

ОЦЕНКА ИНВЕСТИЦИОННЫХ РИСКОВ ПРИ ВЫЯВЛЕНИИ СТРАТЕГИЧЕСКИХ УГРОЗ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ

Д. э. н., проф. Кононов Ю. Д.¹,
с. н. с., к. т. н. Кононов Д. Ю.¹ (Институт
систем энергетики
им. Л. А. Мелентьева СО РАН)

АННОТАЦИЯ. Рассматривается одна из задач долгосрочного прогнозирования ТЭК — количественная оценка стратегической угрозы возможного дефицита мощности в системах энергоснабжения из-за инвестиционных рисков. Предложен методический подход к решению этой задачи. Его основные особенности: сочетание оптимизации с методом статистических испытаний (Монте-Карло); учет характера неопределенности исходных данных; оценка эффективности, вероятности реализации и рискованности разных вариантов и проектов энергоснабжения в меняющихся условиях.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: стратегические угрозы, надежность энергоснабжения, неопределенность, моделирование, оптимизация, вероятность, инвестиционные риски.

ABSTRACT. The paper examines one of the problems of the long-term energy forecasting, i.e. the quantitative estimation of the strategic threat of possible power shortage in energy supply systems because of the investment risks. The key features of the methodological approach suggested for solving this problem are: combination of optimization with the method of statistical testing (Monte Carlo method); consideration of the character of initial data uncertainty; assessment of the efficiency, riskiness and probability of different alternatives and projects of energy supply in a changing environment.

KEY WORDS: strategic threats, reliability of energy supply, uncertainty, modeling, optimization, probability, investment risks.

Одной из основных стратегических угроз развитию энергетики является угроза дефицита мощности — возможное отставание развития топливных баз, транспортной инфраструктуры, ввода новых электростанций от растущих потребностей в топливе и энергии. Препятствием своевременному вводу требуемых мощностей могут быть ресурсные ограничения (финансовые, материальные, трудовые). Из них в рыночной экономике часто наиболее серьезными являются финансовые барьеры — недостаток инвестиций для реализации тех или иных крупномасштабных проектов. Инвестиционные риски во многом связаны с неопределенностью цен и спроса в период будущего функционирования рассматриваемого объекта или системы.

Необходимость оценки при прогнозировании и формировании программ развития отраслевых систем рискованности проектов, их привлекательности для потенциальных инвесторов становится все более очевидной и входит в практику. Так, при подготовке Генеральной схемы развития электроэнергетики в рамках прогнозной динамики на 2009–2020 гг. генерирующим компаниям было предложено оценить ри-

ски предполагаемых ими инвестиционных проектов. Каждому из видов риска присваивали определенный вес, а затем экспертно оценивались индивидуальные и интегральные меры риска. В числе шести учитываемых видов риска наибольший вес (21%) присвоен неопределенности в источниках финансирования и необеспеченности топливом (19%). Проекты с интегральным риском более 66% относились к очень рискованным. Таких проектов из числа представленных энергокомпаниями оказалось 15% за весь рассматриваемый период и 20% в период 2010–2015 гг.

В этой работе, как и в аналогичных работах большинства проектных организаций, инвестиционные риски определяются на основе мнений экспертов. Общепринятых «строгих» расчетных методов их количественной оценки нет. Особенно сложна такая оценка при отсутствии вероятностных характеристик неконтролируемых переменных, например, цен и спроса на внешних и внутренних энергетических рынках. А именно с интервальной неопределенностью этих и других исходных показателей приходится иметь дело при долгосрочных прогнозах и оценке экономической эффективности многих крупномасштабных проектов в ТЭК. Такие проекты характеризуются большой продолжительностью сроков строительства и эксплу-

¹ 664033, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 130

атации и через систему обратных связей могут оказывать влияние на исходные показатели, принимаемые при оценке их эффективности.

Недостатком существующей проектной практики использования показателей риска является неучет отношения потенциального инвестора к риску. Чем выше инвестор оценивает риск проекта, тем более высокие требования он предъявляет к его доходности. В расчетах экономической эффективности проектов это может быть отражено путем увеличения нормы дисконта — включением в нее поправки на риск (премии за риск). Такой способ широко рекомендуется в западной финансовой литературе, однако он не является ни единственным возможным, ни достаточно хорошо теоретически обоснованным [1]. Да и сама рискованная составляющая дисконта оценивается, как правило, субъективно.

Следует отметить, что при прогнозировании и проектировании отраслевых систем оценке и учету инвестиционных рисков вариантов их развития на практике не уделяется должного внимания, хотя разработанные много лет назад методы принятия решений в ТЭК в условиях неопределенности (см., например, [2–4]) могут служить хорошей базой для такого учета.

Развитие методов учета неопределенности при выборе стратегий развития отраслей в ТЭК идет в направлении совместного анализа и моделирования производственных и финансовых программ с включением в схему расчетов риск-анализа оптимальных решений [5].

Оценка инвестиционного риска отдельных проектов, исключение их из состава рассматриваемых в случае неприемлемого риска, внесение соответствующих корректив в исходные данные оптимизационной модели электроэнергетики или ТЭК и проведение новой серии расчетов — наиболее очевидный способ в первом приближении учесть возможную угрозу дефицита и снизить ее за счет структурных изменений в ТЭК. Однако этот способ не дает количественной оценки рискованности получаемого решения (варианта). Не определяется вероятность и серьезность появления угрозы дефицита мощностей в случае реализации варианта в иных условиях. Не учитывается также зависимость этой угрозы от величины и характера неопределенности исходных данных (цен спроса, капиталоемкости прогнозируемых технологий).

Эти недостатки учтены в предлагаемом подходе к оценке возможного дефицита мощности электростанций, обусловленного инвестиционными рисками — низкой или даже неприемлемой для потенциальных инвесторов рентабельностью проектов, замыкающих баланс электроэнергии.

Задача формируется как оценка надежности (возможных рисков) энергоснабжения рассматриваемой территории (региона, страны) с учетом характера неопределенности прогнозируемых условий. Для ее решения наряду с оптимизацией используется метод статистических испытаний — метод Монте-Карло [6].

Расчеты ведутся по следующей схеме:

1. Формируется оптимизационная модель, целе-

вой функцией которой является минимум стоимости электроэнергии в регионе при заданной потребности в ней. Основные искомые переменные — мощность вводимых электростанций, а основные ограничения и условия включают производство электроэнергии на действующих станциях, возможные экспорт и импорт электроэнергии, цены на топливо. Все исходные данные задаются интервалами своих возможных значений с указанием характера распределения вероятностей внутри интервалов.

2. Проводится множество расчетов модели (сотни испытаний методом Монте-Карло). Процесс имитации осуществляется таким образом, чтобы случайный выбор комбинации исходных данных не нарушал известных или предполагаемых отношений (корреляций) между переменными.

3. Определяется количество (частоты) попаданий каждой электростанции (с определенной мощностью) в оптимальные для разных условий решения. Отношение этого показателя к общему количеству решений (испытаний) позволяет судить о вероятности реализации проектов отдельных станций. Чем ниже такая вероятность, тем выше инвестиционные риски.

4. Определяется наиболее приемлемое решение по вводу мощностей (как среднее из всех испытаний или по одному из известных критериев принятия решений в условиях неопределенности — например, Гурвица) и соответствующие ему инвестиционные риски, а также средняя и рыночная цены электроэнергии.

5. Оценивается рискованность этого решения (варианта) по инвестиционному риску станций, замыкающих баланс мощности региона, и по среднему из рисков всех вводимых станций.

Угроза дефицита мощности сначала определяется для отдельных макрорегионов, а затем для страны в целом.

Компьютерная программа, используемая при решении поставленной задачи (МИСС — Модель Имитационная Стохастическая Статистическая) разработана В. Н. Тыртышным [7, 8]. Ее модификации применялись для оценки рискованности вариантов и проектов тепло- и топливоснабжения регионов, а также при прогнозировании конъюнктуры на региональных энергетических рынках и определении ценовой эластичности спроса на энергоносители.

Очевидно, что как исходные данные для решения такого рода задач, так и получаемые оценки рискованности вариантов энергоснабжения отдельных регионов должны быть увязаны (согласованы) с общими прогнозными исследованиями ТЭК страны. При этом на очередной итерации расчетов оптимизационной модели ТЭК могут быть изменены ее региональная структура и ограничения на ввод мощностей с неприемлемо высокими инвестиционными рисками. Могут быть также скорректированы направления и пропускные способности межрегиональных энергетических связей для снижения угрозы возможного дефицита мощностей.

Предлагаемый методический подход к оценке рис-

ков и серьезности угрозы возможного дефицита мощности может быть использован при определении численных значений индикаторов энергетической безопасности, предложенных в [9]:

$$PD = \sum_i r_i N_i / \sum_i N_i$$

$$MNP = \sum_i \bar{N}_i / \sum_i N_i$$

где PD — угроза дефицита, MNP — доля новых мощностей с неприемлемым риском в рассматриваемом варианте, N_i — проектируемый ввод мощностей, \bar{N}_i — инвестиционные проекты с недопустимым риском, r_i — инвестиционные риски отдельных проектов.

Многочисленные расчеты с помощью стохастической модели МИСС по описанной выше схеме показали ее работоспособность и выявили заметное влияние характера неопределенности исходных данных на величину инвестиционных рисков. Иллюстрацией могут служить результаты, приведенные в таблице. Они относятся к прогнозу ввода мощностей электростанций в Европейской части страны в предполагаемых условиях в период 2020–2025 гг.

Учитывались особенности шести выделенных в модели регионов: цены на топливо, ограничения на ввод отдельных типов электростанций, их технико-экономические показатели. При этом задаваемые интервалы неопределенности исходных данных составляли: цен на топливо — 10–15% для каждого региона, прироста потребности в электроэнергии — 10%, других показателей — 5–15%. Рассматривались два варианта распределения вероятных значений всех этих показателей внутри заданных диапазонов: нормальное (близкое к средним) и равновероятное (интервальная неопределенность).

В заданных прогнозом условиях наиболее экономически эффективными и наименее рискованными оказались газовые электростанции (преимущественно

но ПГУ ТЭЦ). Их доля в суммарном вводе мощностей составила 53% при нормальном распределении и 51% при интервальной неопределенности, а средний риск вариантов их ввода изменяется от 4 до 9%. Доля угольных станций колеблется от 44 до 46% с увеличением среднего риска от 4,5 до 12%. Удельный вес электростанций на возобновляемых источниках энергии (ВИЭ) не превышает 3%, а среднее значение их риска в зависимости от характера неопределенности лежит в диапазоне 10–21%.

Если из каждой группы однотипных электростанций выделить наименее эффективные (8–10% от вводимых мощностей), то их инвестиционные риски могут оказаться значительно выше средних. Из таблицы видно, что при интервальной неопределенности рискованность капиталовложений в такие объекты может оказаться неприемлемой (особенно в группе угольных станций и ВИЭ).

Выводы

Недостаток инвестиционных ресурсов может стать одной из основных угроз отставания прогнозируемого ввода мощностей в электроэнергетике и других отраслевых системах ТЭК от растущей потребности в них. Выявление реальности и значимости этой стратегической угрозы энергетической безопасности должно основываться на количественной оценке инвестиционных рисков как отдельных крупномасштабных проектов, так и вариантов развития энергетики страны и макрорегионов. При этом последовательно должны решаться следующие задачи: определение оптимальных при разных условиях вариантов развития систем энергоснабжения, выделение наименее экономичных (замыкающих) объектов (мощностей), количественная оценка рисков для потенциальных инвесторов финансирования этих объектов, оценка вероятности угрозы дефицита, мощности в меняющихся условиях.

При решении этих задач весьма полезно и эффективно совместное использование оптимизационных моделей с методом Монте-Карло. Такой комбинированный методический инструментарий позволяет учитывать характер неопределенности используемых в прогнозах информации. Важность этого учета показали результаты экспериментальных расчетов. Из них, в частности, следует, что расчетные значения инвестиционных рисков могут значительно увеличиться (примерно, вдвое), если исходные данные будут заданы диапазонами (интервальная неопределенность), а не нормальным их распределением внутри этих диапазонов или средними значениями.

Количественная оценка инвестиционных рисков вариантов разви-

Таблица. Влияние неопределенности исходных данных на инвестиционные риски новых мощностей.

Характер неопределенности	Тип электростанций	Средние риски, %	
		всех станций	наименее эффективных мощностей
Нормальное распределение	Газовые	4	16
	Угольные	4,5	49
	ВИЭ	10	38
Интервальная неопределенность	Газовые	9	39
	Угольные	12	69
	ВИЭ	21	68

Источник: результаты расчетов одного из авторских прогнозов развития электроэнергетики Европейской части РФ.

тия энергетики страны и регионов может служить одним из индикаторов энергетической безопасности.

Работа отражает результаты исследований, выполняемых по гранту РФФИ (№16-06-00091-а)

Литература

1. Виленский П. Л., Лившиц В. Н., Смоляк С. А. Оценка эффективности инвестиционных проектов: Теория и практика. М.: Дело, 2001. 832 с.
2. Мелентьев Л. А., Макаров А. А. Методы исследования и оптимизации энергетического хозяйства. Новосибирск: Наука, 1973. 273 с.
3. Беляев Л. С. Решение сложных оптимизационных задач в условиях неопределенности. Новосибирск: Наука, 1978. 128 с.
4. Шевчук Л. М., Лукьянов А. С., Кудрявцев А. А. Риск-анализ в задачах стратегического планирования для крупных энергетических компаний // Изв. РАН. Энергетика, 2000. №2. С. 52–54.
5. Елисеева О. А., Лукьянов А. С., Тарасов А. Э. Исследование перспектив и анализ рисков развития газовой отрасли России // Изв. РАН. Энергетика, 2010. №4. С. 119–132.
6. Ермаков С. М. Метод Монте-Карло и смежные вопросы. М.: Наука. 1975. 472 с.
7. Кононов Ю. Д., Тыртышный В. Н. Оценка влияния характера неопределенности будущих условий на конкурентоспособность вариантов топливоснабжения // Энергетическая политика. 2011. №4. С. 50–56.
8. Кононов Ю. Д., Тыртышный В. Н. Методический подход к оценке влияния характера неопределенности на эффективность и устойчивость вариантов энерго- и топливоснабжения // Проблемы прогнозирования. 2013. №1. С. 90–94.
9. Кононов Ю. Д. Поэтапный подход к повышению обоснованности долгосрочных прогнозов развития ТЭК и к оценке стратегических угроз // Известия РАН. Энергетика. 2014. №2. С. 61–70.

