

ПРИМЕНЕНИЕ МНОГОКРИТЕРИАЛЬНЫХ ПОДХОДОВ ДЛЯ ОЦЕНКИ РЕЗУЛЬТАТОВ И ЭФФЕКТОВ ИНВЕСТИЦИОННЫХ ПРОЕКТОВ И СТРАТЕГИЙ В ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКЕ

Веселов Ф.В., Хоршев А.А., Соляник А.И.

*Институт энергетических исследований Российской академии наук,
г. Москва, ул. Нагорная, д. 31, корп. 2
erifedor@mail.ru , info@eriras.ru*

Аннотация: Представлен подход к обоснованию стратегических решений по технологической перестройке электроэнергетики на основе многокритериальной оценки эффектов, формируемой по результатам использования оптимизационных моделей для выбора перспективной структуры генерирующих мощностей и финансово-экономических моделей для оценки финансовой обеспеченности производственных сегментов отрасли.

Ключевые слова: электроэнергетика, стратегические решения, многокритериальная оценка, оптимизационные модели, финансово-экономические модели.

В контексте требований Закона «О стратегическом планировании в Российской Федерации» задачи управления развитием электроэнергетики, включая и формирование перспективной структуры генерирующих мощностей, должны решаться в тесной увязке с целевыми установками ряда документов, таких как Энергетическая стратегия, Прогноз научно-технологического развития, Долгосрочный прогноз социально-экономического развития, Климатическая доктрина и др.

Это требует совершенствования существующих подходов к обоснованию и реализации стратегических решений в электроэнергетике, которые обеспечили бы максимально полный учет и гармонизацию всей системы требований, касающихся энергетической безопасности, энергетической эффективности, экологической приемлемости, темпов технологического обновления, ограничения ценовой нагрузки на потребителей электроэнергии в пределах, не приводящих к снижению их

конкурентоспособности, в том числе, на мировых рынках, и не ухудшающих жизненный уровень населения.

Традиционно стратегическое, долгосрочное планирование в электроэнергетике осуществляется, исходя из критериев общественной эффективности, в частности – при минимизации совокупных дисконтированных затрат на энергоснабжение экономики (метод *least-cost planning*). Однако с учетом вышеупомянутых требований, такой подход требует трансформации, дополнения многокритериальной оценкой вариантов развития электроэнергетики, позволяющих выбрать наилучший из них с учетом всей системы разнородных и нередко противоречивых требований со стороны национальной системы стратегического планирования.

Для этого был сформирован сравнительно небольшой перечень количественно измеряемых показателей (индикаторов), охватывающих всю систему вышеупомянутых требований, в том числе:

- индикаторы обновления производственной базы: доля заменяемой и новой мощности, вводимой на базе современных технологий, в суммарной установленной мощности электростанций ЕЭС России;
- индикаторы энергетической эффективности: средневзвешенный удельный расход топлива на тепловых электростанциях (ТЭС), потери в электрических сетях, а также доля ТЭЦ, как наиболее эффективной технологии энергоснабжения, в структуре производства централизованного тепла;
- индикаторы диверсификации энергетического баланса: доля неуглеродных электростанций (атомных, гидро- и возобновляемых) в структуре производства электроэнергии ЕЭС России и доля газа в структуре потребляемого топлива на ТЭС;
- индикаторы углеродоемкости производства: удельная эмиссия CO₂ на единицу вырабатываемой электроэнергии;
- индикаторы ценовой нагрузки: средний за период темп роста среднеотпускной цены электроэнергии и его отношение к аналогичному показателю роста цены газа, как основного энергоресурса для отрасли;
- индикаторы бюджетной эффективности: доля налогов в структуре выручки отрасли, характеризующая вклад электроэнергетики в формирование бюджета.

Количественные значения данных индикаторов определяются по результатам модельных расчетов, которые выполняются при прогнозе параметров структуры производственной структуры электроэнергетики. При использовании созданного в ИНЭИ РАН модельно-информационного комплекса SCANNER [1] эти расчеты на регулярной основе выполняются с помощью:

- оптимизационной модели развития электроэнергетики (EPOS), расширенной блоками балансов по основным видам топлива для электростанций (газ, мазут и энергетические угли) [2];
- системы финансово-экономических моделей электроэнергетики и ее подотраслей для определения необходимого объема инвестиционных ресурсов и их источников в увязке с прогнозной динамикой цен электроэнергии и тепла [3].

Применение предложенного многокритериального подхода позволяет оценить возможные и рациональные (с точки зрения всей системы индикаторов) масштабы структурной перестройки электроэнергетики при реализации тех или иных приоритетов в энергетической, технической, экологической, ценовой политике в отрасли. Кроме того, модельные расчеты позволяют определить чувствительность отдельных индикаторов к изменению других, а также выстроить наилучшие стратегии адаптации (перехода к другим вариантам) при изменении внешних условий.

Для этого отдельные индикаторы (технологического обновления, энергоэффективности, энергобезопасности, углеродоемкости) могут быть заданы в качестве дополнительных ограничений в оптимизационной модели. Индикаторы ценовой нагрузки и бюджетной эффективности могут быть заданы в качестве входных условий в системе производственно-финансовых моделей. В результате могут быть определены предельные капиталовложения, которые в виде дополнительного ограничения, могут быть учтены в оптимизационной модели – с последующей оценкой по решению остальных индикаторов.

Для апробации подхода были исследованы и сопоставлены друг с другом характеристики различных вариантов технологического обновления тепловых электростанций до 2040 г. при консервативном уровне электропотребления (со среднегодовым ростом около 1 % в год), показана реалистичность варианта масштабного перехода на новые технологии ТЭС на газе и угле, обеспечивающего существенное улучшение энергетической эффективности и снижение экологической нагрузки в электроэнергетике при незначительном ухудшении ценовых индикаторов.

С другой стороны, были исследованы варианты адаптации электроэнергетики к более высоким уровням спроса на электроэнергию (около 3 % в год), которая реализуется преимущественно за счет более активного развития неуглеродных типов электростанций, обеспечивающих основной прирост спроса. При этом показано, что наряду с ожидаемым улучшением значений индикаторов технологического обновления, энергоэффективности, углеродоемкости, энергобезопасности, создаются условия и стабилизации ценовой нагрузки – за счет сдерживания роста топливных затрат и существенного удешевления новых, неуглеродных технологий, под влиянием НТП.

Литература

1. *Макаров А.А.* Модельно-информационная система для исследования перспектив энергетического комплекса России (SCANER) / В кн. Управление развитием крупномасштабных систем. Под общ. Ред. А.Д.Цвиркуна. М.: ИПУ РАН. 2012. С. 102-184.
2. *Макаров А.А., Веселов Ф.В., Макарова А.С., Хоршев А.А.* Использование оптимизационного инструментария в задачах долгосрочного развития топливно-энергетического комплекса и энергетических рынков. / Управление развитием крупномасштабных систем (MLSD'2012). Труды Шестой международной конференции (ежегодный сборник). Под общей редакцией С.Н.Васильева, А.Д.Цвиркуна. М.: ИПУ РАН. 2012. С. 313-323.
3. *Veselov F.V., Solyanik A.I.* Methodological approach for harmonization of the investment and pricing policy options in the electric power industry / Proceedings of 2017 10th International Conference Management of Large-Scale System Development, MLSD 2017. DOI: 10.1109/MLSD.2017.8109704.