R(U, t). \quad (4)$$

Здесь: $M_E(R, U, t)$ - модель наблюдения, позволяющая рассчитывать оценки значений индикаторов $E(t)$ для того или иного сценария развития региональной экономики и ТЭК:

$$U(t) = [U_{econ}(t), U_{FEC}(t)]^T, \quad U(t) \subset D_U, \quad (5)$$

где:

$U_{econ}(t)$ - вектор сценарных параметров развития региональной экономики;

$U_{FEC}(t)$ - вектор сценарных параметров развития ТЭК;

D_U - пространство управленческих решений;

$R = [r_1, r_2, \dots, r_m]^T$ - вектор ресурсов региона;

$M_R(R, U, t)$ - модель региона;

$D_R(U, t)$ - ресурсные ограничения.

Модели и методы решения

Решение задачи (1) – (4) во многом зависит от выбранной системы индикаторов $E(t)$ и целевых установок для них $E^0(t)$, которые должны ответить на вопрос, какое экономическое развитие рассматривается как энергоэффективное с точки зрения эффективности процессов производства, преобразования, распределения и конечного потребления ТЭР. При формировании системы экономических индикаторов E_{econ} авторы опирались на предложения комиссии Стиглица-Сена-Фитусси [9], в которых предлагается выделять следующие компоненты благосостояния: материальные условия жизни (экономическое благосостояние), качество жизни (немонетарная характеристика благосостояния) и воспроизводственный потенциал экономики.

При формировании системы энергоиндикаторов E_{ener} авторами использовались нормативно-правовые документы, определяющие понятия «энергоемкость», «энергоэффективность», «энергобезопасность» и «энергосбережение» (ГОСТ 31607-2012; ГОСТ 31532-2012), а также материалы Европейской комиссии по энергетике [5]. При подборе энергоиндикаторов учитывались требования полноты, непротиворечивости, а также статистической измеримости индикаторов, то есть, чтобы используемые индикаторы рассчитывались региональной статистикой.

Поскольку ТЭК региона тесно связан с другими секторами экономики и сторонами жизни общества, то модель ТЭК разрабатывалась в составе модели социально-экономической деятельности региона в целом. За основу взята модель субъекта РФ, разработанная авторами в классе CGE-моделей [1,2]. В основу модели ТЭК положен региональный топливно-энергетический баланс (ТЭБ), связывающий воедино процессы производства, преобразования и конечного потребления всех видов ТЭР, используемых в регионе. При формировании регионального ТЭБ использовалась официальная методология составления ТЭБ субъектов РФ (Министерство энергетики РФ. Приказ от 14 декабря 2011 года №600) и Российской Федерации (Федеральная служба государственной статистики. Приказ от 4 апреля 2014 года N 229), а также рекомендации МЭА и Евростата (Key World Energy STATISTICS, 2014; Energy balances of non-OECD countries, 2015).

Авторами разработана информационная технология прогнозирования сбалансированного развития экономики и ТЭК, в рамках которой обеспечивается сведение и итеративное согласование прогнозов энергопотребления и производства энергоресурсов на основе формирования регионального ТЭБ. Новизной этой методологии является то, что ТЭБ, формируемый в рамках модели ТЭК, является частью общего регионального продуктивно-секторного баланса, формируемого для региона в целом и играющего роль «баланса балансов», что позволяет через межбалансовые связи моделировать взаимовлияние ТЭК и остальной экономики. Поиск оптимального решения проводится методом итераций с помощью специально разработанного решателя [2]. Разработанная технология апробирована при прогнозировании развития Самарской области по сценариям Энергетической стратегии России на период до 2035, адаптированным для субъекта РФ.

Стратегическое планирование энергоэффективного развития субъекта РФ сведено к поиску согласованных сценариев развития ТЭК и экономики региона, при которых достигается максимальное приближение к целевым установкам для предложенной системы экономических и энергетических индикаторов.

Введем критерий Φ , характеризующий суммарное относительное отклонение вектора индикаторов $E(t) = [E_{econ}(t), E_{ener}(t)]^T = [e_1(t), e_2(t), \dots, e_N(t)]^T$ от целевых траекторий $E^0(t) = [E_{econ}^0(t), E_{ener}^0(t)]^T = [e_1^0(t), e_2^0(t), \dots, e_N^0(t)]^T$ в точках измерения $t \in [t_1, t_2, \dots, t_T]$:

$$\Phi(U, t) = \left\{ \sum_{i=1}^N \left\{ g_i \sum_{k=1}^T \left| \frac{e_i(U(t_k))}{e_i^0(t_k)} - 1 \right| \right\} \right\}. \quad (6)$$

где:

N - общее количество индикаторов (экономических и энергетических);

g_i - значимость (вес) i -го индикатора;

T - количество точек на интервале стратегирования.

Задача поиска энергоэффективного варианта развития сведется к следующей задаче оптимизации: найти допустимый сценарий развития экономики региона и ТЭК $U(t)$, минимизирующий общую «неудовлетворенность» от недостижения целей $E^0(t)$, установленных для общей системы индикаторов $E(t)$ в точках $t = t_1, t_2, \dots, t_T$ на горизонте стратегирования:

$$\min_{U(t) \in D_U} \Phi(U(t)) = \min_{U(t) \in D_U} \left\{ \sum_{i=1}^N \left\{ g_i \sum_{k=1}^T \left| \frac{e_i(U(t_k))}{e_i^0(t_k)} - 1 \right| \right\} \right\}. \quad (7)$$

Здесь индикаторы $e_1(U(t))$, $e_2(U(t))$, ..., $e_N(U(t))$ рассчитываются на модели региона $M_E(U, t)$ при решении прямой задачи сценарного прогнозирования (2)-(4) для сценария развития $U(t)$, принадлежащего

пространству управленческих решений D_U , заданному в виде допустимых интервалов регулирования сценарных параметров.

В статье [1] предложен эффективный матричный метод решения задачи (7) для многих десятков целей (N), сотен управляющих переменных и глубоких горизонтов прогнозирования (T). Разработанный на основе матричного метода решатель автоматически формирует сценарии развития, при которых значения индикаторов $E(t)$ максимально близко приближаются к установленным целям $E^0(t)$ с учетом значимости этих индикаторов (весов g_i) и ресурсных ограничений на управляющие воздействия $U(t)$.

Благодарность

Доклад подготовлен в рамках государственного задания Министерства образования и науки РФ №26.4131.2017/ПЧ, проект «Разработка методов и информационных технологий макроэкономического моделирования и стратегического планирования энергоэффективного развития топливно-энергетического комплекса субъекта Российской Федерации».

Список использованных источников:

1. Цыбатов, В.А. Модели и методы стратегирования регионального развития. Вестн. Самар. гос. экон. ун-та, 2015, №3 (125), с. 49-66.
2. Цыбатов В.А. Макроэкономическое моделирование, прогнозирование и планирование регионального развития / Самара: Изд-во Самарск. гос. экон. ун-та. 2016. -316 с.
3. Эволюция мировых энергетических рынков и ее последствия для России / под ред. А.А. Макарова, Л.М. Григорьева, Т.А. Митровой. – М. ИНЭИ РАН-АЦ при Правительстве РФ, 2015. – 400 с.
4. SCANNER - модельно-информационный комплекс. ИНЭИ РАН, 2011. – 74 с.
5. European Commission. Energy Efficiency. URL: <https://ec.europa.eu/energy/en/topics/energy-efficiency>.
6. Borges A.R., Antunes C.H. A fuzzy multiple objective support model for energy-economy planning // European Journal of Operational Research. – 2003. - №145, - P. 304-316.
7. Capros P., Karadeloglou P., Mentzas G., Samouilidis J. E. Short and medium-term modeling and problems of models linkage // Energy. – 1990. -№15. – P. 301–324.
8. Jebaraj S., Iniyar, S. A review of energy models // Renewable and Sustainable Energy Reviews. – 2006. - №10. – P. 281–311.
9. Stiglitz, J.E., Sen, A. and J. Fitoussi. 2009. “Report by the Commission on the Measurement of Economic Performance and Social Progress,” CMEPSP [Электронный ресурс. URL: http://www.stiglitz-sen-fitoussi.fr/documents/rapport_anglais.pdf.