



МЕТОДИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ИНДИКАТИВНОГО ПОДХОДА К ОЦЕНКЕ УРОВНЯ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ СТРАНЫ И ЕЕ РЕГИОНОВ

Сендеров С.М.

Институт систем энергетики им. Л.А. Мелентьева Сибирского отделения Российской академии наук

Аннотация – Статья посвящена вопросам оценки уровня энергетической безопасности отдельных регионов и страны в целом. Приведены важнейшие индикаторы энергетической безопасности выделенные к настоящему времени для России. Показан порядок оценки этих индикаторов, а также принципы получения интегральной оценки энергетической безопасности страны или региона на основе совместного рассмотрения ситуации по отдельным индикаторам. Приведены примеры такой оценки по некоторым российским регионам.

Ключевые слова: Энергетическая безопасность, индикативная оценка

METHODOLOGICAL ASPECTS OF INDICATIVE APPROACH TO THE ASSESSMENT OF ENERGY SECURITY OF COUNTRY AND ITS REGIONS

Senderov S.M.

Institute of power systems L.A.Melentev of Siberian Russian Academy of Sciences Department

Abstract - This article is devoted to the assessment of the energy security of the regions and the country as a whole. Are important indicators of energy security allocated to date to Russia. Shows how to assess these indicators, as well as the principles of obtaining integrated assessment of energy security of the country or region based on the joint consideration of the situation of the individual indicators. The examples of such evaluation by some Russian regions are showed.

Keywords: Energy security, indicative estimation.

ASPECTE METODICE DE ABORDARE INDICATIVĂ PENTRU ESTIMAREA SECURITĂȚII ENERGETICE A ȚĂRII ȘI REGIUNILOR EI

Senderov S.M.

Institutul de sisteme energetice "L.A.Melentev" a departamentului Siberian al academiei de științe din Rusia

Rezumat . Articolul este dedicat întrebărilor de estimare a nivelului securității energetice a regiunilor separate și a țării în ansamblu. Sunt aduși indicatori importanți ai securității energetice ce au fost identificați la moment pentru Rusia. Se arată ordinea de estimare a acestor indicatori, precum și principiile de obținerea a evaluării integrale a securității energetice a țării sau regiunii în baza analizei comune a situației după indicatori separați. Sunt aduse exemple de astfel de estimare pentru unele regiuni ale Rusiei.

Cuvinte cheie. Securitate energetică, estimare indicativă.

1. ВВЕДЕНИЕ

В условиях разразившегося в России в 90-х годах экономического кризиса системы энергетики стали испытывать значительные трудности в обеспечении потребителей топливом, электроэнергией и теплом. В отдельных регионах (Дальний Восток, Северный Кавказ, северные районы) острый дефицит энергоресурсов приводил к частым и порой глубоким нарушениям энергоснабжения. Анализ состояния и перспектив развития топливно-энергетического комплекса свидетельствовал о высоком износе и катастрофическом старении основных фондов систем энергетики, значительном ухудшении сырьевой базы энергоресурсов и резком сокращении объемов геологоразведочных работ, высокой энергоемкости экономики при крайней недостаточности и ярко выраженной тенденции к снижению инвестиционных

вложений в обновление и развитие всех звеньев энергетического хозяйства. Стало ясно, что уязвимость и нестабильность работы систем энергетики в новых условиях обусловлены не только низкой надежностью и безотказностью энергетического оборудования, техногенными авариями (опасность которых возросла), но и усилением негативных процессов в финансовой и инвестиционных областях, региональной и внешнеэкономической деятельности, в социальной сфере. В связи с этим при рассмотрении вопросов развития и функционирования ТЭК уже недостаточно было ограничиваться анализом надежности и живучести входящих в него СЭ, но следовало переходить к комплексным исследованиям широкого круга факторов, определяющих энергетическую безопасность страны. Это, свою очередь, вело к необходимости формирования, по существу, новой

области энергетических исследований, связанных с анализом и обеспечением энергетической безопасности (ЭБ) России и ее регионов [1-3].

2. ПОНЯТИЕ «ЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ»

Понятие «энергетическая безопасность» было сформулировано Международным энергетическим агентством после нефтяного кризиса в 1973 г. в следующей трактовке. ЭБ есть «уверенность в том, что энергия будет иметься в распоряжении в том количестве и того качества, которые требуются при данных экономических условиях» [4]. Исходя из этого, а также из определения понятия «безопасность» в Законе Российской Федерации «О безопасности» [5], в ИСЭМ СО РАН предложено наиболее распространенное в настоящее время определение ЭБ [2, 6-8].

Энергетическая безопасность – 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. При этом состояние защищенности – состояние, соответствующее в нормальных условиях обеспечению в полном объеме обоснованных потребностей (спроса) в энергии, в экстремальных условиях – гарантированному обеспечению минимально необходимого объема потребностей.

Энергетическая безопасность характеризуется тремя главными факторами:

- способностью топливно-энергетического комплекса обеспечивать достаточное предложение экономически доступных и качественных топливно-энергетических ресурсов (ТЭР);
- способностью экономики (как системы потребителей ТЭР) рационально (бережно) расходовать энергоресурсы и соответственно ограничивать свой спрос;
- достаточно высоким уровнем устойчивости систем энергетики и ТЭК в целом к возмущающим воздействиям при реализации потенциальных угроз ЭБ (экономических, социально-политических, техногенных, природных, управленческо-правовых), а также устойчивости сферы энергопотребления к дефицитам и нарушениям энергоснабжения, вызванным этими угрозами.

Первым шагом при обосновании путей решения проблем энергетической безопасности для различных сценариев развития экономики и энергетики России и ее регионов стала идентификация и систематизация существующих и потенциальных угроз энергетической безопасности. На основе многолетних исследований проблем энергетической безопасности [7, 9] систематизированы основные возможные угрозы энергетической безопасности России и ее регионов. Вся совокупность угроз ЭБ представлена в виде пяти групп:

- экономические (*дефицит инвестиционных ресурсов, энергорасточительность экономики, высокие цены на ТЭР, слабая диверсифицированность энергоснабжения и т.д.*);
- социально-политические (*трудовые конфликты, диверсии, терроризм, экстремистские действия общественных движений антиэнергетической направленности*);
- техногенные (*аварии, взрывы, пожары антропогенно-техногенного происхождения на объектах ТЭК, те же события на объектах других отраслей экономики, связанных с объектами ТЭК*);
- природные (*стихийные бедствия, суровые зимы с превышениями нормативных температурных условий, учитываемых при проектировании систем отопления; длительные маловодья на реках с ГЭС*);
- управленческо-правовые (*ошибки в экономической политике государства, неполнота проработки решений по перспективному развитию энергетики; неэффективность энергосберегающей политики государства и т.д.*).

3. ПУТИ ИССЛЕДОВАНИЯ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ

Для решения задач разных уровней иерархии в рассматриваемых исследованиях была применена многоуровневая иерархия оптимизационных исследований ТЭК. Взаимосвязь моделей и основные решаемые задачи представлены на рис. 1. В этом подходе модели верхнего уровня строятся путем агрегирования моделей нижнего уровня в соответствии с предварительно полученными для них условно оптимальными решениями. При этом модели нижнего уровня представляют собой имитационные модели систем энергетики для анализа вариантов их развития, оценки живучести и выявления «узких» мест при функционировании в различных условиях. Агрегированные решения, найденные с помощью моделей верхнего уровня, передаются в модели нижнего уровня и используются ими как границы, в пределах которых отыскивается детализированное решение.



Рис. 1. Взаимосвязь моделей двухуровневой технологии и основные решаемые задачи
На основе созданных в ИСЭМ СО РАН описанных выше методических подходов была разработана схема получения интегральной оценки уровня

энергетической безопасности региона, базирующаяся на индикативном анализе энергетической безопасности региона и на модельных исследованиях, рис. 2.



Рис. 2. Схема получения интегральной оценки уровня энергетической безопасности региона

Совместное использование аппарата комбинаторного моделирования и инструмента индикативного анализа [10] позволило разработать программно-вычислительный комплекс «Корректива» для выработки направлений корректировки вариантов развития ТЭК страны с позиций энергетической безопасности (рис. 3) [11]. Основная идея разработки состоит в автоматизации процесса формирования, а затем и первичного выбора (из множества возможных) направлений развития ТЭК, удовлетворяющих требованиям энергетической безопасности. Это позволяет сформировать базу для выработки направлений предупреждения, преодоления, либо смягчения последствий реализации стратегических угроз энергетической безопасности.

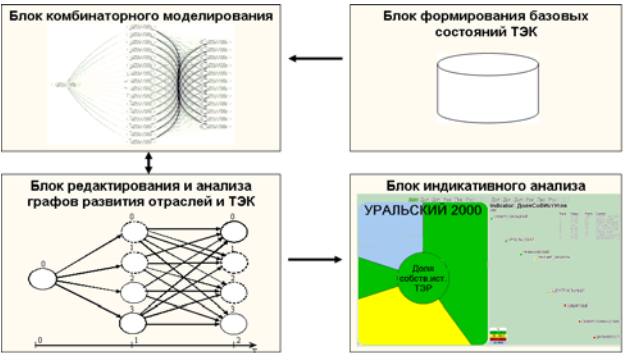


Рис. 3. ПВК «Корректива» для выработки направлений корректировки вариантов развития ТЭК страны с позиций энергетической безопасности

4. МОНИТОРИНГ И ИНДИКАТИВНЫЙ АНАЛИЗ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ

Необходимым условием для постановки и решения вопроса оценки уровня ЭБ страны и ее регионов явилась разработка понятия мониторинга ЭБ и системы, позволяющей этот мониторинг провести. При этом, мониторинг ЭБ характеризуется как

совокупность операций по «систематическому наблюдению, регистрации, диагностике и анализу процессов в энергетике (включая систему энергопотребления), влияющих на энергетическую безопасность, с целью идентификации угроз, оценки существующего и ожидаемого уровней ЭБ, подготовки информации для решения задач развития энергетики с учетом фактора ЭБ и для обоснования и выбора мер по ее (ЭБ) обеспечению», [7, 9].

Анализ зарождающихся либо угасающих тенденций, определяющих уровень ЭБ, а также оценка основных факторов и показателей состояния энергетики, как обобщенных, так и частных, осуществляется на основе использования системы индикаторов ЭБ, т.е. системы показателей, характеризующих уровень, состав и глубину угроз ЭБ. Эти показатели (индикаторы) могут быть частными, которые рассчитываются на базе первичных данных о состоянии того или иного процесса или явления, а могут быть интегрированными, обобщающими ряд близких или взаимосвязанных процессов.

В табл. 1 приведен перечень основных областей и объектов мониторинга, в рамках которых могут отслеживаться и оцениваться значения порядка 100 индикаторов различного уровня.

Таблица 1. Области и объекты мониторинга ЭБ

Область	Объект мониторинга
Оборудование и технологии ТЭК	Концентрация производства
	Износ фондов
	Аварийность оборудования
	Возможности по восстановлению
Энергетический баланс	Продолжительность сооружения
	Самосбалансированность по энергоресурсам
	Диверсифицированность энергоснабжения
	Дефициты и ограничения
Резервы и запасы	Адаптивность экономики
	Обеспеченность добычи
	Резервы производства
	Запасы топлива
Экономика и финансы	Удельная энергоемкость экономики
	Инвестиции в энергетику
	Финансовое состояние
	Поставки для энергетики

С целью более качественного и эффективного восприятия большого количества индикаторов, отражающих результаты мониторинга ЭБ России и ее регионов и являющихся информационной базой для обоснования решений по развитию ТЭК и СЭ с учетом требований ЭБ) всю совокупность показателей-индикаторов есть смысл ранжировать по территориальному признаку (уровень страны, региона) и по приоритетности (степени важности).

Ниже приведен состав важнейших индикаторов ЭБ России, выделенный экспертным путем:

- средний физический износ ОПФ по отраслям ТЭК;

- доля доминирующего вида топлива в структуре потребляемого КПП;
- отношение объема недопоставок ТЭР потребителям по стране в целом и суммарной потребности в них;
- отношение годового прироста промышленных извлекаемых запасов первичных ТЭР и их добыче;
- отношение фактического превышения производственных возможностей отраслей по производству и поставкам соответствующих ресурсов к суммарному спросу на них (включая экспорт);
- отношение суммарных запасов КПП на складах всех категорий на начало отопительного периода к годовому потреблению;
- относительное снижение (рост) удельной энергоёмкости ВВП;
- коэффициент обновления ОПФ ТЭК;
- динамика изменения коэффициента импортной зависимости по отраслям.

Индикативная оценка уровня ЭБ регионов страны осуществляется по трем, в значительной степени взаимосвязанным, блокам индикаторов, приведенным ниже:

1. Блок производственной и ресурсной обеспеченности системы топливо- и энергоснабжения региона. Индикаторы:

- 1.1. *Отношение суммарной располагаемой мощности электростанций региона к максимальной электрической нагрузке потребителей на его территории.*
- 1.2. *Отношение суммы располагаемой мощности электростанций и пропускной способности межсистемных связей региона с соседними к максимальной электрической нагрузке потребителей на его территории.*
- 1.3. *Возможности удовлетворения потребностей в КПП из собственных источников региона.*

2. Блок надежности топливо- и энергоснабжения региона. Индикаторы:

- 2.1. *Доля доминирующего ресурса в общем потреблении КПП на территории региона.*
- 2.2. *Доля наиболее крупной электростанции в установленной электрической мощности региона.*
- 2.3. *Уровень потенциальной обеспеченности спроса на топливо в условиях резкого похолодания (10%-й наброс потребления) на территории региона.*

3. Блок состояния ОПФ систем энергетики на территории региона

- 3.1. *Степень износа ОПФ энергетического хозяйства региона.*
- 3.2. *Отношение среднегодового ввода установленной мощности и реконструкции электростанций региона за предшествующий 5-летний период к установленной мощности региона.*

С целью оценки значений индикаторов ранее предлагалось аргументировать и обозначить некоторые пороговые значения, т.е.:

- предкризисное, как порог между приемлемым (нормальным) и предкризисным состоянием энергетики в аспекте, описываемом данным индикатором;
- кризисное, как порог между предкризисным и кризисным (чрезвычайным, неприемлемым) состояниями.

Сопоставление оцененного значения индикатора (на интересующем временном этапе) с его пороговым значением дает возможность говорить о качественном состоянии (степени кризисности) данного процесса или явления.

Описанное выше, представляет собой общий подход к оценке уровня кризисности того или иного индикатора. Для того же, чтобы оценить уровень ЭБ при том или ином состоянии или сценарии развития экономики и энергетики необходимо разработать механизм свертки значений тех индикаторов, которые характеризуют состояние, направление и динамику изменения процессов напрямую или косвенно связанных между собой и в значительной степени определяющих указанный уровень ЭБ. Другими словами, речь идет о некоей глобальной (интегрированной) оценке уровня ЭБ, по возможности учитывающей ожидаемые изменения в состоянии большинства индикаторов на рассматриваемую перспективу. Для того, чтобы эта оценка была реально осуществимым делом (учитывая колоссальную взаимозависимость большинства индикаторов) необходимо попытаться выделить из общего числа индикаторов такие, которые вкуче с интегрированной оценкой всех остальных, наиболее выпукло (объемно) характеризовали бы состояние энергетической безопасности для принятого к рассмотрению сценария развития ТЭК.

Ранее, в работах ИСЭМ СО РАН демонстрировались принципы исследования вопросов энергетической безопасности на уровне ТЭК с помощью экономико-математической модели ТЭК. Эта модель позволяет отследить взаимосвязи в работе отдельных СЭ и ТЭК в целом, оценить возможности взаимозаменяемости топлив и диверсификации энергоисточников. Матрица условий модели включает как технологические, так и финансово-экономические характеристики, а также показатели взаимозависимости работы отдельных отраслей ТЭК.

При рассмотрении подробного списка индикаторов, характеризующих состояние основных объектов мониторинга ЭБ [2], можно видеть, что показатели большей части индикаторов учитываются в данных, заложенных в матрицу условий и прямо или косвенно влияют на значения этих данных. Следовательно, можно считать, что численные значения рассматриваемых индикаторов непосредственно влияют на результаты расчетов и тем самым на то или иное решение и его стоимостную оценку, получаемые с помощью экономико-математической модели ТЭК.

Исследование определенного варианта развития энергетики на этой модели позволяет получить функционал (читай «стоимость решения») и физические объемы недопоставок конечных

энергоресурсов. Дополнительное исследование, не допускающее дефицита энергоресурсов у потребителя, позволяет говорить о стоимости принятия мер по выходу на возможности удовлетворения полного спроса на энергоресурсы в данной ситуации. В качестве стоимости такого выхода можно трактовать разницу в функционалах первого и второго решений. Разумеется, для того, чтобы получить адекватные оценки, необходимо тщательно продумать процесс формирования финансовых и производственных показателей, участвующих в расчетах. Из важнейших индикаторов здесь должны найти отражение и показатели износа, и положение с запасами КПП на складах, и динамика снижения или роста энергоёмкости, и коэффициент обновления ОПФ ТЭК.

Определившись со стоимостью выхода на возможности, закладываемые в исследуемых сценариях развития энергетики, мы можем дать сравнительные характеристики различных вариантов. Основным предметом для сравнения при этом будет сумма следующих составляющих:

- стоимость решения для условий продиктованных исследуемым вариантом развития ТЭК, с учетом реализации угроз энергетической безопасности (с возможным дефицитом ТЭР у потребителей);
- стоимость выхода на возможности по удовлетворению полного спроса на энергоресурсы в сложившихся условиях.

Таким образом, можно утверждать, что с помощью проведения исследований на экономико-математической модели ТЭК при грамотном описании процессов мы учитываем значения большинства индикаторов, описывающих технологические и финансово-экономические характеристики функционирования энергетики. При этом получаем некую интегрированную оценку уровня ЭБ в той части, и в том аспекте, которые описываются учитываемым в модели набором индикаторов. В то же время вряд ли существует насущная необходимость и даже возможность загружать модель такими индикаторами, входящими в список важнейших как, например:

- доля доминирующего вида топлива в структуре КПП;
- отношение годового прироста промышленно извлекаемых запасов первичных ТЭР и их добыче;
- отношение фактического превышения реальных производственных возможностей отраслей ТЭК по производству и поставкам соответствующих ресурсов к суммарному спросу на них (включая экспорт).

Но следить за динамикой значений и самими значениями этих индикаторов и пытаться на основе их анализа формировать пути решения соответствующих проблем – чрезвычайно важно для поддержания приемлемого уровня ЭБ в стране.

Таким образом, для получения полной интегральной оценки уровня энергетической безопасности появляется необходимость введения еще одного

принципа ранжирования всей совокупности индикаторов ЭБ – по характеру их учета. Необходимо определиться – значения каких индикаторов (или их взаимосвязей) могут быть учтены в модели и значения каких индикаторов необходимо отслеживать другими методами наряду с «модельной» оценкой. При этом стоит оговориться, что число таких отдельно оцениваемых индикаторов должно быть подъемным для анализа. Другими словами, это должны быть действительно важнейшие индикаторы такого же уровня, как для примера приведенные выше.

Учитывая вышесказанное можно остановиться на следующем этапе получения интегральной оценки уровня ЭБ при исследовании возможностей реализации того или иного сценария развития энергетики:

- определение двух составляющих общей стоимости решения, описанных выше, и анализ их соотношения для получения интегральной оценки энергетической безопасности по результатам исследований на экономико-математической модели ТЭК;
- определение значений группы индикаторов, высвечивающих отдельные важнейшие моменты, на которые необходимо обратить внимание с целью их последующего отслеживания и (при необходимости) усиления соответствующих позиций.

В результате проведения двух вышеописанных операций, значение каждого индикатора из группы отдельно отслеживаемых, равно как и значение модельной оценки, необходимо оценить по уровню их состояния или по уровню кризисности, согласно расстановке конкретных для каждого случая пороговых значений на соответствующей шкале.

Состояние того или иного индикатора в зависимости от расположения его фактического или ожидаемого значения на шкале состояний, можно оценить следующим образом:

$$f(S_i) = \begin{cases} H, & S_i < S_i^{ПК} \\ ПК, & S_i^{ПК} \leq S_i < S_i^K \\ K, & S_i \geq S_i^K \end{cases} \quad (1)$$

где n – количество оцениваемых индикаторов;
 S_i – фактическое (ожидаемое) значение i -го индикатора;
 $S_i^{ПК}, S_i^K$ – значения предкризисного и кризисного пороговых значений i -го индикатора;
 $H, ПК, K$ – качественная оценка состояния индикатора: нормальное, предкризисное и кризисное соответственно.

С помощью выражения (1) можно получить качественную оценку состояния того или иного индикатора энергетической безопасности.

Следующим шагом перед определением интегрального состояния уровня ЭБ должно быть определение значимости конкретного (i -го) индикатора в общей шкале индикаторов или

выяснение его «удельного веса» в общей системе ценности индикаторов.

Вероятнее всего, наиболее простым и эффективным путем «развески» индикаторов по степени приоритетности отслеживания их значений и по значимости их влияния на уровень ЭБ является способ попарного сравнения их (индикаторов) значимости экспертным путем. Для большей объективности такой оценки может быть использован метод интерполяции независимых мнений группы экспертов в данной области. Удельный вес конкретного индикатора в общей сумме «весов» всех исследуемых индикаторов может быть определен следующим образом:

$$V_i = \sum_{j=1}^n v_{ij} / \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n v_{ij}, \quad (2)$$

где V_i – удельный вес i -го индикатора в системе оцениваемых индикаторов;

v_{ij} – условная значимость i -го индикатора в сравнении с j -м индикатором.

Эта условная значимость v_{ij} как раз и есть усредненное значение мнений экспертов по поводу относительной значимости i -го индикатора перед j -м. Матрица сравнительных характеристик условной значимости индикаторов энергетической безопасности представлена рис. 4.

	1	2	3	...	n
1	1	v_{12}	v_{13}	...	v_{1n}
2	v_{21}	1	v_{23}	...	v_{2n}
3	v_{31}	v_{32}	1	...	v_{3n}
...	...	...	...	1	...
n	v_{n1}	v_{n2}	v_{n3}	...	1

Рис. 4. Матрица сравнительных характеристик условной значимости индикаторов ЭБ

Определив удельные веса конкретных индикаторов в общей системе ценности всех рассматриваемых индикаторов, можно приступить к их свертке и качественной интегральной оценке общего состояния ЭБ в стране или в регионах по индикаторам.

$$Q_u = \begin{cases} H, & \frac{\sum_{i=1}^n V_i^H}{\sum_{i=1}^n V_i} \geq \delta_H \\ PK, & \frac{\sum_{i=1}^n V_i^K}{\sum_{i=1}^n V_i} \leq \delta_K \text{ и } \frac{\sum_{i=1}^n V_i^K + \sum_{i=1}^n V_i^{PK}}{\sum_{i=1}^n V_i} > \delta_H, i=1, n \\ K, & \frac{\sum_{i=1}^n V_i^K}{\sum_{i=1}^n V_i} \geq \delta_K \end{cases} \quad (3)$$

где Q_u – интегральная оценка качественного состояния энергетической безопасности по индикативной оценке;

V_i – удельный вес i -го индикатора;

V_i^H, V_i^{PK}, V_i^K – удельный вес i -го индикатора, находящегося в области нормальных, предкризисных и кризисных значений, соответственно;

δ_H, δ_K – коэффициенты, характеризующие уровень достижения нормального или кризисного состояния.

Введение коэффициентов δ_H, δ_K можно пояснить следующим образом: $Q_u = H$, когда суммарный удельный вес всех индикаторов, находящихся в нормальном состоянии составит не менее (δ_H) часть от суммы удельных весов всех индикаторов. Точно также если суммарный удельный вес всех индикаторов, находящихся в кризисном состоянии составит (δ_K и более) часть от суммы удельных весов всех индикаторов, то $Q_u = K$. В остальных же случаях $Q_u = PK$. Логично предположить, что значение коэффициента достижения нормального состояния δ_H может располагаться в границах от 0,7 до 1, т.к. значение δ_H меньшее чем 0,7 может означать, что 30% удельного веса индикаторов находится в зоне кризисных значений, δ_K , в свою очередь, может располагаться в пределах от 0,4 до 1 и означать, что состояние энергетической безопасности по индикативной оценке можно характеризовать, как кризисное, если 40% и более от удельного веса индикаторов находится в состоянии кризиса.

Если же состояние энергетической безопасности по индикативной оценке находится между областями, определенными как нормальная и кризисная, то оно должно быть воспринято, как предкризисное.

Вряд ли в процессе оценки состояния энергетической безопасности по группе индикаторов и назначения относительных весов конкретных индикаторов в общей «системе ценностей» можно оценить значимость модельного решения («интегрального» модельного индикатора). Необходимо отдавать себе отчет, что в силу глобальности объема учитываемых показателей индикаторов и их взаимосвязей значимость «модельного решения», или "модельного индикатора" по своему уровню и информативности априори выше, чем значимость любых отдельно взятых индикаторов, а потому его роль является определяющей при выборе путей развития ТЭК с позиций обеспечения ЭБ страны или отдельного региона.

Выше был приведен тезис о том, что уровень кризисности модельного решения (состояние энергетической безопасности на основе исследований на моделях) можно оценивать в зависимости от отношения стоимости выхода из дефицитного решения к стоимости первоначального решения при данном варианте развития энергетики. Принцип оценки этого состояния может быть следующий:

$$Q_m = \begin{cases} H, & \frac{(f_{\text{до}} - f_o)}{f_o} < g_{\text{ПК}} \\ PK, & g_{\text{ПК}} \leq \frac{(f_{\text{до}} - f_o)}{f_o} < g_K \\ K, & \frac{(f_{\text{до}} - f_o)}{f_o} \geq g_K \end{cases} \quad (4)$$

где Q_m – интегральная оценка качественного состояния энергетической безопасности на основе модельно оцениваемых значений индикаторов и их взаимосвязей;

$f_o, f_{\text{до}}$ – соответственно стоимость первоначального решения с возможными дефицитами энергоресурсов у потребителей (при учете существующих или предполагаемых тенденций изменения во времени численных значений основных индикаторов ЭБ) и стоимость "бездефицитного" решения (с реализацией мероприятий по выходу из дефицитного состояния);

$g_{\text{ПК}}, g_K$ – соответственно предкризисное и кризисное пороговые значения отношения стоимости преодоления дефицита энергоресурсов к стоимости первоначального (дефицитного) решения.

Как и в случае с оценкой пороговых значений других индикаторов, пороговые значения вышеуказанного отношения могут быть оценены экспертным путем (к примеру, $g_{\text{ПК}} = 0,2$; $g_K = 0,3$).

По-видимому, интегральная оценка уровня энергетической безопасности по обем группам отслеживаемых индикаторов должна определяться согласно следующей логике: когда состояние одной из двух составляющих интегральной оценки ЭБ попадает в предкризисную область, а состояние другой составляющей пребывает в области нормальных значений, налицо – переход в предкризисную область состояния ЭБ; в случае же, когда состояние хотя бы одной составляющей становится кризисным, можно говорить о кризисности интегральной оценки ЭБ в целом.

5. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Данная оценка в значительной степени формальна, но отдельное рассмотрение ее составляющих дает возможность оценить наиболее опасные формирующиеся, либо развивающиеся тенденции в различных аспектах функционирования ТЭК. В дальнейшем эта оценка позволит сделать выводы о предпочтительности того или иного варианта развития энергетики с позиций обеспечения энергетической безопасности, либо о возможностях и основных направлениях его корректировки.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Воропай Н.И., Криворуцкий Л.Д., Руденко Ю.Н. и др. *Об энергетической безопасности государства* // Энергетика и электрификация (Украина), 1995, № 3, с. 49-51.
- [2] Воропай Н.И., Клименко С.М., Криворуцкий Л.Д. и др. *О сущности и основных проблемах энергетической безопасности России* // Изв. РАН. Энергетика. – 1996, № 3. – С. 38-49.
- [3] Воропай Н.И., Клименко С.М., Криворуцкий Л.Д. и др. *Некоторые проблемы энергетической безопасности России и ее регионов* // Энергетика России в переходный период: проблемы и научные основы развития и управления / Под ред. Меренкова А.П. – Новосибирск: Наука, Сиб. издат фирма РАН. – 1996. – С. 23-35.
- [4] *Energy Dictionary/ World Energy Council.* – Paris: Jouve SI, 1992. – 635 p.
- [5] *Федеральный закон "О безопасности" от 05.03.92 № 2446-1 (в ред. Закона РФ от 25.12.92 № 4235-1, Указа Президента РФ от 24.12.93 № 2288)* // Безопасность России. Правовые, социально-экономические и научно-технические аспекты. Основополагающие государственные документы. Часть 1. – М.: МГФ Знание, 1998. – С. 117-127.
- [6] Воропай Н.И., Криворуцкий Л.Д., Пяткова Н.И., Славин Г.Б., Чельцов М.Б. *Энергетическая безопасность – надежность систем энергетики – надежность энергоснабжения: соотношение понятий и аспектов исследования* // Методические вопросы исследования надежности больших систем энергетики. Вып. 48. Актуальные проблемы надежности систем энергетики в новых условиях. – Мурманск, 1996. – С. 74-80.
- [7] *Энергетическая безопасность России* / В.В. Бушуев, Н.И. Воропай, А.М. Мастепанов, Ю.К. Шафраник и др. – Новосибирск: Наука, Сиб. Изд. Фирма РАН, 1998. – 306 с.
- [8] *Энергетическая безопасность. Термины и определения* / Отв. ред. чл.-корр. РАН Воропай Н.И. – М.: ИАЦ Энергия, 2005. – 60 с.
- [9] *Энергетическая безопасность России: проблемы и пути решения* / Н.И. Пяткова, В.И. Рабчук, С.М. Сендеров и др. – Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2011. – 198 с.
- [10] Сендеров С.М. *Модельно-индикативный подход к оценке уровня энергетической безопасности страны при различных вариантах развития энергетики* // Известия РАН. Энергетика. – 2005. – № 4. – С. 3-9.
- [11] Пяткова Н.И., Рабчук В.И., Сендеров С.М., Еделев А.В. и др. *Методические основы выбора направлений корректировки решений по развитию энергетики государства с позиций энергетической безопасности.* – Известия РАН. Энергетика. – 2006. – № 3, С. 21-27.



Сергей Михайлович Сендеров, заместитель директора Института систем энергетики им. Л.А. Мелентьева СО РАН, заведующий отделом энергетической безопасности, доктор технических наук, окончил Иркутский политехнический институт в 1986 г. Область научных интересов: надежность топливо- и энергоснабжения, энергетическая безопасность, исследование вопросов живучести энергетических систем, проблемы развития газового и нефтяного секторов. Автор и соавтор более 100 опубликованных научных работ.