



Munich Personal RePEc Archive

Analysis of approaches to energy security regions

Karpov, Valery

Omsk Branch of the Financial University under the Government of the Russian Federation

7 December 2012

Online at <https://mpra.ub.uni-muenchen.de/59296/>

MPRA Paper No. 59296, posted 16 Oct 2014 00:03 UTC

АНАЛИЗ ПОДХОДОВ К ОБЕСПЕЧЕНИЮ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ РЕГИОНОВ

Карпов В.В., Карпов М.В., Косарев Н.А.
Финансовый университет при Правительстве Российской Федерации

ANALYSIS APPROACHES TO ENSURE REGION'S ENERGY SECURITY

Karpov V.V., Karpov M.V., Kosarev N.A.
Financial University under the Government of the Russian Federation

***Аннотация:** Статья посвящена анализу моделей и методов их решения для оптимизации различных параметров энергосистем: модели целочисленного линейного программирования, нечеткой логики и стохастического программирования. В статье отмечается, что выбор той или иной методики определяется целями расчета, особенностью условий энергообеспечения региона, наличием или отсутствием собственных энергоресурсов в регионе и т.д. С точки зрения обеспечения энергетической безопасности для региона, не имеющего собственных топливно-энергетических ресурсов, по мнению авторов, наиболее подходящими с экономической точки зрения являются модели MARKAL (Market Allocation) и оптимизационная модель EFOM (Energy Flow Optimization Model). Эти модели рассматривают энергетическую безопасность региона с общих позиций и позволяют оптимизировать все потоки энергоресурсов на территории региона.*

***Abstract:** This article analyzes the models and methods of their solutions for the optimization of the various parameters of power systems: a model of integer linear programming, fuzzy logic and stochastic programming. The article notes that the choice of this or that technique is determined by the objectives of the calculation, in particular the conditions of energy supply in the region, the presence or absence of domestic energy resources in the region, etc. From the point of view of energy security for the region, not having its own energy resources, according to the authors, the most appropriate from an economic point of view, are the model MARKAL (Market Allocation) and optimization model EFOM (Energy Flow Optimization Model). These models consider the energy security of the region with a common ground and allow you to optimize all the flows of energy in the region.*

***Ключевые слова:** энергосистема, энергетическая безопасность, MARKAL, EFOM, энергетические ресурсы, экономическая модель.*

***Keywords:** energy system, energy security, MARKAL, EFOM, energy resources, the economic model.*

Проблема энергетической безопасности стояла перед человечеством во все времена и ее актуальность со временем лишь возрастает. Истощение запасов первичных топливно-энергетических ресурсов (ТЭР), удорожание их добычи и транспортировки, и, кроме того, их отсутствие в ряде регионов, зачастую служат причиной возникновения сложных экономических и, как следствие, политических ситуаций, разрешаемых, в том числе, силовыми методами. Среди множества факторов, влияющих на положение с энергетическими ресурсами в регионах, одним из основных является, собственно, наличие первичных топливно-энергетических ресурсов непосредственно в регионе. При их отсутствии обеспечение энергетической безопасности значительно усложняется и требует других подходов к решению названной проблемы.

В настоящее время существует ряд методов и подходов, которые позволяют с разной степенью приближения обеспечивать регионы энергетическими ресурсами. Критерии оценки оптимальности обеспечения регионов ресурсами основаны на разных толкованиях понятия «энергетическая безопасность». В отсутствие однозначного и устоявшегося определения можно, в качестве примера, привести две формулировки. После нефтяного кризи-

са в 1973 г. Международное энергетическое агентство определило энергетическую безопасность как «уверенность в том, что энергия будет иметься в распоряжении в том количестве и того качества, которые требуются при данных экономических условиях» [4]. В трудах отечественных специалистов встречается другая формулировка: «Энергобезопасность – это состояние защищенности граждан, общества, государства, экономики от угроз дефицита в обеспечении их потребностей в энергии экономически доступными энергетическими ресурсами приемлемого качества, от угроз нарушений бесперебойности энергоснабжения» [1].

Формулировка российских ученых основана на особенностях построения топливно-энергетического комплекса страны и характеризуется тремя главными факторами:

1. способностью топливно-энергетического комплекса обеспечивать достаточное предложение топливно-энергетических ресурсов;
2. способностью экономики рационально расходовать энергоресурсы и соответственно ограничивать свой спрос;
3. достаточным уровнем устойчивости топливно-энергетического комплекса страны при реализации потенциальных угроз энергетической безопасности.

Одним из основных поставщиков энергии в топливно-энергетическом комплексе страны являются энергетические системы. Поэтому проблема энергетической безопасности и методы ее обеспечения занимают важное место в развитии энергетических систем и характеристике ее деятельности. Понятие энергетической безопасности рассматривается во взаимосвязи с такими понятиями как надежность, живучесть и безопасность систем энергетики.

Эти характеристики используются для исследования режимов энергетических систем, имея при этом общие и отличительные особенности в содержательном аспекте (Таблица 1) [2]. При этом энергетическая безопасность как наиболее общее понятие характеризует состояние обеспеченности энергоресурсами с учетом экономических и социально-политических факторов применительно к региону и стране. Необходимо отметить, что некорректно исследовать энергетическую безопасность в отрыве от указанных понятий.

Важность решения проблемы энергетической безопасности обуславливает интерес к ней различных государственных и негосударственных организаций. Причины интереса разные: экономические, политические, социальные. Но, если речь идет о системных профессиональных исследованиях, то можно выделить два института: Институт систем энергетики им. Л.А. Мелентьева СО РАН [5] и Институт энергетических исследований РАН [3]. Институты выделены с позиций комплексного подхода к решению проблемы энергетической безопасности, наличию разработанных и проверенных на практике моделей.

Табл. 1. Анализ энергетической безопасности и близких понятий

Основные факторы	Анализируемые понятия			
	Надежность Reliability	Живучесть Survivability, Security	Безопасность Safety	Энергетическая безопасность Energy security
Научная (философская) категория	Свойство	Свойство	Свойство	Состояние
Атрибут принадлежности	Объекты (системы) энергетики			Государство, общество, экономика
События	Отказы	Массовые (с каскадным развитием) отказы элементов	Опасные воздействия на людей и окружающую среду	Реализация угроз энергетической безопасности

Основные факторы	Анализируемые понятия			
	Надежность Reliability	Живучесть Survivability, Security	Безопасность Safety	Энергетическая безопасность Energy security
Причины событий	Дефекты оборудования и систем управления, ошибочные действия людей			Те же причины, а также экономические, социально-политические; внешние политические и экономические факторы
Последствия событий	Потеря производственной мощности, снижение резервов, недоотпуск энергоресурсов, нарушение бесперебойности энергоснабжения	Недоотпуск энергоресурсов с массовым нарушением питания потребителей	Ущерб здоровью и гибель людей, ухудшение состояния окружающей среды	Значительный недоотпуск энергоресурсов, нарушение бесперебойности энергоснабжения. Энергетический кризис. Ослабление экономической и в целом национальной безопасности

Анализ моделей и методик, имеющих отношение к энергетической безопасности, позволяет сделать вывод о некоторых общих чертах к решению проблемы энергообеспечения страны и регионов. Оставляя вне рамок обсуждения адекватность предлагаемых моделей реально происходящим процессам, можно выделить основные вопросы, которые анализируются в этих моделях и методиках при решении задач энергообеспечения.

Предлагаемые подходы к исследованию и оценке энергетической безопасности страны и регионов, а также вариантов корректировки направления развития систем энергетики и топливно-энергетического комплекса с точки зрения энергетической безопасности выделяют и систематизируют основные стратегические угрозы энергетической безопасности. Среди них: дефицит инвестиций, энергетическая расточительность экономики, низкие темпы преодоления ценовых перекосов между газом и углем, трудности с переброской топливно-энергетических ресурсов из Сибири в европейскую часть России, устаревание основных производственных фондов, доминирующая роль природного газа в топливно-энергетических балансах регионов европейской части России и др.

Часто основным методом изучения возможных вариантов развития топливно-энергетического комплекса с точки зрения энергетической безопасности является сценарное моделирование (рис. 1), при котором рассматриваются возможные реализации выявленных стратегических угроз: где, когда, как и в каком масштабе они будут проявляться.



Рис. 1. Алгоритм построения сценарных моделей

В ряде случаев рассматривается некоторый ориентированный граф логически возможных вариантов развития системы энергообеспечения, в котором вершины соответствуют состояниям системы в определенный момент времени, а дуги между ними – переходам из одного состояния в другое в результате некоторого внешнего воздействия или события.

Для количественного оценивания ситуации (состояния системы энергообеспечения) и принятия решений по обеспечению нужного уровня энергетической безопасности вводится набор индикаторов важнейших характеристик системы, описывающих ее состояние. Значения индикаторов могут варьироваться от нормального до предкризисного и кризисного. В зависимости от этого классифицируется состояние системы в целом.

Чтобы определить значения индикаторов, необходимо рассчитать оптимальные параметры функционирования системы в заданном состоянии. Для этого в ИСЭМ СО РАН, например, используется двухуровневая математическая модель, на верхнем уровне которой задаются технологические параметры производства и транспортировки отдельных видов топлива и энергии, ограничения по возможностям складирования этих ресурсов и потребности в них отдельных категорий потребителей.

В результате решения задачи верхнего уровня получается оптимальная интенсивность использования различных технологических способов функционирования энергетических объектов, а также объемы потребления отдельных видов топлива и энергии имеющимися категориями потребителей. В качестве критерия оптимизации при этом используется функция, которая минимизирует издержки, связанные с функционированием отраслей топливно-энергетического комплекса, ущерба от дефицита ресурсов у потребителей и ущерба от ненакопления запасов энергоресурсов [5].

На нижнем уровне рассматриваются отраслевые потоковые модели для оценки возможности удовлетворения спроса потребителей в объемах, определенных при решении задачи на верхнем уровне, учитывая состояние сетей снабжения. Благодаря возможности оценивать любое состояние системы энергетики страны или региона с помощью предложенной двухуровневой модели и индикативных показателей, на рассматриваемом графе развития системы становится возможным выбрать рациональную с точки зрения энергетической безопасности траекторию.

Электроэнергетику России как целостную производственно-хозяйственную систему с разнообразными внешними и внутренними технологическими и финансово-экономическими связями моделирует, например, Институт энергетических исследований РАН. Основным инструментом, задающим целостность и структуру системы – совокупность натуральных и финансовых балансов, рассматриваемых в динамике.

Целью моделирования является определение наиболее перспективных вариантов долгосрочного развития отрасли при выполнении условий сбалансированности спроса на электроэнергию и тепло, ресурсов топлива, инвестиционных возможностей, экологической нагрузке. В предлагаемом методе исследования имитационно-расчетный подход, использующий экспертное мнение для оценки устойчивости решения, выполнения различных социально-политических, регуляторных ограничений, сочетается с оптимизационной моделью линейного программирования, с помощью которой осуществляется сведение рассматриваемой системы балансов [3].

Модель допускает достаточно высокую степень детализации (до уровня отдельных электростанций и энергокомпаний) и включает в себя блоки ограничений следующих типов: ресурсные (наличие в требуемых объемах топлива для электростанций различного типа), производственные (мощность генерации, потребности в электро- и теплоэнергии), инвестиционные (определение наилучших вариантов технического перевооружения действующих и строительства новых электростанций), финансовые (оптимизация ресурсов для обеспечения инвестиционной программы за счет внутренних и внешних источников финансирования). Зависимость между переменными различных блоков также отражена в ограничениях модели. Оптимальность рассматривается в смысле минимальных суммарных за период планирования затрат на развитие и функционирование электроэнергетики и топливных отраслей.

Имитационно-расчетный подход используется до расчета оптимизационной модели: для отсека экономически не перспективных и не рациональных вариантов развития отдельных энергетических объектов с целью уменьшения размерности задачи, и после:

для «настройки» параметров полученной производственной структуры с целью повышения его устойчивости к изменениям не всегда просчитываемых внешних факторов.

Среди зарубежных разработок следует отметить семейство моделей MARKAL (Market Allocation) [6] и оптимизационную модель EFOM (Energy Flow Optimization Model) [7]. В EFOM, например, энергосистема моделируется как множество ресурсо- и энергопотоков между участниками системы (рис. 2). Потоки могут существовать в действительности либо моделировать возможное развитие энергосистемы и ее компонентов. Участники энергосистемы представлены на 4 иерархических уровнях:

1. сектора (например, нефтедобыча, нефтепереработка, электрогенерация, промышленность, частный сектор);
2. субъекты – компании-переработчики топливных ресурсов, генерирующие компании, крупные потребители тепло- и энергоресурсов;
3. мощности – единицы оборудования субъектов, служащие для транспортировки, переработки ил генерации электроэнергии;
4. процессы – технологические процессы на оборудовании субъектов.

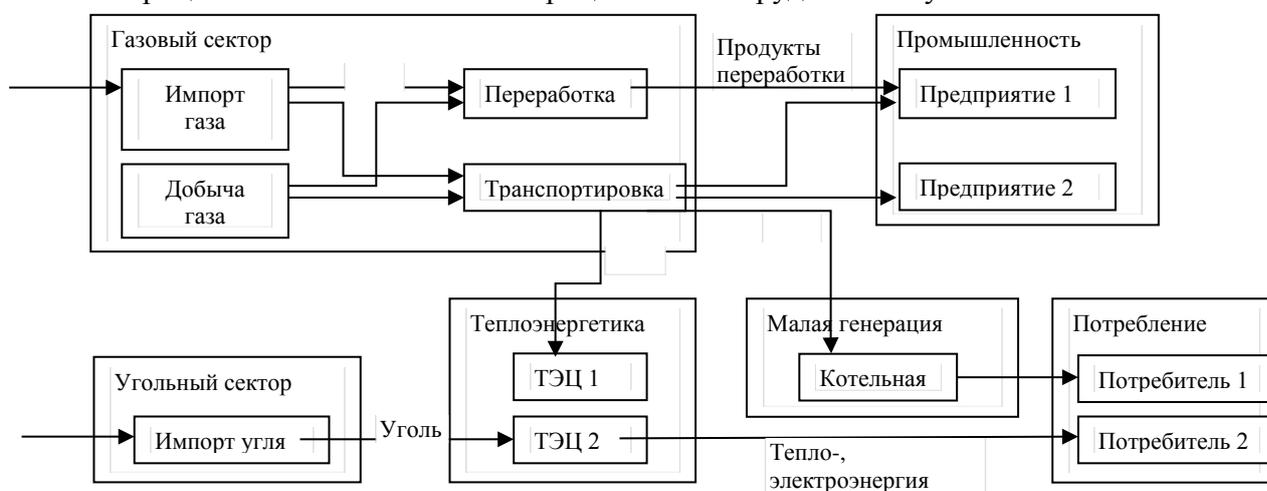


Рис. 2. Модель энергосистемы EFOM

Процессы, как правило, характеризуются своими параметрами, а также видом исходного и переработанного энергоносителей. Подобная иерархическая структура позволяет производить анализ нужного уровня детализации.

Ограничения модели задают условия баланса входящих и исходящих энергетических потоков для каждого субъекта энергетической системы в течение моделируемого периода, учитывая сезонность спроса на тепло- и электроэнергию, а также неравномерность загрузки в течение дня. Для каждой единицы оборудования известны ограничения по мощности и сроку эксплуатации. В качестве целевой функции выбирается минимум дисконтированной стоимости функционирования энергосистемы. В силу ее простоты, масштабируемости и гибкости, данная модель была рекомендована комиссией ЕС для использования странами-членами ЕС.

Модели семейства MARKAL нашли успешное применение более чем в 40 странах мира. Как и во многих других подходах к исследованию систем энергетики, здесь рассматриваются энергетические потоки, связывающие между собой различные сектора экономики.

Отдельно следует отметить, что используемые технологии переработки и генерации рассматриваются как настраиваемые параметры модели, поэтому использование моделей MARKAL позволяет оценивать преимущества и недостатки отдельных технологий при планировании развития энергосистемы, оценке ее эффективности, безопасности и экологичности. В настоящее время данный подход широко используется с применением линейного, нелинейного, целочисленного, стохастического программирования и даже с использованием метода Монте-Карло.

Существует также значительное количество альтернативных моделей и методов их решения для оптимизации различных параметров энергосистем. Например, авторы работы [8] предлагают планировать долгосрочное функционирование региональной энергетической системы в условиях неопределенности на основе модели целочисленного линейного программирования, нечеткой логики и стохастического программирования.

Существуют и другие имитационные модели и методики, которые имеют разную сложность и области применения (электроэнергетика, топливно-энергетические ресурсы, энергобалансы регионов и т.д.). Выбор той или иной методики определяется целями расчета, особенностью условий энергообеспечения региона, наличием или отсутствием собственных энергоресурсов в регионе и т.д.

С точки зрения обеспечения энергетической безопасности для региона, не имеющего собственных топливно-энергетических ресурсов, по мнению авторов, наиболее подходящими с экономической точки зрения являются модели MARKAL (Market Allocation) и оптимизационная модель EFOM (Energy Flow Optimization Model). Эти модели рассматривают энергетическую безопасность региона с общих позиций, отмеченных в вышеприведенных понятиях, и позволяют оптимизировать все потоки энергоресурсов на территории региона.

Список литературы:

1. Воропай Н.И., Клименко С.М., Криворучий Л.Д. и др. О сущности и основных проблемах энергетической безопасности России // Известия РАН. Энергетика. – 1996. – № 3. – С. 38-49.
2. Воропай Н.И., Славин Г.Б., Чельцов М.Б. О формировании терминологии в области энергетической безопасности / Энергетическая политика России на рубеже веков. Т. 1. – М.: Папирус ПРО, 2001. – С. 157-166.
3. Веселов Ф.В., Волкова Е.А., Курилов А.Е., Макарова А.С., Хоршев А.А. Методы и инструментарий прогнозирования развития электроэнергетики. // Известия РАН. Энергетика. – 2010. – № 4. – С. 82-94.
4. Energy Dictionary / World Energy Council. – Paris: Jouve SI, 1992. – 635 p.
5. Системные исследования в энергетике: Ретроспектива научных направлений СЭИ-ИСЭМ / Отв. ред. Воропай Н.И. – Новосибирск: Наука, 2010. – 686 с.
6. Kannan R., Ekins P., Strachan N. The structure and use of the UK MARKAL model / International Handbook on the Economics of Energy. Vol. 140. – Edward Elgar Publishing, 2009. – P. 285-310.
7. Grohnheit P.E.. Economic interpretation of the EFOM model / Energy Economics. Vol. 13. – 1991. – № 2. – P. 143-152.
8. Cai Y.P., Huang G.H., Tan Q. An inexact optimization model for regional energy systems planning in the mixed stochastic and fuzzy environment // Int. J. Energy Res. – Vol. 33. – 2009. – P. 443-468.

Опубликовано: Карпов В.В., Карпов М.В., Косарев Н.А. Анализ подходов к обеспечению энергетической безопасности регионов / Актуальные вопросы развития региональной экономики: Материалы Междун. науч.-практ. конф. (7 дек. 2012 г.). – Омск: Параграф, 2012. – С. 57-61. – ISBN 978-5-87367-185-4. (Доступна [электронная версия](#))