

# Проблемы моделирования в актуальных задачах прогнозирования электроэнергетики

Веселов Ф. В., к.э.н., Курилов А. Е., к.ф.-м.н, Макарова А. С., к.э.н., Урванцева Л. В.

Институт энергетических исследований РАН,  
Российская Федерация, г. Москва, info@eriras.ru

Тезисы доклада на Первой международной конференции  
«Управление развитием крупномасштабных систем (MLSD'2007)», 1-3 октября, 2007 г., Москва, Россия

Современные подходы к прогнозированию развития электроэнергетики рассматривают отрасль как динамически развивающуюся производственно-хозяйственную систему, отличающуюся высоким уровнем системной целостности, большим технологическим разнообразием, сильной межотраслевой интеграцией в рамках топливно-энергетического комплекса страны.

При выполнении прогнозных работ возникает необходимость решения и взаимной увязки множества относительно частных задач, включая выбор:

- экономически эффективных вариантов технического перевооружения действующих и строительства новых электростанций и линий электропередач;
- уровня загрузки генерирующих мощностей разного типа для производства электроэнергии и тепла с учетом их конкурентоспособности на рынке;
- объемов передачи электроэнергии и мощности между энергосистемами, включая решения по вводу новых ЛЭП;
- вариантов топливоснабжения (вида топлива, источника поступления) с учетом возможностей взаимозамещения на тепловых электростанциях, ресурсов и цен топлива;
- источников финансирования инвестиций с учетом требований финансовой устойчивости отрасли и компаний и динамики конкурентных цен электроэнергии и тепла.

Согласованное решение данных задач обеспечивается на основе совокупности натуральных и финансовых балансов в динамике (по годам или пятилетиям). Для этого отраслевое технологическое и рыночное пространство формально описывается системой региональных балансов электрической энергии и мощности, тепла, топлива, а также финансовых балансов отрасли, ее отдельных секторов и компаний. В результате для каждого из рассматриваемых вариантов задаются жесткие требования по сбалансированности спроса и производства электроэнергии и тепла, ресурсов и расхода топлива для электростанций, потребности в капиталовложениях и располагаемых инвестиционных ресурсов.

Одной из главных целей современных исследований является формирование «рациональных» вариантов развития электроэнергетики. Как правило, данные варианты не являются строго оптимальными, но обеспечивают реализуемость принимаемых решений в условиях не полностью формализуемой и противоречивой совокупности внешних ограничений, со стороны перспективного топливно-энергетического баланса, требований национальной и региональной энергобезопасности, приоритетов экологической политики, целевых параметров финансовой устойчивости, критериев общеэкономической и коммерческой эффективности.

Для решения этой задачи в ИНЭИ РАН разработана и применяется оригинальная технология исследований, сочетающая оптимизационный инструментарий (модель ЛП сверхбольшой размерности в динамической постановке, обеспечивающая интеграцию большинства частных прогнозных задач в рамках единой формальной процедуры) и экспертно-ориентированную имитационно-расчетную систему, предполагающую последовательное решение и итеративную увязку перечисленных выше задач. Фактически, речь идет о совместном использовании имитационной и оптимизационной моделей развития электроэнергетики как части ТЭК страны, опирающихся на единую стратифицированную базу данных по составу и технико-экономическим показателям действующих объектов (свыше 500 электростанций, агрегируемых в 10-15 типовых технологических групп генерации) и инвестиционных проектов (свыше 100 реальных проектов и до 30 типовых проектных решений).

Основные функции оптимизационной модели заключаются в определении широкой области сбалансированных и экономически эффективных вариантов развития электроэнергетики в условиях неопределенности внешних экономических факторов (цен и ресурсов топлива, капиталовложений, уровня спроса и проч.) и выявлении на основе риск-анализа «рациональных» вариантов производственной структуры с учетом их последствий. При этом в зависимости от постановки задачи, регионального и технологического представления отрасли, критерия оптимальности, горизонта планиро-

вания, средствами созданной моделирующей системы ЛП обеспечивается оперативное варьирование состава переменных и ограничений модели и проведение многовариантных расчетов.

Для решения задач по выбору структуры и размещения мощностей на ближайшие 15-20 лет в настоящее время используется версия оптимизационной модели в динамической постановке в горизонте планирования 30-40 лет, что позволяет учесть «эффект последствия» для решений, принимаемых в период до 2020 года. В качестве критерия оптимизации используется минимум интегральных, т.е. суммарных за период планирования, дисконтированных затрат на развитие и функционирование отрасли, включая капиталовложения, топливные и эксплуатационные затраты. Таким образом, выбор оптимального решения ориентируется на требования общеэкономической эффективности вариантов развития электроэнергетики.

В составе этой модели выделяется три функциональных блока:

1). Производственный блок, в рамках которого для каждого года (временного этапа) решается задача бездефицитного обеспечения потребности в мощности и энергии за счет использования как действующих, так и новых мощностей (с учетом их отбора по эффективности). Данная задача решается на основе балансов мощности и энергии в разрезе ОЭС и более детально – с выделением 3-6 территориальных узлов в каждой ОЭС (всего около 40 узлов). При этом в балансах каждого узла рассматриваются возможности получения(выдачи) мощности и энергии между соседними узлами с учетом пропускных способностей существующих и стоимости сооружения новых электрических связей.

2). Блок инвестиционных решений, в котором выполняется экономическое сравнение эффективности множества предложений по техническому перевооружению и строительству новых электростанций разного типа (ГЭС, АЭС, КЭС и ТЭЦ на газе и угле) и новых межсистемных ЛЭП с учетом неопределенности их технико-экономических показателей (удельных капиталовложений, сроков строительства, удельных расходов топлива, эксплуатационных затрат и т.д.). Соответственно, переменными данного блока являются вводы новой мощности электростанций разного типа при перевооружении и новом строительстве. Масштабы технического перевооружения действующих электростанций определяются специальным типом ограничений («динамическая связь»), отражающих снижение мощности действующих электростанций. В зависимости от постановки задачи, динамика монтажа мощности может жестко задаваться экзогенным прогнозом, либо определяться в процессе оптимизации по условиям морального износа при сравнении эффективности продолжения эксплуатации и технического перевооружения.

3). Блок топливоснабжения определяет ресурсные и ценовые условия для поставки основных видов топлива (газ и уголь по основным бассейнам) для электростанций. При этом учитываются возможности взаимозамены различных видов топлива на ТЭС (выделяются несколько допустимых топливных режимов). Для решения задачи топливоснабжения электростанций в модели формируются балансы топлива (газа и угля) по основным регионам потребления (около 20), в которых, помимо спроса электростанций, учитывается заданная динамика спроса остальных отраслей, заданные или искомые объемы экспортных поставок, а также искомые объемы местной добычи или межрегионального транспорта топлива, обеспечивающие потребность каждого узла. При этом в модели обеспечивается формирование системы цен топлива, дифференцированных по регионам потребления.

Функции имитационной модели состоят в более тонкой «настройке» параметров производственной структуры с учетом действия внеэкономических факторов, влияющих на состав и размещение объектов электроэнергетики. Кроме этого, именно в рамках имитационной модели выполняется комплексный прогноз финансово-экономического состояния отрасли и ее отдельных секторов (сети, атомная, гидро- и тепловая генерация) и оценивается финансовая реализуемость вариантов инвестиционной программы электроэнергетики с учетом неопределенности ценовых и финансовых условий (цены электроэнергии, объемы собственного, внешнего и государственного финансирования, стоимость капитала, налоговая среда и проч.).

Опыт совместного использования имитационных и оптимизационных моделей развития электроэнергетики в рамках совместных работ с государственными органами и крупнейшими энергетическими компаниями России показывает высокую эффективность данной технологии обоснования рациональных вариантов развития электроэнергетики и их согласовании со сценариями развития экономики и электропотребления, стратегиями развития ТЭК и отдельных топливных отраслей, вариантами ценовой политики на внешних и внутренних энергетических рынках.