



Ю.Д. Кононов

**ПУТИ ПОВЫШЕНИЯ ОБОСНОВАННОСТИ
ДОЛГОСРОЧНЫХ ПРОГНОЗОВ РАЗВИТИЯ ТЭК**

УДК 621.11: 338.27

Кононов Ю.Д. Пути повышения обоснованности долгосрочных прогнозов развития ТЭК. – Иркутск: ИСЭМ СО РАН, 2012. – 40 с.

ISBN 978-5-93908-114-6

Рассматриваются возможные пути и способы снижения неопределенности и повышения качества долгосрочных прогнозов развития топливно-энергетического комплекса страны. Предлагается поэтапный подход к сужению области неоднозначности исходных данных и результатов прогнозных исследований. Его особенность состоит в последовательном их уточнении на каждом этапе в ходе итерационных расчетов, в том числе за счет выделения и решения специальными методами наиболее важных задач с учетом характера неопределенности. Особое внимание уделяется методическому подходу к решению двух из них: долгосрочному прогнозу конъюнктуры на региональных энергетических рынках и оценке возможных временных и инвестиционных барьеров на ввод производственных мощностей. При выявлении и исследовании области допустимого развития ТЭК предлагается выделять зоны инвариантов и нестабильности, используя при этом сочетание многовариантных оптимизационных расчетов с техникой Монте-Карло.

Табл. 6. Ил. 10. Библиогр.: 18 назв.

ISBN 978-5-93908-114-6

© Институт систем энергетики им. Л.А. Мелентьева СО РАН, 2012.

Оглавление

	Стр.
Введение	4
Направления сужения области неопределенности в прогнозных исследованиях	8
Поэтапный подход к сужению области неопределенности	11
Оценка и учет барьеров и определение области возможного развития ТЭК	18
Учет неопределенности при прогнозировании цен и спроса на региональных энергетических рынках	23
Выделение инвариантов, зоны нестабильности и оценка стратегических угроз	29
Заключение	34
Литература	38

Введение

Долгосрочное прогнозирование является первой стадией системных исследований и обоснования перспектив развития энергетики. Оно призвано очертить область допустимого и эффективного развития ТЭК страны, выявить возможные проблемные ситуации и узкие места в этом развитии, дать целевые ориентиры и необходимую информацию для углубления и конкретизации исследований на последующих стадиях: разработки энергетической стратегии и политики, генеральных схем и программ развития отраслевых и региональных систем энергетики, а также стратегических планов энергетических компаний (табл. 1). Результаты долгосрочных прогнозов играют важную роль и в своевременной подготовке фундаментального научного задела в широкой области знаний, касающихся развития энергетики.

В отличие от других стадий обоснования развития энергетики, прогнозирование – перманентный процесс поэтапного решения взаимосвязанных задач (табл. 2). Он основывается на анализе реализации ранее разработанных прогнозов и программ, учитывает происходящие изменения условий развития экономики страны и ТЭК, появление новых угроз и возможных проблем.

Многоэтапный подход к прогнозированию стратегических перспектив и обоснованию развития энергетики с позиции интересов национальной экономики – одно из проявлений системного подхода к исследованию комплексных проблем, предполагающего рассмотрение всякой сложной системы как иерархии взаимосвязанных подсистем.

Принципы системного подхода находят отражение в методах и инструментальных средствах исследования проблем развития отраслевых и территориальных систем ТЭК. Они получили мощное развитие еще при

Основные цели разных стадий обоснования перспектив развития энергетики

Стадии	Цели	Рассматриваемая перспектива	Периодичность корректировки
Долгосрочный прогноз развития энергетики страны	Новые тенденции, условия и требования долгосрочного развития. Возможные проблемы и трудности. Сужение области неопределенности. Обосновывающие материалы для концепции энергетической стратегии и отраслевых программ.	Не менее 25-30 лет	Постоянная
Энергетическая стратегия страны	Стратегическое видение требуемого эффективного развития отраслей ТЭК, включая приоритеты инвестиционной, технической, экономической и инновационной политики. Пороговые значения индикаторов энергетической и национальной безопасности. Принципы управления развитием ТЭК, ценовая и налоговая политика.	До 20 лет	5 лет
Генеральные схемы и программы модернизации и развития отраслевых систем	Проектировка в рамках заданных приоритетов вариантов надежного и эффективного развития отраслей. Определение условий для такого развития. Формирование состава предложений для потенциальных инвесторов. Заказы на основное оборудование, проектные и исследовательские работы.	10-15 лет	5 лет
Региональные энергетические программы	Рациональный топливно-энергетический баланс. Перспективы развития местных источников энерго- и топливоснабжения и энергетической инфраструктуры. Программы энергосбережения и повышения энергетической безопасности.	10-15 лет	5-7 лет
Долгосрочные прогнозы конъюнктуры региональных энергетических рынков	Динамика цен и спроса на топливо и электроэнергию.	20-25 лет	3-5 лет
Стратегические планы развития энергетических компаний	Программы модернизации и ввода новых мощностей. Инвестиционная, ценовая, техническая и ресурсная политика.	До 10-15 лет	3-5 лет

прогнозировании и планировании развития энергетики как части экономики СССР. Не потеряли своего значения серьезные достижения отечественной науки в методах учета неоднозначности исходной информации и принятия решений в условиях неопределенности (в т.ч. [1-3]). Однако принципиально меняющиеся условия развития экономики и энергетики, возникающие новые проблемы и задачи требуют развития существующих методических подходов.

Таблица 2

Ориентировочный состав долгосрочных прогнозов развития энергетики и решаемых задач

Состав	Задачи	Рассматриваемая перспектива
Потребность в энергоносителях	Возможная динамика потребностей в энергоносителях при разных сценариях развития экономики и экспорта. Тенденции изменения энергоемкости в разных сферах экономики.	До 25-30 лет
Долгосрочная конъюнктура на региональных энергетических рынках	Ориентировочная динамика цен и спроса на топливо и электроэнергию по укрупненным регионам. Закономерные изменения в ценовой эластичности спроса на ТЭР.	До 20-25 лет
Тенденции научно-технического прогресса в энергетике, развитие новых технологий	Время появления и технико-экономические характеристики новых источников энергии и технологий в добыче, преобразовании, транспорте и использовании топливно-энергетических ресурсов. Оценка их конкурентоспособности и возможных темпов внедрения.	Более 25-30 лет
Обеспеченность развития ТЭК природными ресурсами и запасами	Перспективы изменения запасов и резервов топлива. Требуемые затраты времени и ресурсов на освоение новых топливных баз.	Более 25-30 лет
Развитие ТЭК страны	Варианты развития ТЭК с оценкой возможности их реализации, конкурентоспособности и значимости для экономики страны. Новые тенденции. Условия развития и требования к отраслевым системам.	До 25-30 лет
Стратегические угрозы, барьеры, ограничения	Оценка серьезности угроз, времени и условий возможного появления, способы преодоления.	До 20-25 лет

В последние годы традиционная методология системных исследований энергетики развивается в направлении более полного учета взаимосвязей ТЭК и экономики страны, влияния на их развитие конъюнктуры мировых энергетических рынков, производственно-финансовых характеристик отраслей ТЭК [4-6]. В упрощенном виде эти взаимосвязи отражены на рис. 1.

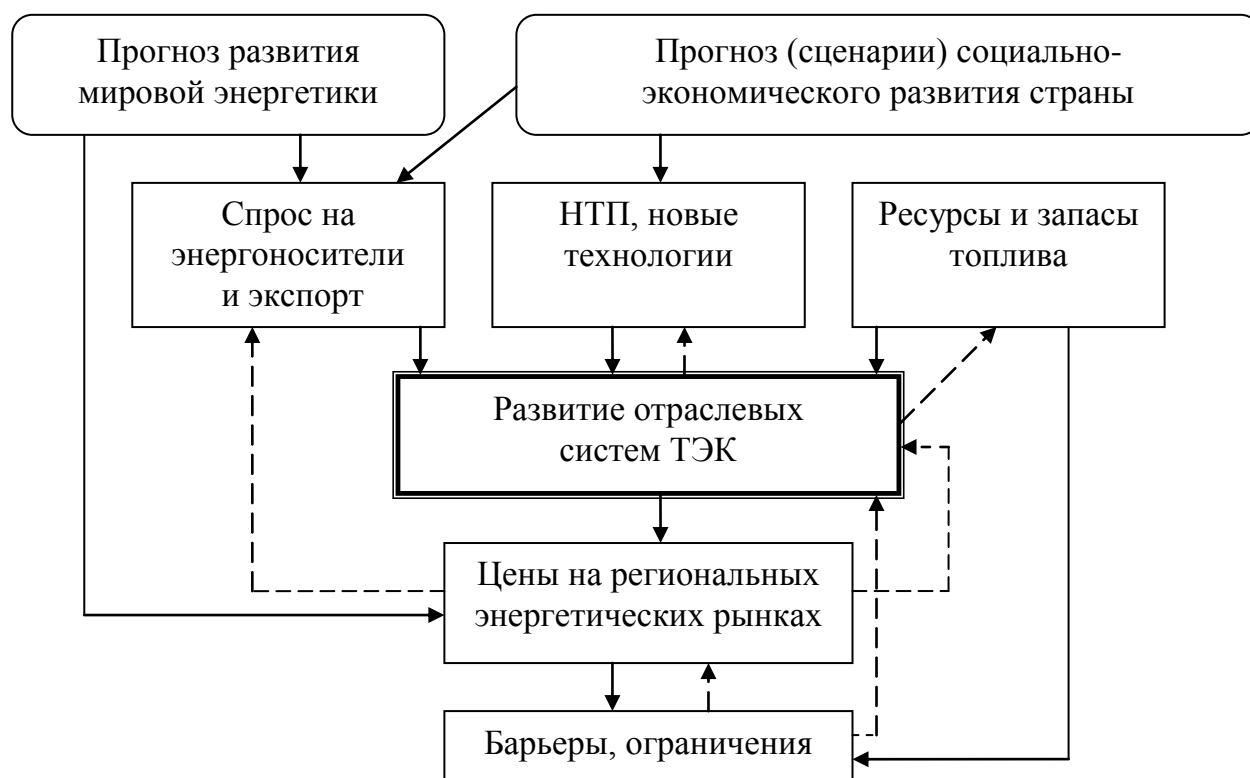


Рис. 1. Схема взаимосвязей долгосрочных прогнозов развития ТЭК

Излагаемые ниже возможные пути и способы снижения неопределенности и повышения качества долгосрочных прогнозов развития ТЭК отражают результаты первого этапа работы по проекту «Разработка методического инструментария и оценка влияния характера неопределенности будущих условий на эффективность, рискованность и реализуемость вариантов и стратегий развития отраслевых и региональных систем в ТЭК», выполняемого по гранту РФФИ (№ 12-06-00090-а, 2012-2014 гг.).

Направления сужения области неопределенности в прогнозных исследованиях

Усложнение и усиление взаимосвязей энергетики, экономики и геополитики, возрастание роли ценового фактора, ускорение темпов научно-технического прогресса, изменения в способах управления – все эти факторы увеличивают неопределенность будущего развития ТЭК.

Очевидно, что чем протяженнее рассматриваемая перспектива, тем больше неопределенность условий развития энергетики и неоднозначность прогнозных оценок. Поэтому результаты исследований долгосрочного развития ТЭК даются в виде расширяющейся во времени области (конуса) неопределенности прогнозируемых показателей ¹. Сужение этой области и повышение качества прогнозных исследований – важная и сложная методическая проблема.

Принципиальная возможность уменьшения неопределенности обусловлена: объективными закономерностями и тенденциями, подчинением развития ТЭК требованиям экономики, взаимозависимостью функционирования формирующих его систем, корректирующим влиянием их развития и изменения стоимости энергоносителей на макроэкономические показатели. Однако, успешная реализация этой возможности – серьезная методическая проблема. Для ее решения отечественная и зарубежная наука и практика использует следующие подходы: привязка исследования перспектив развития ТЭК к задаваемым сценариям развития экономики и конъюнктуры мировых энергетических рынков; представление ТЭК как иерархически организованной

¹ Например, в прогнозах Энергетического информационного агентства США диапазон неопределенности (разброс в сценариях) потребностей в топливно-энергетических ресурсах увеличивается с 5% для временного интервала 5 лет, до 9-10% для 10 лет, 14-16% для 20 лет и 19-22% для 25 лет. В Энергетической стратегии России на период до 2030 года, утвержденной в 2009 году, различие в значениях этого же показателя в крайних сценариях растет с 7% для первых 5 лет до 22% для периода в 15 лет и до 31% для 20-летней перспективы.

системы; совершенствование методов моделирования и учета взаимосвязей энергетики, экономики и социальной сферы на разных иерархических уровнях; итерационные и многовариантные расчеты с анализом чувствительности получаемых решений к меняющимся условиям и разным критериям; усовершенствование математических методов сравнения вариантов и принятия решений в условиях неопределенности и рисков.

ТЭК в системных исследованиях рассматривается как иерархически организованная подсистема экономики страны, включающая три основных уровня: страны, регионов и отраслевых систем. С развитием рыночных отношений стало целесообразным выделение уровня энергетических компаний и учета их возможной реакции (готовности расширять производство) на вероятное изменение спроса и цен на региональных рынках топлива и энергии.

В ходе итерационных расчетов уточняются требования, условия и ограничения верхних иерархических уровней и возможности нижних. При этом для учета особенностей каждого иерархического уровня, его внутренних и внешних связей используется свой комплекс моделей и свои методические подходы к учету неоднозначности исходных данных. Так, например, при прогнозировании развития электроэнергетики все шире применяются стохастические модели, теория нечетких множеств, игровые подходы с использованием платежных матриц.

Современный уровень развития вычислительной техники и информационных технологий позволяет конструировать модельно-информационные комплексы любой сложности. При этом, однако, нельзя не учитывать следующие особенности: большую и растущую неопределенность исходных данных; зависимость требуемой точности расчетов от рассматриваемой перспективы и решаемых задач; сложность анализа получаемых результатов при большом количестве показателей, связей и критериев; целесообразность участия экспертов на отдельных этапах расчетов. Эти особенности заставляют осторожно относиться к построению

многомодельных комплексов для одновременной (совместной) оптимизации развития энергетики и экономики.

Такие комплексы с полной автоматизацией расчетов не только трудно отлаживать, но, что более важно, на них трудно анализировать роль отдельных факторов и связей и интерпретировать получаемые результаты. Неформализованный подход, когда информация, получаемая из расчетов одной модели, анализируется и служит входом в другую модель, существенно облегчает исследование сложных проблем.

Важным принципом совершенствования моделей, которому придавал большое значение академик Л.А. Мелентьев, является соотношение точности результатов расчетов с точностью используемой для этого информацией. Этот принцип схож с известным принципом бритвы Оккамы и предполагает конструирование как можно более простых моделей, но учитывающих основные свойства рассматриваемой системы, необходимые для приемлемого решения данной задачи в данных условиях. Это перекликается со словами, предписываемыми Эйнштейну: «Everything should be made as simple as possible, but not simpler».

Это требование в действующих прогнозных моделях не всегда соблюдается. Стремление как можно точнее математически описать динамику развития и нелинейные взаимосвязи рассматриваемой системы и детально представить ее структуру может противоречить объективной неопределенности исходной экономической информации и изменчивости свойств моделируемых сложных систем и даже приводить к негативным результатам ².

² Академик Н.Н. Моисеев, ссылаясь на зарубежный опыт разработки моделей для прогнозирования развития экономики, отметил, что создание все более и более точных моделей, стремление учитывать все больше и больше внутренних связей и деталей изучаемого процесса приводят к негативному результату – чем точнее модели, используемые для прогнозов, тем хуже оказались прогнозы [7]. По-видимому, к моделированию таких же сложных экономических систем относится выражение известного математика Р. Тома: «Чем больше строгости, тем меньше смысла».

Несмотря на рост неопределенности с увеличением горизонта прогнозирования, часто одни и те же модели с одной и той же детализацией объектов и связей используются для расчетов на перспективу 15 и 30-50 лет.

Принцип соответствия используемого методического инструментария объективной неопределенности исходных данных и требуемой точности прогнозов реализуется на практике пока на основе интуиции разработчиков и пользователей моделей и модельно-компьютерных комплексов.

Рассматриваемая при прогнозных исследованиях структура иерархии, степень детализации каждого уровня должна зависеть от рассматриваемой перспективы и решаемых задач. Чем отдаленнее рассматриваемая перспектива и больше неоднозначность условий и возможностей будущего развития, тем условнее оптимизационные расчеты и тем целесообразнее усложнение моделей заменять многовариантными расчетами, выделением и решением особо важных задач, выявлением устойчивых решений и тенденций.

Представляется, что даже при использовании самых сложных систем моделей и информационно-вычислительных комплексов необходим поэтапный подход к сужению области неопределенности исходных данных и результатов расчетов.

Поэтапный подход к сужению области неопределенности

Можно выделить три основных этапа (табл. 3): подготовительный этап - прогноз (сценарии) внешних условий развития ТЭК и требований к нему со стороны экономики, социальной сферы, экологии, геополитики, национальной безопасности; этап формирования и оценки вариантов, удовлетворяющих этим требованиям в ожидаемых условиях (для каждого заданного сценария); заключительный этап – обобщение результатов, полученных на предыдущих этапах (при разных сценариях).

Первый этап – этап сценариев, условий и требований.

В мировой практике при прогнозировании ТЭК рассматриваются три основных сценария развития экономики: пессимистический, базовый и

оптимистический. В качестве дополнительных вариантов может рассматриваться разная динамика мировых цен на топливо (нефть). Учитывая сильную зависимость экономики России от конъюнктуры на внешних энергетических рынках, сценариям с более высокими темпами ВВП соответствуют более высокие мировые цены на нефть и газ и более масштабный экспорт топлива.

Таблица 3

Этапы прогнозных исследований ТЭК и основные решаемые задачи

Этапы	Задачи
1. Определение сценариев и прогнозы внешних условий	Сценарии развития экономики и конъюнктуры мировых энергетических рынков. Прогнозы внешних условий развития ТЭК, максимально возможного диапазона спроса и цен на энергоносители, научно-технического прогресса.
2. Формирование и анализ вариантов развития ТЭК для каждого сценария внешних условий	<p style="text-align: center;">Стадия 1</p> <p>Формирование вариантов в условиях максимальной неопределенности исходных данных.</p> <p style="text-align: center;">Стадия 2</p> <p>Сужение области неопределенности за счет: уточнения прогнозов конъюнктуры региональных рынков, оценки барьеров на ввод мощностей, разагрегирования регионов.</p> <p style="text-align: center;">Стадия 3</p> <p>Сужение области неопределенности за счет: анализа чувствительности вариантов к изменению задаваемых ограничений и требований, уточнения особенностей и возможностей развития электроэнергетики и других отраслевых систем.</p> <p>Оценка рискованности вариантов энерго- и топливоснабжения.</p> <p>Выделение инвариантов (для данного сценария).</p>
3. Обобщение результатов сценарных исследований	<p>Определение общей прогнозной области развития ТЭК (для всех сценариев).</p> <p>Определение зон инвариантов и нестабильности.</p> <p>Выделение основных стратегических угроз.</p> <p>Ориентировочная оценка пороговых значений индикаторов энергетической безопасности.</p> <p>Подготовка обосновывающих материалов для разработки энергетической стратегии и программ развития отраслей ТЭК.</p>

Сценарии развития экономики служат основой для прогнозирования потребности в энергоносителях. Совершенствованию методов этих прогнозов уделяется большое внимание во всех странах.

На этом этапе прогнозирование спроса на энергоносители в значительной степени базируется на наблюдаемых тенденциях и выявленных закономерностях: например, на связях между уровнем экономического развития и душевым потреблением электроэнергии и топливно-энергетических ресурсов, между темпами роста энергопотребления и ВВП. При этом учитываются региональные особенности и перспективы развития экономики и изменение численности населения в рассматриваемом сценарии. Детализация спроса по видам топлива, увязка его с ценами и все более полный учет факторов и связей реализуется при итерационных расчетах на втором, основном этапе прогнозных исследований.

Предварительный прогноз динамики цен на региональных энергетических рынках осуществляется по упрощенной схеме (рис. 2). Ее особенность состоит в имитации конкуренции на энергетических рынках и в определении динамики цен как расширяющегося во времени конуса их вероятных значений. При этом в качестве верхней границы цен на экспортируемое топливо на российских энергетических рынках принимаются цены равновесия (равной доходности) с мировыми ценами в данном регионе (с учетом реальных возможностей увеличить экспорт). Они равны экспортным ценам за вычетом транспортных тарифов, платы за транзит через территорию третьих стран и таможенных сборов. Ориентирами верхней границы цен на газ в отдельных регионах может также служить его конкурентная цена с местными или привозными углями и с мазутом на электростанциях и у других крупных потребителей. Нижней границей служат минимальные цены предложения – цены самофинансирования. Ориентировочно они складываются из себестоимости производства, приемлемой минимальной прибыли на вложенный капитал и транспортных затрат.



Рис. 2. Упрощенная схема прогнозирования динамики цен на топливо и электроэнергию

Второй этап – исследование каждого сценария.

Этот этап целесообразно разделить на несколько стадий, расширяя на каждой круг решаемых задач и усложняя схему итерационных расчетов для все более полного учета взаимозависимости цен, спроса и производства энергоносителей, а также финансовых барьеров, инвестиционных рисков и других стратегических угроз.

Увеличение количества решаемых на каждой стадии задач сказывается на составе и характере используемых моделей и методов (рис. 3). При этом главной, центральной остается оптимизационная модель ТЭК страны, в которой на каждой стадии расчетов меняется степень агрегирования территории, топливных баз, типов электростанций ³. В России и за рубежом существуют разные модификации такого рода моделей, позволяющие

³ Описание такой модели, разработанной в ИСЭМ СО РАН, приведено в [8].

определять сбалансированные оптимальные (по заданному критерию) варианты в заданных условиях. Учет реальной неопределенности в этих детерминированных моделях возможен только с помощью многовариантных расчетов с варьированием исходных показателей, полученных на предварительном этапе или определяемых с помощью других моделей в ходе итерационных расчетов на данной стадии.

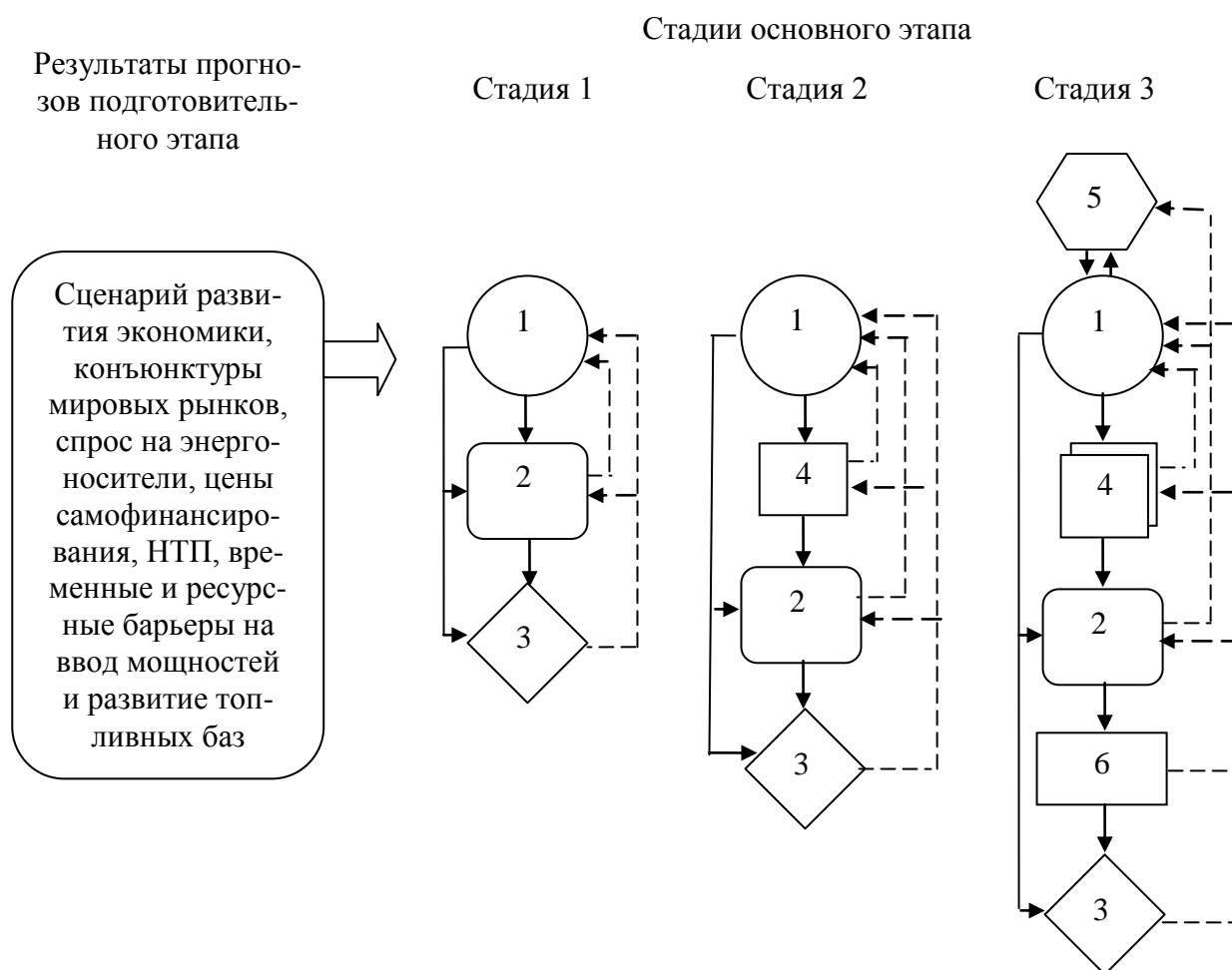


Рис. 3. Состав и взаимодействие моделей на разных стадиях

формирования и исследования вариантов долгосрочного развития ТЭК

Условные обозначения моделей: 1 – ТЭК, 2 - Конъюнктура региональных энергетических рынков (спрос и цены), 3 – Барьеры и угрозы, 4 - Отрасли ТЭК, 5 – Макроэкономика, 6 – Энергетические компании

Целесообразность итерационных расчетов и внесения корректив в модель ТЭК увеличивается, если наряду с задаваемыми в ней ограничениями на ввод

мощностей по условиям инерционности (временных барьеров) будут учитываться и корректироваться инвестиционные (финансовые) барьеры.

Барьеры, стратегические угрозы, возможные проблемы долгосрочного развития ТЭК должны выявляться и уточняться на каждой стадии исследований данного сценария (с помощью новых расчетов моделей и новых итераций).

Необходимость учета взаимозависимости спроса и цен, а также региональных особенностей (структуры потребителей, конкуренции энергоносителей и других факторов) заставляет уже на первой стадии включать в схему расчетов методы и модели оценки возможной конъюнктуры на региональных энергетических рынках. При этом на каждой стадии расчетов детализация территории страны может быть разной (4-5 на первой и до 8-10 на последней).

Рыночные цены на топливо (особенно на газ) могут значительно (в 1,5-2 раза) превосходить цены самофинансирования, существенно влияя на сравнительную экономическую эффективность разных типов электростанций и структуру ввода новых мощностей (табл. 4). Поэтому определение и уточнение рыночных цен требует повторного расчета модели ТЭК, особенно, если на первой итерации оптимизации проводились по ценам самофинансирования.

Таблица 4

Влияние стоимости газа на мощность новых электростанций

	Цена, долл./т у.т.	Мощность, в % от заданного максимума*		
		Газовых ТЭС	Угольных ТЭС	АЭС
Дешевый газ (цены самофинансирования)	95-120	93 (92)	80(82)	3(5)
Дорогой газ (рыночные цены)	160-220	65(69)	100(93)	22(50)

Примечание. Расчеты для вероятных условий в Европейской части страны на уровне 2020 года.

* Первые цифры – при среднем значении цены, в скобках – при ее интервальной неопределенности

Углубление и конкретизация проблем, угроз и барьеров на пути развития ТЭК может вызвать необходимость дополнения системы моделей агрегированными моделями развития электроэнергетики, а также газотранспортной системы страны.

Основной анализ прогнозной области и проблем развития ТЭК при данном сценарии развития экономики проводится на заключительной стадии. При этом, систему используемых моделей целесообразно дополнить модельным комплексом, учитывающим межотраслевые связи и влияние изменения стоимости энергоносителей и объема инвестиций в ТЭК на динамику макроэкономических показателей ⁴. Это обусловлено тем, что значительное удорожание топлива и энергии может негативно повлиять на заданные в сценарии показатели развития экономики (рис. 4), а это потребует корректировки прогноза энергопотребления.

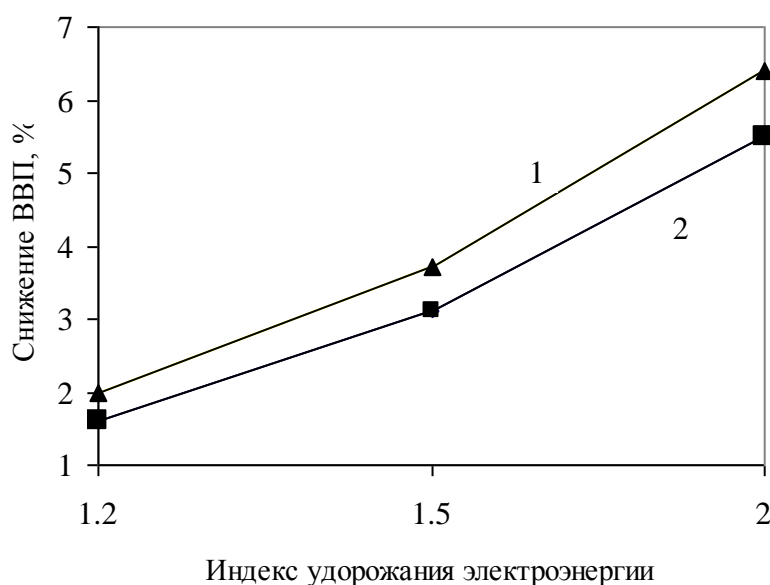


Рис. 4. Снижение ВВП при увеличении цен на электроэнергию (по сравнению с базовым вариантом)
1 – для условий 2010 года, 2 – для прогнозных условий 2020 года

Третий (заключительный) этап – обобщение и анализ результатов, полученных для каждого сценария.

⁴ Такого рода комплекс моделей, разработанный в ИСЭМ СО РАН, описан в [9].

Исследования на этом этапе включают: определение возможной общей для всех сценариев прогнозной области (по периодам), выделение в ней инвариантов и зоны рисков, оценка серьезности и сроков появления стратегических угроз и основных проблем (общих и отдельно для каждого сценария). Методические подходы к решению некоторых из проблем, возникающих на этом этапе прогнозных исследований, приведены в последнем разделе.

Результаты этого заключительного этапа должны способствовать количественной оценке индикаторов стратегического развития и служить базой при разработке концепции энергетической стратегии и программ развития отраслей ТЭК⁵.

Оценка и учет барьеров и определение области возможного развития ТЭК

При прогнозных исследованиях ТЭК приходится рассматривать множество вариантов его развития, увязывая их со сценариями роста экономики страны, масштабами и структурой экспорта и импорта, предполагаемыми изменениями в ценовой и налоговой политике, в методах управления. Очевидно, что на каждом временном интервале возможные темпы роста отраслей ТЭК и скорость структурных изменений в них ограничены и не всякий спрос на энергоносители может быть удовлетворен.

Факторы, ограничивающие развитие, проявляются в виде угроз, требований, барьеров. Их оценка является одной из основных задач прогнозных исследований и необходима для определения области (многомерного конуса) возможного развития ТЭК при заданных условиях, сценариях, требованиях (рис. 5).

⁵ Следует отметить, что этот этап обобщения и анализа всех сценариев и вариантов пока еще не находит должного применения на практике. Он не нашел отражения даже в Энергетической стратегии России на период до 2030 года, утвержденной в 2009 году. Она оперирует сценариями, а не результатами их обобщения.

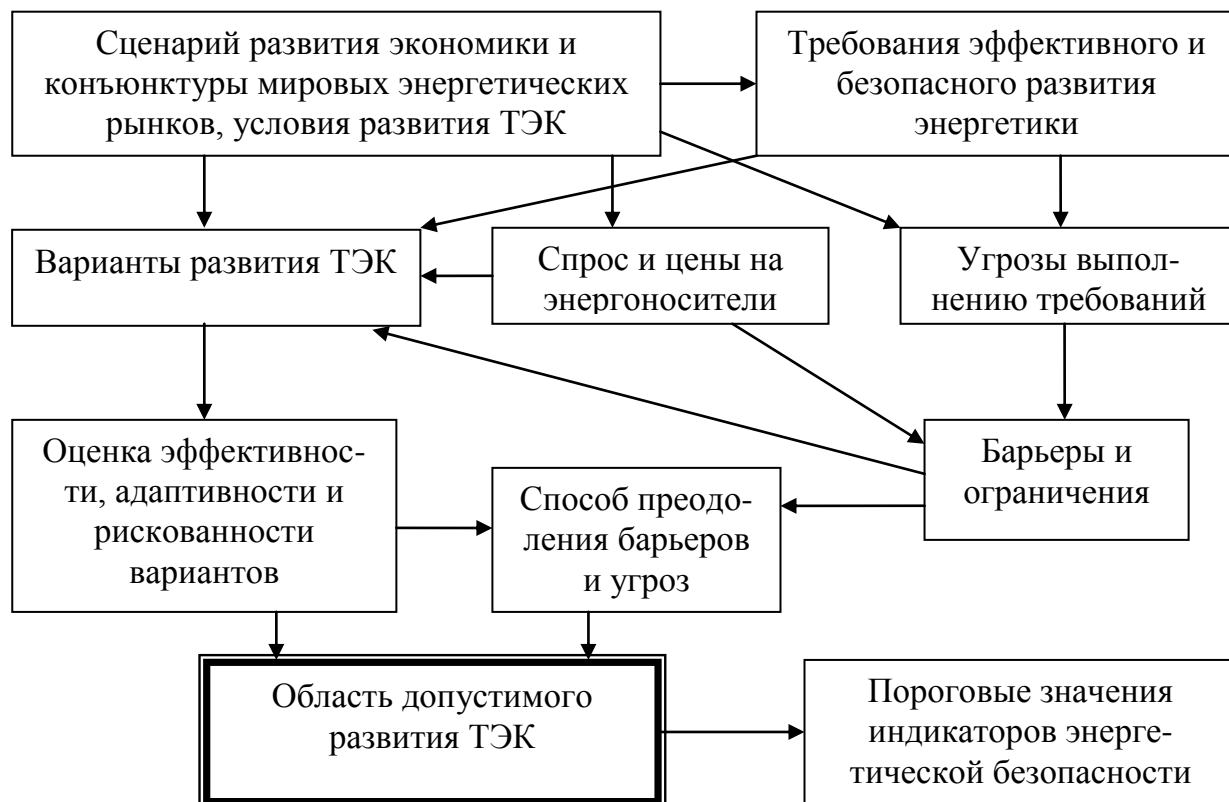


Рис. 5. Схема поэтапного определения области возможного и допустимого развития ТЭК

При многовариантных прогнозных расчетах с использованием оптимизационных или имитационных экономико-математических моделей требования и барьеры отражаются в задаваемых ограничениях. Выполнение же требований энергетической безопасности, как правило, проверяется после оптимизационных расчетов путем сопоставления дополнительно определяемых значений индикаторов энергетической безопасности с априорно заданными их пороговыми значениями. Варианты, в которых эти пороговые значения превышены, могут быть исключены из дальнейшего анализа области допустимого развития ТЭК и из числа наиболее эффективных и надежных вариантов и стратегических решений.

Под барьерами понимаются возможные объективные препятствия развитию систем энергетики в ожидаемых условиях рассматриваемого периода.

Их классификация и характеристика приведены в [10]. Некоторые барьеры можно рассматривать как количественную оценку стратегических угроз.

В число основных модельных ограничений входят задаваемые границы на ввод новых мощностей в электроэнергетике и в других отраслях ТЭК в рассматриваемой перспективе. Эти ограничения являются комплексными (рис. 6), зависящими, прежде всего, от временных и инвестиционных барьеров. Значимость последних увеличивается с ростом неопределенности затрат на ввод и освоение мощностей и условий (цен, спроса) в период их последующей эксплуатации.

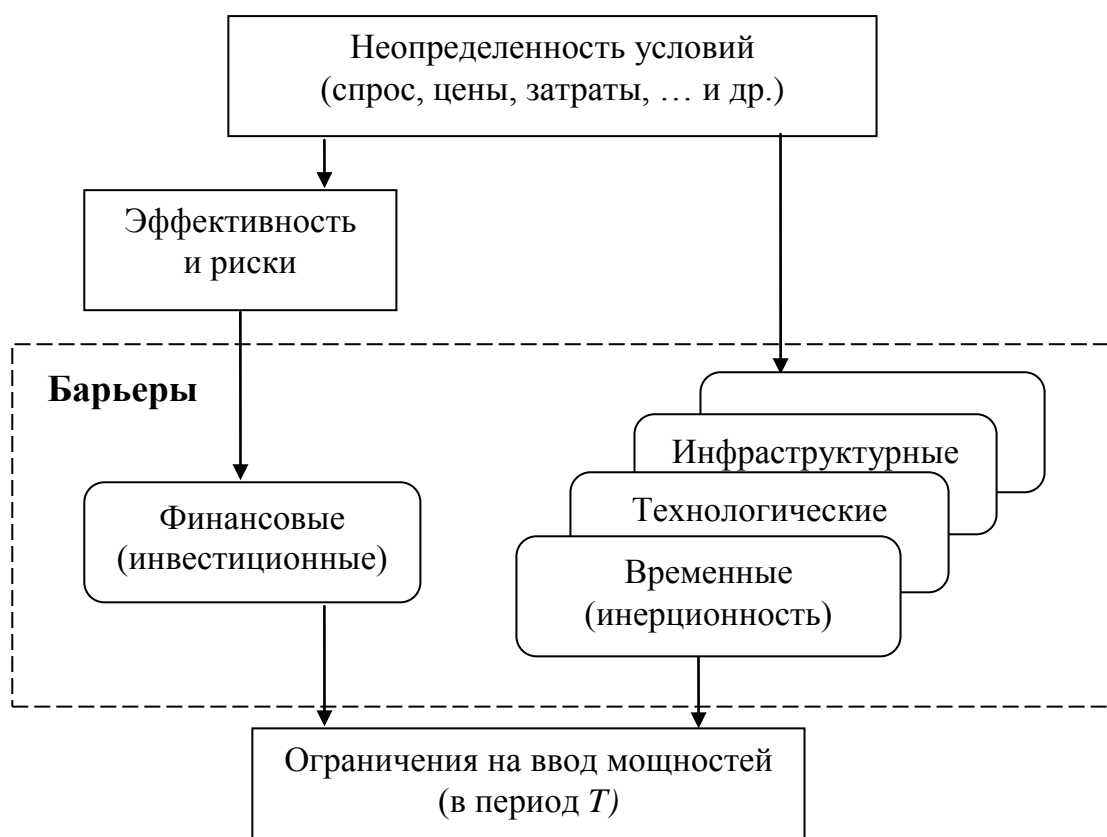


Рис. 6. Комплексный характер барьеров на ввод производственных мощностей в отраслях ТЭК

Высокая капиталоемкость топливной промышленности и электроэнергетики, их тесные производственные связи с машиностроением, металлургией и другими отраслями промышленности, с транспортом и строительным комплексом, а также значительные затраты времени на

сооружение энергетических объектов, на создание инфраструктуры и упреждающее развитие сопряженных производств – все это порождает большую инерционность топливно-энергетического комплекса. Она проявляется, в частности, в невозможности за короткий срок резко увеличить темпы развития или изменить производственную структуру отрасли. Обусловленные инерционностью временные барьеры особенно значимы при прогнозах на перспективу до 15-20 лет. Результаты исследований свойства инерционности систем энергетики и методические подходы к оценке временных барьеров описаны в [9].

Чем выше иерархический уровень, тем сложнее представляющие его системы и тем значительнее их инерционность. Соответственно выше трудности в преодолении барьеров, возникающих при ускорении развития или при изменении структуры таких систем.

Помимо временных барьеров серьезным препятствием ускорению развития, модернизации производства и вводу новых мощностей являются инвестиционные и ресурсные барьеры.

Оценка требуемых капиталовложений, а также специализированного оборудования и материалов, трудовых ресурсов нужной квалификации предусматривается при формировании вариантов развития, как отдельных компаний, так и отраслей. Такая оценка не представляет особых трудностей при наличии проектов, нормативных материалов, использования прошлого опыта и аналогий. Значительно сложнее оценить возможность обеспечить потребности в финансовых и материальных ресурсах, особенно если рассматривается отдаленная перспектива и прогнозируется развитие не отдельной компании, а целой отрасли. В этих условиях даже ориентировочная количественная оценка инвестиционных и ресурсных барьеров приобретает особое значение.

Большая неопределенность будущего спроса и цен на энергоносители и других исходных показателей вызывает сложности при оценке доходности намечаемых проектов и еще большие трудности при оценке экономической

эффективности вариантов развития отраслевых и региональных систем энергетики. Важную роль при такой оценке играет определение и учет рисков.

Чем значительнее неопределенность, тем выше инвестиционные риски и тем ниже вероятность обеспечения предполагаемого ввода новых производственных мощностей необходимыми финансовыми и другими ресурсами.

При использовании в прогнозных исследованиях оптимизационных детерминированных моделей ограничения на ввод мощностей в отраслях ТЭК задаются однозначно, хотя на них влияют не только временные и ресурсные барьеры, но и инвестиционные риски, которые сами зависят от вариантов развития ТЭК, прогноза спроса и цен. Эти взаимозависимости и делают необходимым итерационные расчеты системы моделей сверху-вниз (ТЭК – отрасли – региональные энергетические рынки – энергетические компании) и снизу-вверх. При этом корректируются и уточняются как сами ограничения, так и решения, получаемые в оптимизационных моделях.

Включение в схему прогнозных расчетов на отдаленную перспективу уровня энергетических компаний целесообразно только для оценки рискованности и реализуемости ключевых крупномасштабных инвестиционных проектов при большой неопределенности условий их продолжительного функционирования.

Методы количественной оценки рисков инвестиционных проектов (корректировка нормы дисконтирования, расчет критических точек, вероятностный анализ и другие) широко применяются на практике. В ИСЭМ СО РАН они дополнены двумя новыми подходами, позволяющими сравнивать проекты в условиях интервальной неопределенности исходных данных и определять уровень инвестиционного риска, который становится барьером вводу мощностей [11-13].

Более сложной задачей является оценка рискованности не отдельных проектов, а вариантов развития отраслевых систем.

Теоретические разработки по принятию решений в ТЭК в условиях неопределенности, успешно развиваемые в СССР, (например, [14,15]), не получили должного практического применения. Да и за рубежом внимание к оценке рискованности вариантов развития энергетики усилилось только в последние 15-20 лет, сопровождаясь усложнением методического инструментария для прогнозных исследований и расширением области применения метода Монте-Карло. Так в [16] он используется при двухэтапном подходе к выбору рациональной структуры (инвестиционного портфеля) генерирующих мощностей для обеспечения заданной потребности в электроэнергии в условиях неопределенности. Метод статистических испытаний применяется и в методическом подходе для риск-анализа уже сформированных производственно-инвестиционных программ развития газовой отрасли [17].

Анализ множества сбалансированных и условно оптимальных решений позволяет определить средневзвешенные инвестиционные риски как для наиболее предпочтительного варианта, так и для формирующих его проектов (новых объектов). Компьютерная программа для таких исследований разработана в ИСЭМ СО РАН к.т.н. В.Н. Тыртышным. Ее важное достоинство – учет разного характера неопределенности исходных данных.

Учет неопределенности при прогнозировании цен и спроса на региональных энергетических рынках

Задача прогнозных исследований возможной динамики цен и конъюнктуры региональных энергетических рынков в условиях объективной неоднозначности ожидаемых условий является одной из важнейших при прогнозировании развития ТЭК страны и регионов. Подход к поэтапному решению этой задачи отражен на рис. 7.

Особенность этого подхода – оптимизация топливоснабжения и оценка ценовой эластичности спроса на энергоносители с учетом характера

неопределенности будущих условий. Эластичность определяется отдельно для разных групп потребителей рассматриваемого региона (ТЭС, котельные, промышленные и бытовые установки) с учетом так называемого «потребительского эффекта» - влияния вида и качества топлива на технико-экономические показатели потребителей.

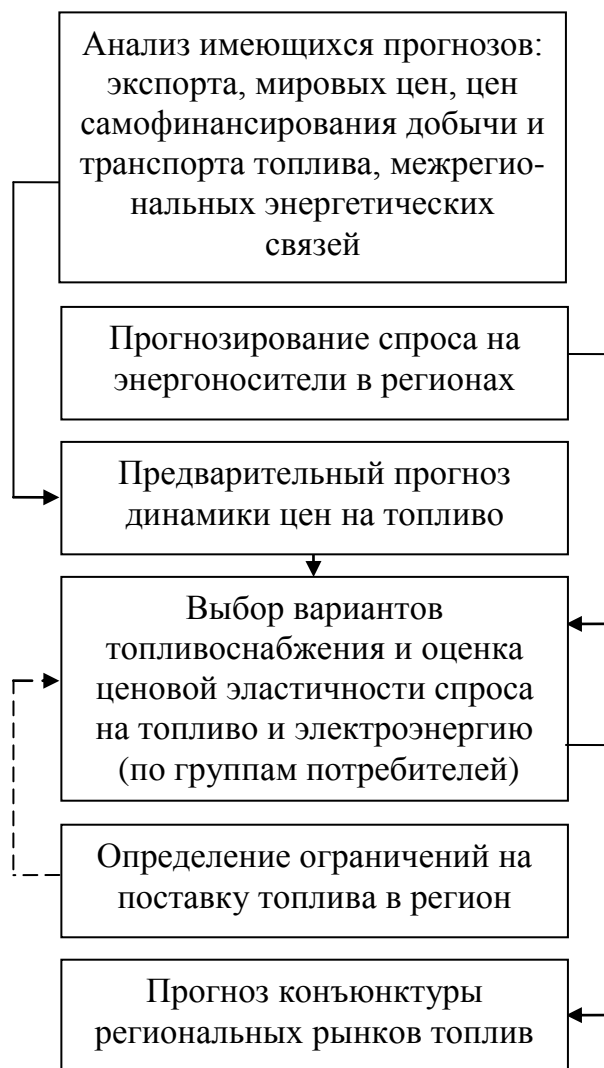


Рис. 7. Этапы прогнозирования конъюнктуры (цен и спроса) на региональных энергетических рынках

Из-за разной производственной структуры, используемых технологий, условий конкуренции ценовая эластичность спроса различается не только по потребителям топлива, но и по регионам (табл. 5).

**Коэффициенты ценовой эластичности спроса на газ в регионах
Дальнего Востока в 2020 г.**

Потребители	Республика Саха (Якутия)	Приморский край	Хабаровский край	Сахалинская область
ТЭС	0,15–0,20	0,52–0,65	0,53–0,56	0,44–0,48
Население	0,17–0,20	0,16–0,18	0,15–0,17	0,17–0,19
Суммарная эластичность	0,18–0,20	0,49–0,57	0,55–0,59	0,35–0,36

Источник: [18]

Примечание. Все коэффициенты эластичности отрицательны

Решаемая задача формулируется следующим образом: определить наиболее эффективный с точки зрения рассматриваемой группы потребителей вариант удовлетворения заданного спроса на энергоносители в ожидаемых условиях. При этом все основные исходные данные задаются интервалами с разным характером распределения их вероятных значений внутри этих интервалов.

Для уменьшения количества итераций и корректного учета неоднозначности используемой информации целесообразно уделить особое внимание тем укрупненным регионам, где неопределенность условий электро- и топливоснабжения в рассматриваемой перспективе наиболее высокая.

Выбор топлива в прогнозных расчетах ТЭК регионов взаимосвязан с выбором структуры, размещения и технологий новых производственных мощностей. Поэтому задачи оценки потребностей в том или ином топливе, например, новых электростанций должна решаться одновременно с оптимизацией структуры генерирующих мощностей. Методы решения такого рода задач известны. Трудности возникают, если велико количество исходных данных, задаваемых интервалами своих возможных значений, а о характере вероятного их распределения внутри этих интервалов нет однозначной гипотезы. К тому же требуется из множества решений, получаемых на

оптимизационных детерминированных моделях, выделить наиболее устойчивое к изменению условий (цен, спроса, технологий и др.).

Методический подход к преодолению этих трудностей при решении задачи выбора вариантов топливоснабжения, целесообразного и возможного ввода новых мощностей в системах энергоснабжения в условиях интервальной неопределенности основан на использовании наряду с оптимизацией метода статистических испытаний.

Процесс имитационного исследования включает несколько этапов.

1. Адаптируются к решаемой задаче существующие оптимизационные модели или разрабатывается упрощенная модель развития исследуемой системы энергоснабжения. Применительно к определению перспективной потребности в топливе новых электростанций в рассматриваемой перспективе в данном регионе или энергосистеме основными искомыми переменными в такой упрощенной модели являются: мощности разного типа электростанций, работающих на разных видах топлива; годовая выработка ими электроэнергии; потребление разных видов топлива. При этом учитываются ограничения (в виде верхней и нижней границы): на возможный ввод мощности каждой категории электростанций, на поставку отдельных топлив в регион и их цену. Заданная потребность в электроэнергии должна быть удовлетворена наиболее эффективным способом. Критерием экономической эффективности в таких моделях служит минимум суммарных дисконтированных затрат на строительство и эксплуатацию всех электростанций. Критерием может быть и минимум средней цены генерации в регионе при условии, что цены строятся на принципах самокупаемости (минимально возможных цен предложения).

2. Задаются диапазоны возможных значений удельных капиталовложений, коэффициентов использования установленной мощности и других технико-экономических показателей. Экспертно оценивается и задается характер распределения вероятных значений внутри диапазона неопределенности этих показателей, а также задаваемых интервально цен на топливо и других внешних условий и ограничений.

3. Разрабатывается несколько сценариев (вариантов) условий топливоснабжения и для каждого из них на оптимизационной модели проводится в соответствии с идеологией метода Монте-Карло серия из нескольких сотен модельных экспериментов, включающая генерацию возможных реализаций неопределенных данных и условий в соответствии с их вероятностными характеристиками и с учетом корреляции между некоторыми переменными.

4. Результаты имитационных расчетов агрегируются, строятся зависимости искомых показателей от изменения условий топливоснабжения, выявляются наиболее эффективные и устойчивые решения, а также вероятностные характеристики основных искомых показателей. Важным итогом исследований сценариев является построение в вероятной форме ценовой эластичности спроса на топливо в регионе данной группы потребителей.

Обобщение результатов расчетов, выполненных для разных групп потребителей (с обязательным выделением новых электростанций и крупных котельных), позволяет определить суммарный спрос на отдельные виды топлива в данном регионе в виде зависимости его от их цены.

Экспериментальные расчеты показали заметное влияние на эту зависимость характера неопределенности исходных данных. Это, в частности, демонстрирует отраженные на рис. 8 результаты, полученные для ожидаемых условий топливоснабжения новых электростанций в европейской части страны на уровне 2020 года. В рассматриваемых условиях ценовая эластичность спроса на газ при средних значениях исходных данных равна $-0,44$. При их нормальном распределении внутри заданного диапазона она увеличивается до $-0,56$, а при интервальной неопределенности на каждый процент удорожания газа спрос на него может уменьшиться на $0,93\%$.

При прогнозировании конъюнктуры на региональных энергетических рынках важной исходной информацией является максимально возможные объемы поставок в данный регион в рассматриваемый период отдельных

энергоносителей. Прежде всего, это относится к доступным объемам газа, поступающего в регион по магистральным газопроводам.

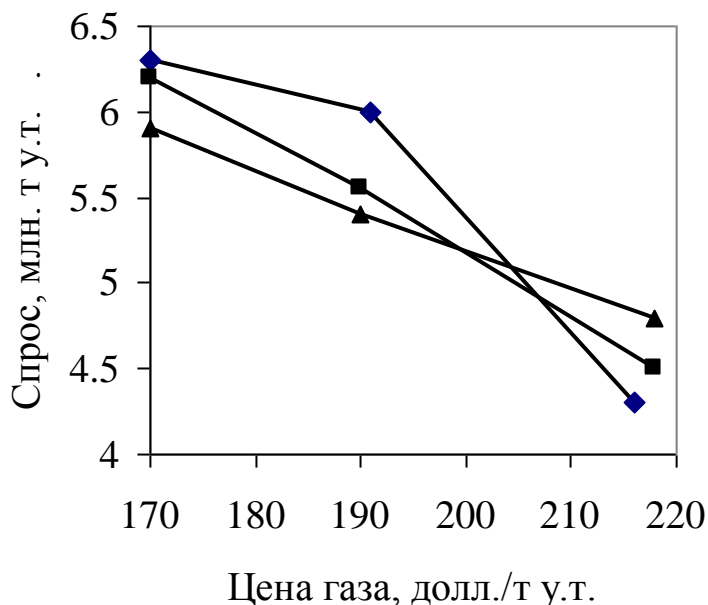


Рис. 8. Влияние характера неопределенности исходных данных и стоимости газа на потребность в нем новых электростанций:

- ◆ — средние значения
- — нормальное распределение
- ▲ — интервальная неопределенность

Изолированное рассмотрение территории не позволяет в должной мере учесть ограничения на поставку в данный регион газа или других видов топлива из месторождений общероссийского значения или ориентированных на экспорт. Эти ограничения определяются общим балансом топлива, возможностями увеличения добычи и транспорта, эффективностью и инвестиционными рисками разных вариантов для поставщиков (энергетических компаний). Задача оценки возможных и эффективных межрегиональных энергетических связей и поставок топлива и энергии в регионы решается, в первую очередь, на уровне ТЭК страны. Учитывая неизбежную неоднозначность решений, для уточнения ограничений на доступные ресурсы топлива из конкретных месторождений в данном регионе в отдельных случаях можно использовать специальные оптимизационные стохастические модели

поставщиков, в которых рациональная стратегия поставок определяется с учетом выявленной на предыдущем этапе расчетов области возможного спроса и цен в разных регионах. Задача решается на максимум прибыли энергетической компании с учетом интервальной неопределенности добычи, затрат на нее и на транспорт, ценовой эластичности спроса в регионах. Компьютерная программа для решения такой задачи разработана В.Н. Тыртышным.

После уточнения ограничений на поставку в данный регион того или иного топлива повторяются расчеты стохастических моделей потребителей.

Предлагаемый методический поэтапный подход к решению задачи прогнозирования конъюнктуры региональных энергетических рынков требует развития. Особенно важно найти рациональный способ оценки исходных данных и правильного учета на разных иерархических уровнях прогноза спроса и цен в регионах. Представляется целесообразным включение блока «Региональные энергетические рынки» в общую схему прогнозных исследований ТЭК, а стохастическими моделями потребителей и поставщиков дополнить (на определенных этапах расчетов) используемые системы моделей.

Выделение инвариантов, зоны нестабильности и оценка стратегических угроз

Под инвариантными понимаются устойчивые решения, получаемые в многовариантных расчетах при возможных изменениях исходных данных. В прогнозных исследованиях ТЭК инварианты определяются для таких важных и взаимосвязанных показателей как: потребности в топливе и энергии, цены на энергоносители, добыча топлива по видам и основным месторождениям, производство электроэнергии и структура вводимых мощностей.

Даже для одного сценария развития экономики проводятся многовариантные расчеты (с варьированием конъюнктуры мировых энергетических рынков, экспорта, ограничений). Поэтому получаемые

инвариантные значения отдельных показателей не могут быть однозначными, а иметь вид расширяющихся во временных координатах конуса.

Инварианты ввода мощностей ориентировочно можно определить с помощью оптимизационной модели ТЭК, выделив наиболее устойчивые решения по типам, масштабам и срокам ввода. Для уточнения состава области инвариантов могут потребоваться дополнительные расчеты отраслевых моделей. В первую очередь это касается электроэнергетики, где учет режимных особенностей и надежности может повлиять на рациональную структуру и размещение электростанций.

Инварианты являются частью прогнозной области возможных минимальных и максимальных значений рассматриваемых показателей. При прогнозных исследованиях одного сценария развития экономики эта область формируется из всех полученных для этого сценария вариантов (рис. 9).

Общая прогнозная область возможного развития ТЭК и значений основных показателей определяется по результатам исследований всех сценариев. При большом различии сценариев возможно несколько непересекающихся зон инвариантов (рис. 10). Их совокупность можно называть базовой прогнозной областью.

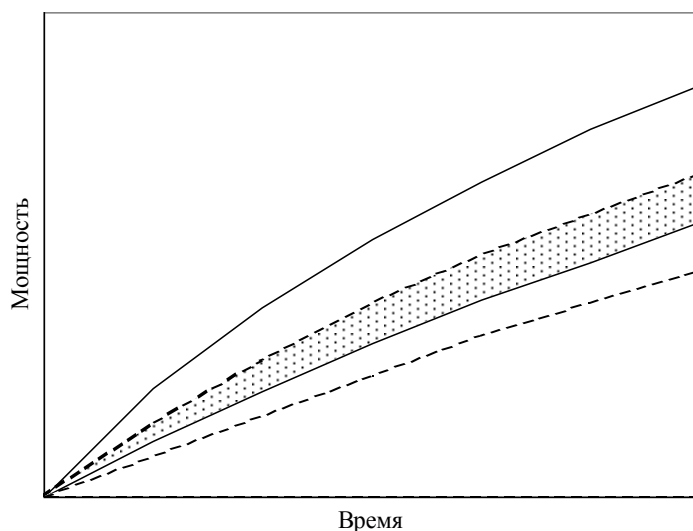


Рис. 9. Зона инвариантов в прогнозной области двух вариантов ввода мощностей (одного из сценариев развития ТЭК)

———— - вариант 1, - - - - - - - вариант 2

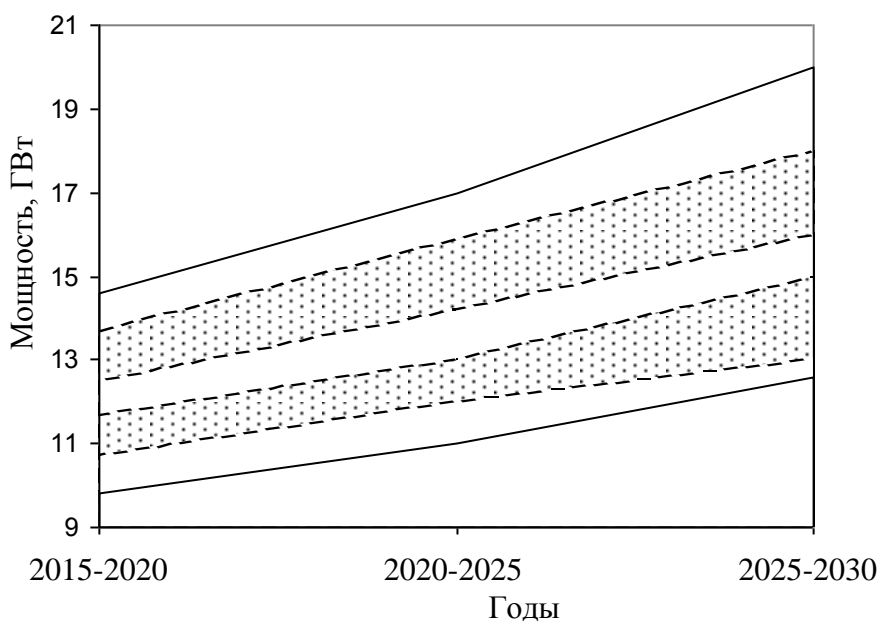


Рис. 10. Прогнозная область ввода АЭС и зона инвариантов для двух сценариев развития экономики

Примечание. Условный пример с использованием [19-21].

————— общее прогнозное поле

----- зоны инвариантов

Значительную часть общей прогнозной области (за вычетом зоны инвариантов) можно рассматривать как зону нестабильных значений и решений. При анализе показателей ввода новых мощностей их состав и значения, лежащие в зоне нестабильности выше инвариантов, можно характеризовать как рискованные. И чем больше они отличаются от инвариантов, тем выше риски и ниже гарантия такого ввода в рассматриваемый период.

Для выделения объектов, формирующих зону нестабильности и оценки рискованности каждого из них, может быть использован описанный ранее методический подход, объединяющий технику Монте-Карло с оптимизационными расчетами.

Анализ множества сбалансированных и условно оптимальных решений позволяет определить средневзвешенные инвестиционные риски, как для отдельных вариантов, так и для формирующих его новых объектов (проектов).

Рискованность реализации проекта можно оценить, сопоставляя количество неэффективных (например, по рентабельности) и удовлетворяющих потенциального инвестора решений.

Определенная для каждого сценария развития экономики и внешних условий, прогнозная область развития ТЭК (с выделением инвариантов) может быть представлена не только графически (расширяющейся во времени) или в табличной форме, но и в виде уравнений регрессии, отражающих, например, зависимость ввода новых электростанций или структуры генерирующих мощностей от макроэкономических показателей, душевого потребления электроэнергии, цен на топливо, времени и других факторов.

Очевидно, что изменяющиеся по годам рассматриваемого периода мощности, эффективность и риски новых объектов, а также инварианты различны для разных сценариев. При этом в пессимистическом сценарии с низкими темпами ВВП размеры прогнозной области и области инвариантов уже, чем в оптимистическом сценарии с повышенным спросом на энергоносители.

Для более полного представления о возможной прогнозной области, зонах инвариантов и нестабильности нужно обобщение и анализ результатов исследований возможного и эффективного развития ТЭК при всех сценариях экономического роста.

Анализ обобщенной во всех сценариях прогнозной зоны нестабильности и рисков позволяет выявить стратегические угрозы, среди которых важно выделить угрозу появления долговременного дефицита из-за отставания ввода мощностей в отраслях ТЭК от возрастающей потребности в топливе и энергии. Это отставание может быть обусловлено временными, ресурсными или финансовыми барьерами. Упомянутые выше методы оценки этих барьеров облегчают количественную оценку серьезности угрозы дефицита мощности для каждого сценария.

Угрозу дефицита целесообразно рассматривать для периода, когда ее можно предотвратить. Если для преодоления угрозы требуется, например, 10

лет (на разведку, проектирование, строительство), то при разработке программ развития отрасли или компании на 10-15 лет вперед надо располагать прогнозом условий и вероятных трудностей на перспективу более 20-25 лет.

Предотвращению угрозы дефицита мощности способствует совершенствование долгосрочных прогнозов потребностей в энергоносителях, рациональная экспортная, ценовая и налоговая политика, но главное – повышение структурной гибкости экономики, создание задела в геологоразведочных работах, в научно-исследовательских и проектных разработках, развитие транспортной и социальной инфраструктуры на еще неосвоенной территории, создание стартовых условий для ускоренного развития новых топливных баз и возможной реализации крупномасштабных инвестиционных проектов. Все это требует дополнительных капиталовложений, материальных и трудовых затрат.

Целесообразность тех или иных способов предотвращения стратегических угроз можно оценить, сопоставляя необходимые затраты с возможным ущербом. Однако задача количественной оценки ущерба от длительного (более одного года) дефицита энергоресурсов в масштабе страны пока еще не имеют удовлетворительного способа решения.

Попытка грубой оценки масштаба ущерба от такого дефицита с помощью межотраслевой динамической модели отражена в табл. 6. Из нее видно, что народнохозяйственный ущерб в разы превышает стоимость недопоставленного энергоносителя даже из-за годовой задержки ввода мощностей в ТЭК.

Серьезной стратегической угрозой, влияющей на национальную безопасность, являются чрезмерно высокие цены в ТЭК. Удорожание топлива (из-за увеличения затрат на его добычу и транспорт или под влиянием рыночных механизмов) стимулирует энергосбережение. Однако этого может оказаться недостаточным для сохранения конкурентоспособности некоторых энергетических производств и поддержания желаемого уровня жизни населения.

**Возможное годовое снижение ВВП из-за 1%-го дефицита мощности
в отраслях ТЭК ***

Дефицит	Единицы измерений	Электро-энергия	Газ	Уголь	Жидкое топливо
Годовой	%	0,15	0,15	0,2	0,3
	Руб./руб.	3,8	3,5	11,2	3,4
Пятилетний	%	0,45	0,5	0,47	0,65
	Руб./руб.	11,4	11,5	26,4	7,3

Источник: [6]

Примечание. При расчетах дефицит энергоносителей распределялся между отраслями производственной сферы так, чтобы снижение дисконтированной величины суммарного за весь рассматриваемый 20-летний период непроизводственного потребления товаров и услуг (жизненного уровня) было минимальным. Возможное ослабление ущерба за счет внешней торговли не учитывалось.

* По сравнению с базовым вариантом для ожидаемых условий на уровне 2015 г.

Адаптация экономики к возможному значительному росту цен в ТЭК требует времени на изменения в отраслевой структуре, в технологиях, а также в образе жизни. Поэтому способы оценки этой угрозы и возможностей ее своевременного демпфирования (в т.ч. путем поиска компромисса интересов производителей и потребителей энергоресурсов) – важная задача прогнозных исследований области допустимого развития ТЭК. Эта задача является одной из основных и при разработке энергетической стратегии и государственной политики.

Заключение

Развитие ТЭК происходит в условиях усложнения его внешних и внутренних взаимосвязей, принципиальных изменений в характере и структуре экономики, глобализации, ускорения научно-технического прогресса. Эти и другие факторы увеличивают неопределенность будущего и заставляют искать новые подходы к повышению обоснованности долгосрочных прогнозов.

В методологии моделирования долгосрочного развития ТЭК и в практике применения разного рода экономико-математических моделей и модельно-информационных комплексов должен найти отражение принцип соответствия сложности и детализации используемого методического инструментария объективной неопределенности исходных данных и требованию к точности решаемых задач.

Предлагаемое в работе уменьшение количества учитываемых в расчетах иерархических уровней и упрощение используемых моделей по мере расширения временного горизонта прогнозирования отвечает этому принципу. Ему соответствует и предложенный трехэтапный подход к сужению области неопределенности исходных данных и результатов расчетов, особенность которого состоит в последовательном их уточнении на каждом этапе, в том числе за счет выделения и решения специальными методами наиболее важных задач.

На первом (подготовительном) этапе задаются: сценарии развития экономики, а также возможной конъюнктуры на мировых энергетических рынках для российского экспорта; технико-экономические показатели, отражающие ожидаемые достижения в технологиях и геологоразведке; максимально широкий диапазон возможных потребностей в энергоносителях и цен на топливо.

На втором (основном) этапе для каждого сценария выявляются и анализируются возможные и эффективные варианты развития ТЭК, угрозы и барьеры, конъюнктура региональных энергетических рынков. При этом поэтапно расширяется круг решаемых задач и усложняется схема итеративных расчетов для все более полного учета взаимозависимости цен, спроса и производства энергоресурсов и более глубокого анализа возможных проблем.

На третьем (заключительном) этапе обобщаются результаты обоснованного развития ТЭК, полученные для каждого сценария развития экономики и внешних условий. При этом определяется общая прогнозная

область, и выделяются изменяющиеся во времени зоны инвариантов и нестабильности (повышенной неопределенности и рисков) для показателей, характеризующих: спрос и цены на топливо и электроэнергию, структуру генерирующих мощностей, производство первичных энергоресурсов и добычу топлива (по регионам). Важным итогом этого этапа является выявление и анализ возможных стратегических угроз (их серьезности, условий и времени возможного появления, способов и сроков возможного преодоления).

Среди задач, решаемых поэтапно при прогнозных исследованиях ТЭК, в данной работе особое внимание уделено двум: долгосрочному прогнозу конъюнктуры (цен и спросу) на региональных энергетических рынках и оценке возможных инвестиционных барьеров на ввод производственных мощностей. В предлагаемых подходах к их решению используется метод Монте-Карло. В первой задаче он сочетается с оптимизацией топливоснабжения потребителей региона, а во второй – с оценкой сравнительной эффективности и рисков крупномасштабных инвестиционных проектов. Такое сочетание позволяет учесть не только масштабы, но и характер неопределенности будущих условий. Экспериментальные расчеты подтвердили важность такого учета.

Очевидно, что предлагаемые в данной работе подходы к повышению обоснованности долгосрочного развития ТЭК являются дискуссионными и требуют уточнения и развития.

Внимания заслуживают и следующие проблемы и задачи, методы решения которых, еще не разработаны или требуют существенного усовершенствования:

- Определение достаточной «точности» (достоверности) прогнозируемых значений (размера зоны неопределенности) основных показателей и приемлемой сложности используемых методов и моделей для принятия обоснованных и своевременных решений.
- Определение «крайних» стратегий (границ конуса неопределенности). Выявление и анализ инвариантов в развитии ТЭК и зон

повышенного риска, определение их зависимости от сценариев и других факторов.

- Оценка вариантов по критериям их гибкости (адаптивности) и рискованности (реализуемости).

- Способы согласования результатов прогнозных исследований, получаемых при решении оптимизационных задач на разных иерархических уровнях по разным критериям экономической эффективности (коммерческой, отраслевой, общенациональной).

- Выявление стратегических угроз (времени их появления и продолжительности) и количественная оценка пороговых значений индикаторов энергетической и национальной безопасности при разных сценариях развития экономики и внешних условиях.

- Оценка возможности и условий адаптации энергетики к новому сценарию развития экономики и конъюнктуры на мировых энергетических рынках, к переходу с одной траектории развития ТЭК на другую (требуемые затраты ресурсов и времени).

- Разработка методического подхода к определению границ рационального экспорта топлива (с привязкой к сценариям развития экономики и конъюнктуры на мировых энергетических рынках).

- Разработка (на базе результатов прогнозных исследований) концепции энергетической стратегии страны с выделением основных задач и приоритетов.

Развитие методологии и методов долгосрочного прогнозирования ТЭК должно сопровождаться исследованием и количественной оценкой (для разных временных периодов): новых тенденций во взаимосвязях энергетики, экономики и социальной сферы; изменения силы и значимости прямых и обратных связей между системами энергетики разного иерархического уровня; закономерностей научно-технического прогресса и влияния экономических и других факторов на темпы внедрения новых технологий в ТЭК.

Литература

1. **Новая** энергетическая политика России. – М.: Энергоатомиздат, 1995.
2. **Системные** исследования проблем энергетики. – Новосибирск: Наука, 2000.
3. **Макаров А.А.** Методы и результаты прогнозирования энергетики России // Известия РАН. – 2010. – № 4.
4. **Фактор** неопределенности при принятии оптимальных решений в больших системах энергетики: тр. симп. – Иркутск: СЭИ СО АН СССР, 1974.
5. **Беляев Л.С.** Решение сложных оптимизационных задач в условиях неопределенности. – Новосибирск: Наука, Сиб. отд-ние, 1978.
6. **Системные** исследования в энергетике в новых социально-экономических условиях. – Новосибирск: Наука, 1995.
7. **Моисеев Н.Н.** Научное предвидение – иллюзии и реальность. М.: Наука, 1985.
8. **Лагереv А.В.** Динамическая территориально-производственная модель для формирования сценариеv взаимосогласованного развития энергетики России по Федеральным округам // Изв. РАН. Энергетика. – 2004. – № 4.
9. **Кононов Ю.Д.,** Гальперова Е.В., Кононов Д.Ю. и др. Методы и модели прогнозных исследований взаимосвязей энергетики и экономики (отв. ред. Н.И. Воропай, Ю.Д. Кононов). Новосибирск: Наука. – 2009.
10. **Кононов Ю.Д.** Стратегические угрозы и барьеры на пути развития ТЭК: методы оценки и учета. – Иркутск: ИСЭМ СО РАН, 2012.
11. **Кононов Ю.Д.,** Локтионов В.И. Учет инвестиционных рисков при сравнении экономической эффективности крупномасштабных проектов // Управление риском. – 2010. – № 1.
12. **Кононов Ю.Д.,** Кононов Д.Ю. Влияние характера неопределенности на инвестиционные риски и конкурентоспособность крупномасштабных проектов и вариантов развития систем // Проблемы анализа риска. – 2012.– № 4.

13. **Кононов Ю.Д.,** Тыртышный В.Н. Оценка влияния характера неопределенности будущих условий на конкурентоспособность вариантов топливоснабжения // Энергетическая политика. – 2011. – № 4.
14. **Лукьянов А.С.,** Эскин В.И., Шевчук Л.М. Количественная оценка риска при выборе стратегий инвестирования в системах энергетики // Изв. РАН. Энергетика – 1995. – № 6.
15. **Смирнов В.А.** Проблемы повышения гибкости в энергетике. – М: Наука. – 1989.
16. **Vithayasrichareon P.,** MacGill J. Monte Karlo based decision-support tool for assessing generation portfolios in future carbon constrained electricity industries // Energy Policy. – 2012. – V. 41.
17. **Тарасов А.Э.** Пути снижения рисков при расширении ЕСТ РФ в восточном направлении // Энергетика России в XXI веке: стратегия развития – восточный вектор. – Иркутск: ИСЭМ СО РАН, 2010.
18. **Гальперова Е.В.,** Кононов Д.Ю., Мазурова О.В. Оценка влияния стоимости газа на его потребление в регионах Дальнего Востока // Пространственная экономика. – 2008. – № 2.
19. **Волкова Е.А.,** Макарова А.С., Макаров А.А. и др. Перспективы развития атомных электростанций до середины XXI века. – М.: ИНЭИ РАН, 2010.
20. **Волков Э.П.,** Баринов В.А., Маневич А.С. Методология и перспективы развития электроэнергетики России. – М.: Энергоатомиздат, 2010.
21. **Сценарные условия** развития электроэнергетики на период до 2030 года. М.: АПБЭ, 2010.

Кононов Юрий Дмитриевич

Пути повышения обоснованности долгосрочных прогнозов развития ТЭК

Утверждено к печати Институтом систем энергетики
им. Л.А. Мелентьева СО РАН

Подписано к печати 01.10.2012 г.

Формат 60·80 1/16
Уч.-изд. л. 2,3
Тираж – 65 экз.
Заказ № 164

Отпечатано на ризографе ИСЭМ СО РАН
664033, Иркутск, ул. Лермонтова, 130

ISBN 978-5-93908-114-6



9 785939 081146