



## ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫЙ КОМПЛЕКС ДЛЯ МОНИТОРИНГА И АНАЛИЗА ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ

Быкова Е.В., Постолатий В.М., Чиник М.А., Гродецкий М.В., Кириллова Т.И.  
Институт энергетики АНМ

**Аннотация** В статье описаны методология мониторинга индикаторов энергетической безопасности. Она использована в вычислительном комплексе для анализа и мониторинга показателей энергетической безопасности. Вычислительный комплекс имеет разветвленную структуру, которая включает базу энергетических данных. Определение значений индикаторов, общей интегральной оценки, динамики изменения индикаторов, прогнозирования значения, моделирования сценариев угроз. можно выполнить, используя вычислительный комплекс.

**Ключевые слова.** Энергетическая безопасность, индикатор, угроза, вычислительный комплекс

## COMPUTER SYSTEM MONITORING AND ANALYSIS OF ENERGY SECURITY

Bicova Elena, Postolati Vitaly, Chinic Maria, Grodetskii Mihail, Kirillova Tatiana  
Institute of Power Engineering of Academy of Sciences of Moldova

**Abstract** This article describes the methodology for monitoring indicators of energy security. It is used in the computer system to analyze and monitor the performance of energy security. Computing system has a broad framework that includes energy data base. The determining the values of the indicators, the overall integrated assessment, dynamics indicators, forecasting values, simulation of threats. can be done using computer system

**Keywords** energy security, indicator, threat, computer system

## COMPLEX DE CALCUL PENTRU MONITORIZAREA ȘI ANALIZA SECURITĂȚII ENERGETICE

Bicova Elena, Postolati Vitali, Cinic Maria, Grodetskii Mihail, Kirillova Tatiana  
Insitutul de Energetică al ASM

**Rezumat.** Acest articol descrie metodologia pentru monitorizarea indicatorilor securității energetice. Acesta este utilizată în sistemul informatic pentru analiza și monitorizarea performanțelor securității energetice. Sistemul informațional conține o structură ramificată, care include baza de date energetice. Determinarea valorilor indicatorilor, stării integrale generale, dinamicii schimbării indicatorilor, prognozarea valorilor, modelarea scenariilor de pericol pot fi efectuate în baza acestui sistem informațional de calcul.

**Cuvinte cheie.** securitatea energetică, indicator, complexul de calcul

### Актуальность исследований в области энергетической безопасности

Практически все высокотехнологичное производство в мире требует расхода энергии в том или ином виде. Попытки расширить использование возобновляемых источников энергии, несмотря на достаточно большие финансовые вложения, пока не привели к массовому их использованию, и традиционная энергетика с использованием ископаемых топлив, остается основным, ключевым элементом функционирования экономики мира и развития производства, в т.ч. по созданию возобновляемых источников. Природные ископаемые топлива имеют естественный количественный предел. Прогнозируемые сроки полной добычи ископаемых топлив, оцениваемые достаточно небольшими периодами на перспективу,

сделали вопросы энергетической безопасности крайне важными, актуальными и злободневными.

Под *энергетической безопасностью* понимают состояние защищенности страны (региона), ее граждан, общества, государства и экономики от угрозы дефицита в обеспечении потребностей в энергии экономически доступными топливно-энергетическими ресурсами (ТЭР) приемлемого качества в нормальных условиях и в чрезвычайных обстоятельствах, а также от угрозы нарушения стабильности топливо- и энергоснабжения, [1].

Энергетическая безопасность является составляющей экономической безопасности, наряду с другими видами безопасности, такими как демографическая, информационная, правовая, продовольственная и т.д.

Экономическая безопасность, в свою очередь, является составляющей экологической безопасности, которая охватывает всю среду обитания человека и включает атмосферу, литосферу, гидросферу и самого человека как индивида, приспособленного к существованию в условиях Земли.

В связи с необходимостью оценки вклада энергетической составляющей в экономической безопасности и в экологической безопасности, в проводимых исследованиях выделены три направления – энергетической безопасности (основное), экономической и экологической (как дополнительные).

В связи с этим энергетическая безопасность, как понятие, имеет комплексную структуру, которая охватывает не только узкоспециальные технические вопросы безопасного функционирования энергетики, но и учитывает различные экономические и социальные факторы, имеющие отношение к энергетике. Это отражается в системах индикаторов для анализа энергетической безопасности (более 40) и других, дополнительных разделов – экономической и экологической безопасности (более 20 и более 40 индикаторов). Для расчета значений индикаторов необходим набор исходных данных, который в совокупности составляет около 200 показателей в области энергетики и некоторых синтетических показателей экономики и экологии.

#### **Методология**

Выполнение мониторинга состояния индикаторов осуществляется с помощью индикативного анализа, этапы проведения которого следующие :

1) Формирование цели исследования и выбор объекта. В качестве объекта может выступать ТЭК страны в целом, энергетические сектора (электроэнергетика, теплоэнергетика, топливные отрасли: угольная, газовая, нефтяная и т.п.), отдельные предприятия; также возможен анализ по территориальному признаку – регион, область, район, населенный пункт;

2) Формирование системы индикаторов, определение источников данных, создание базы данных первичных показателей для расчета значений индикаторов и для ретроспективного обзора его изменения (индикатор – это носитель информации; для его расчета может использоваться один или несколько первичных показателей).

3) Определение пороговых величин индикаторов. Под пороговыми понимают значения индикаторов, превышение которых означает кризисное состояние. В связи с этим для каждого индикатора можно построить шкалу, разделенную на 2 большие части – нормальное состояние и кризисное состояние. Для усиления внимания и принятия срочных мер по недопущению кризисного состояния выделяют еще предкризисную зону и шкала принимает вид: нормальное состояние, предкризисное состояние, кризисное состояние.

Такая шкала носит качественный характер. Каждому интервалу присвоен балл (нарастает по мере утяжеления состояния – равномерная шкала), что

позволяет для всей системы индикаторов находить общую оценку, тем самым определяя итоговый уровень энергетической безопасности объекта.

Такая шкала применяется для анализа экономической безопасности [7-8], и в некоторых странах для анализа энергетической безопасности, например, в Беларуси. Для удобства анализа и детализации рисков можно детализировать и шкалу, разделив ее на дополнительные области, например, зону предкризисного состояния на 3 равные части, зону кризисного состояния также на несколько интервалов с применением коэффициентов утяжеления 1,2; 1,4; 1,6, [1]. Каждому интервалу присвоено название и балл (состояния от 1 до 8), а именно:

- нормальное - [1; 2);
- предкризисное начальное [2; 3);
- предкризисное развивающееся [3; 4);
- предкризисное критическое [4; 5);
- кризисное нестабильное [5; 6);
- кризисное угрожающее [6; 7);
- кризисное чрезвычайное [7; 8).

При *нормальном* уровне энергетической безопасности необходимо осуществлять плановые мероприятия по поддержанию работоспособности ТЭК.

При *предкризисном* необходимы превентивные дополнительные меры по предупреждению развития угроз (рисков), т.е. меры предупреждающего характера.

При *кризисном* необходимы срочные меры по возврату к нормальному состоянию кризисных индикаторов и меры, которые в дальнейшем не допустят возникновение подобных ситуаций, т.е. меры ликвидационного характера. Таким образом, необходим комплекс мероприятий для обеспечения энергетической безопасности.

4) Расчет значений индикаторов, сравнение фактических значений каждого индикатора за текущий год с пороговыми значениями, определение интервала по шкале кризисности, построение динамики его изменения с учетом ретроспективы, построение регрессионного тренда для краткосрочного прогноза состояния на 1-2 точки вперед.

5) Расчет общей итоговой балльной оценки по всей системе индикаторов и определение уровня энергетической безопасности объекта в целом. Построение итоговой кривой мониторинга уровня энергетической безопасности с учетом ретроспективы и добавлением текущей точки состояния за год „t”.

6) Выявление наиболее кризисных индикаторов и степени их влияния на общую ситуацию методом скаляризации, множественной регрессии;

7) Формирование комплекса мероприятий по обеспечению энергетической безопасности на основе проведенного анализа;

8) Анализ вклада энергетики в формирование угроз для экономической безопасности и экологической безопасности. Для его выполнения необходима предварительная работа по определению уровня экономической безопасности за текущий год с учетом ретроспективы по аналогичной методологии и

значений индикаторов экологической безопасности (для них только частично имеются пороговые значения и на текущий момент нет возможности определить общий уровень состояния экологической безопасности) - приложения «Экономическая безопасность» и «Экологическая безопасность».

9) Прогнозирование выполняется с помощью специально разработанного модуля «Прогноз», который использует аппарат динамического программирования.

10) Моделирование сценариев выполняется с помощью специально разработанного модуля «Сценарии», который позволяет выполнять расчет сразу для ряда вариантов и строить итоговый график состояния уровня энергетической безопасности при реализации угроз.

Реализация методологии осуществлена в вычислительном комплексе, который имеет разделы энергетической, экономической и экологической безопасности. Входная информация сосредоточена в базах данных по энергетике Excel и Access, которые включают показатели по экономике и экологии, имеющие отношение к энергетике. Комплекс позволяет выполнять мониторинг состояния индикаторов, прогнозирование их значений, определять взаимосвязи индикаторов и их взаимное влияние, моделировать угрожающие факторы, угрозы, риски,[2].

#### Общая структура вычислительного комплекса

В настоящее время прототип вычислительного комплекса объединяет:

1) Базу данных по энергетике (реализовано 2 варианта – Excel и Access) -информационный модуль или модуль входной информации;

2) Расчетный модуль, который включает расчет фактических значений индикаторов, расчет их пороговых значений, расчет балльных оценок состояний, определение общего уровня энергетической безопасности страны;

3) Аналитический модуль, в котором определяются взаимосвязи с системами индикаторов экономической и экологической безопасности, строятся описывающие кривые и тренды изменения индикаторов;

4) Выходная информация сосредоточена в виде:

- графиков состояния индикаторов с выравнивающими кривыми ;

- итогового графика балльной оценки состояния уровня энергетической безопасности с ежегодным добавлением точки предыдущего года;

- графиков прогнозов состояния индикаторов;

- графиков уровней энергетической безопасности при моделировании угроз по сценариям;

5) Модуль прогнозирования для определения тенденций изменения итогового уровня энергетической безопасности и каждого индикатора в отдельности на перспективу;

6) Модуль сценариев, с помощью которого оцениваются уровни безопасности при реализации угроз и рисков в действительности.

Вычислительный комплекс реализован с помощью программы EXCEL. Модульное построение позволяет нарастить его дополнительными модулями по мере необходимости (рис.1). Стартовая страница комплекса приведена на рис.2, а его внутренняя структура – на рис.3.



Рис.1. Структура вычислительного комплекса для анализа и мониторинга энергетической безопасности



Рис.2. Стартовая страница вычислительного комплекса для мониторинга и анализа энергетической безопасности



Рис.3. Модули входной и выходной информации и расчетно-аналитические модули

### База данных по энергетике в Excel

База данных включает ряды данных для периода с 1990 года и по текущий момент по секторам энергетики- топливному, электроэнергетическому, теплоэнергетическому и ряду других показателей, имеющих отношение к энергетике. База построена с возможностью переходов по страницам и включает

титuleную страницу и страницы с данными по текущему состоянию показателей;- по структуре секторов ТЭК (электрические сети, тепловые сети, газовые сети, топливные ресурсы, задолженности ТЭК, ввод в действие новых объектов, инвестиции и другая информация), рис.4.

<b>БАЗА ДАННЫХ ПО ЭНЕРГЕТИКЕ</b> Титульная страница (оглавление ) файла исходных данных вычислительного комплекса для мониторинга и анализа индикаторов энергетической безопасности			
Общие	Электроэнергия	Среднедушевой доход	Социальные аспекты
Топливо ( в натуральных единицах)	Теплоэнергия	Задолженности	Инвестиции
Топливо ( в тыс тут уг экв)	Электрические сети	Тарифы	Коэффициенты преобразования
Собственные ТЭР	Тепловые сети	Энергоемкость	экологические аспекты
Топливо МГРЭС	Газовые сети	Ввод оборудования	Другая информация

Рис. 4. Титульная страница базы данных по энергетике

#### База данных в Access

База данных в Access создается с целью оперативного использования накопленной информации по показателям энергетики и связанных с энергетикой показателям в экономике и экологии и содержит идентичную информацию с файлом исходных данных в Excel. Такое представление данных имеет две функции- библиотечного характера (Access) и входной информации для расчета значений индикаторов (Excel)

Составлены два вида таблиц в Access, которые отличаются названием и расположением в них полей. *Первый вид* таблиц: название полей – годы. *Второй вид* таблиц – название полей составляет название индикаторов и название дополнительной информации, необходимой для расчетов некоторых индикаторов. Построены схемы данных связей между таблицами для обоих видов таблиц. Ежегодно производится добавление показателей за прошедший год, что позволяет пополнить базу данных. Разработанная база данных является Приложением вычислительного комплекса для анализа и мониторинга индикаторов энергетической безопасности.

#### Источники информации и трудности верификации

Трудности, которые имеют место при сборе и подготовке исходных показателей для пополнения базы данных:

- большое запоздание выпуска статистических изданий (полгода и более); расхождение в показателях по опубликованным источникам, даже выпущенных одним и тем же органом (например, Национальным Бюро Статистики-НБС), в связи с чем необходима верификация данных, сверка, уточнение, комментарии и т.д.;

- изменение форм отчетности, публикуемых НБС, с ухудшением информативности и полноты показателей (исчезновение строк, разделов, целых таблиц), что затрудняет работу над расчетом значений индикаторов, т.е. имеет место сужение допуска к информации;

- попадание в международные источники показателей по ТЭК Молдовы, которые не совпадают с национальными, что вызывает путаницу и снижение достоверности информации по ТЭК, что может приводить к принятию неверных решений или неверной аргументации.

#### Мониторинг индикаторов энергетической безопасности

Ежегодный мониторинг энергетической безопасности включает следующие этапы:

- 1) Пополнение баз данных показателями за предыдущий год.
- 2) расчеты фактических значений индикаторов, их пороговых величин, построение шкал кризисности, определение балльной оценки и интервала кризисности для текущего года, построение трендов изменения индикаторов с учетом ретроспективы, построение описывающих зависимостей, определение корреляционных связей и регрессионный анализ, выявление наиболее кризисных индикаторов;
- 3) определение итогового уровня энергетической безопасности и построение графика состояния; прогнозирование значений индикаторов с помощью специального метода условного нелинейного математического программирования; моделирование сценариев развития ситуации для различных случаев;
- 4) разработка (корректировка) комплекса мероприятий по обеспечению и повышению энергетической безопасности, определение ее вклада в создание угрозы экономической безопасности,

разработка рекомендаций по запросу вышестоящих организаций.

Для *экономической безопасности* выполняется аналогичный мониторинг с определением итоговой балльной оценки состояния, для *экологической*-анализ динамики изменения индикаторов, так как для данного сектора пока не разработаны кризисные значения индикаторов

По методологии, описанной выше, ежегодно проводится работа по систематизации исходных данных, расчету значений индикаторов и определению итоговой оценки состояния энергетической безопасности в целом для всей системы индикаторов, отражающих состояние каждого из секторов энергетики. По результатам строятся графики динамики состояния для каждого

индикатора (более 40), и итоговый график общего уровня энергетической безопасности (приведен на рис.5)

Анализ итогового уровня состояния позволил заключить, что в целом по Правобережью общий уровень энергетической безопасности за исследуемый период ухудшался, иными словами, имело место нарастание опасности со 2,69 до 4,48 по принятой шкале кризисности. В период с 2000 по 2010 гг наблюдается стабилизация состояния в предкризисном критическом интервале.[3].

Полученная оценка свидетельствует о необходимости принятия самых срочных мер по улучшению ситуации в энергетике, о необходимости активизации инвестиционной деятельности по ее развитию и модернизации.



Рис. 5 График динамики изменения итогового уровня энергетической безопасности за 1990-2010 гг

Вычислительный комплекс имеет Приложение «Прогноз» и Приложение «Сценарии», с помощью которых возможно прогнозирование состояния индикаторов и моделирование угроз. С помощью Приложения «Сценарии» построен ряд моделей состояния энергетической безопасности при снижении производства электроэнергии на собственных электростанциях, при снижении величины импортируемой электроэнергии, при отключении ряда системообразующих ЛЭП и др. Для каждой группы сценариев построены итоговые кривые уровня энергетической безопасности при реализации рассматриваемой угрозы. Так, например, установлено, что наиболее трудные ситуации в

энергетике будут иметь место при отключении ТЭЦ-2 и при отключении одноцепной ЛЭП Бельцы – Днестровская ГЭС (Украина).

Нарастание опасности при постепенном снижении мощности ТЭЦ-2 (сценарии М1-М7 с шагом 40 МВт) показано на рис.6. Рассмотрен также сценарий увеличения ее установленной мощности с 240 до 512 МВт (сценарий М8). Полученные значения итоговых уровней нарастания опасности при возникновении таких ситуаций в действительности позволяют определить приоритеты при формировании энергетической стратегии и программ развития отрасли.



Рис.6. Изменение уровней энергетической безопасности при постепенном снижении мощности ТЭЦ-2

### Выводы

Описанная методология индикативного анализа энергетической безопасности и вычислительный комплекс, реализованный на ее основе, позволяют проводить ряд исследований состояния энергетической безопасности, что позволяет принимать более взвешенные и мотивированные решения по развитию энергетического комплекса страны.

### Литература

- [1]. В.Г.Благодатских, Л.Л.Богатырев, В.В.Бушуев, Н.И.Воропай и др. *Влияние энергетического фактора на экономическую безопасность регионов России*. Екатеринбург: Изд-во Уральского университета, 1998 г. 195 с.
- [2]. Е.В.Быкова. *Методы расчета и анализ показателей энергетической безопасности* (на примере энергосистемы Молдовы) Монография, Кишинев, Типография АН РМ, 158 с., 2005. Серия «Энергетическая безопасность», книга №2. ISBN 9975-62-129-5.
- [3]. Быкова Е.В. *Мониторинг индикаторов энергетической безопасности*. Монография. Типография АНМ, 162 с, 2008, Кишинев. Серия «Энергетическая безопасность», книга №4. ISBN 978-9975-62-246-2.



**Быкова Е.В.**, вед. н.с., к.т.н. Профессиональные интересы находятся в области исследования и анализа общих проблем энергетики, методологии расчета и мониторинга индикаторов энергетической безопасности страны (региона); в области применения современных технологий производства электрической и тепловой энергии.



**Постолатий В.М.**, гл.н.с., академик, д.т.н. Область научных интересов: энергетические системы, управляемые линии электропередач переменного тока повышенной пропускной способности, проблемы передачи энергии, режимы энергетических систем, переходные электромеханические процессы, электрические станции, теплоэнергетика, экономика энергетики, вопросы управления энергетическим комплексом.



**Чник М.А.**, ведущий инженер. Научные интересы: исследование режимов электроэнергетических систем, моделирование развития и оптимизация развития энергетических систем, базы данных в области энергетики и энергетической безопасности, экономической безопасности.



**Гродецкий М.В., н.с.**, специалист в области электроэнергетических систем, электрических станций и управления ими. Научные интересы связаны с разработкой методов расчета режимов энергосистем, автоматизации, оптимизации режимов и оптимизации развития энергосистем, моделирования процессов в энергетике, программист.



**Кириллова Т.И.**, н.с. Научные интересы связаны с моделированием энергетических систем, энергетической безопасности, экологии энергетики, баз данных в энергетике, законодательной базы в области энергетики и экологии.