



## CONCEPTUAL TERMS AND MONITORING SYSTEM OF ENERGY SECURITY

**Elena BYKOVA**

Institute of Power Engineering of ASM

**Abstract** -This work describes the features of the indicators system developed for the analysis and monitoring of the energy security of Moldova. The indicators reflect the different aspects of the power system and energy sector: structure, supply domestic and imported fuels, power supply balance, heat balance, a set of economical and ecological indexes of energy sector, some of the social aspects. The applied methodology of indicative analysis uses a comparison of the indicator values with the crisis values on the crisis scale for each indicator. Described selected type of crisis-scale to assess the indicators status, and possible solutions to crisis thresholds definition. The structure and the start page of special software for monitoring indicators are shown. The tasks that it can solve and analyze are described. Among them are the following: Excel and Access databases creation, current valid indicator values calculations, threshold values calculations, each indicator status calculation, the final level of energy security calculation, the simulation of describing curves for the series of indicator values, indicator values forecasting, energy balance forecasting, threat modeling (calculations based on scenarios), monitoring of macroeconomic indicators related with energy sector, monitoring of gross emission pollution from the energy industry. A conceptual list of energy security is designed. They are divided into 5 areas, including: the problem of energy security, methods of define of the energy security levels, monitoring and indicators analysis, ways to ensure energy security, measures to increase the energy security.

**Keywords**- Energy security, indicator, concept, modeling.

## PREVEDERI CONCEPTUALE ȘI SISTEMUL DE MONITORIZARE AL SECURITĂȚII ENERGETICE

**Elena Bîcova**

Institutul de Energetică a ASM

**Abstract.** Lucrare descrie caracteristicile sistemului de indicatori, elaborat pentru analiza și monitorizarea securității energetice a Moldovei. Indicatorii reflectă diferite părți ale sistemului energetic și al complexului combustibil-energetic - structura sectorului energetic, aprovizionarea cu resurse de combustibil propriu și importat, balanța electrică, producția de energie termică din surse centralizate și descentralizate și consumul ei, un șir de indicatori economici și ecologici din sectorul energetic, unele dintre aspectele sociale.

Metodologia aplicată a analizei indicative folosește o comparație a valorilor indicatorilor cu valorile limită de pe scara de criză pentru fiecare indicator. Este descris tipul scării de criză selectat pentru evaluarea stării indicatorilor, precum și posibilele abordări pentru definirea valorilor limită de criză. Este prezentată structura și pagina de start a softului special elaborat pentru monitorizarea indicatorilor. Sunt descrise sarcinile pe care softul le poate rezolva și analiza. Printre acestea se numără următoarele: sistematizarea datelor primare în bazele de date în Excel și Access, calcularea valorilor curente ale indicatorilor, calcularea valorilor limită, calcularea baremurilor stării fiecărui indicator, estimarea nivelurilor finale ale securității energetice, simularea curbelor descrise pentru șirurile de valori ale indicatorilor, prognozarea valorilor indicatorilor, prognozarea balanței combustibil-energetice, modelarea riscurilor (calculare bazate pe scenarii), monitorizarea indicatorilor macroeconomici în sectorul energetic, monitorizarea emisiilor totale de poluanți din sectorul energetic. S-a elaborat o listă a prevederilor conceptuale ale securității energetice. Acestea sunt împărțite în 5 direcții, inclusiv: problema securității energetice, abordări metodice pentru studiul nivelurilor securității energetice, monitorizarea și analiza indicatorilor, căile de asigurare a securității energetice, măsuri de ameliorare a securității energetice.

**Cuvinte cheie:** Securitate energetică, indicator, concepție, modelare.

## КОНЦЕПТУАЛЬНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ И СИСТЕМА МОНИТОРИНГА ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ

**Е.В.Быкова**

Институт энергетики АНМ

**Реферат.** В работе описаны особенности системы индикаторов, разработанной для анализа и мониторинга энергетической безопасности Молдовы. Индикаторы отражают разные стороны энергетической системы и топливно-энергетического комплекса -структуру энергосистемы, снабжение собственными и импортируемыми топливными ресурсами, электробаланс, производство теплоэнергии на централизованных и децентрализованных источниках и ее потребление, ряд экономических и экологических показателей энергетики; некоторые социальные аспекты.

*Методология примененного индикативного анализа использует сравнение значений индикаторов с пороговыми величинами по шкалам кризисности для каждого индикатора. Описан выбранный тип шкал кризисности для оценки состояния индикаторов и возможные подходы для определения кризисных пороговых значений. Приведена структура и стартовая страница разрабатываемого специального софта для мониторинга индикаторов. Описаны задачи, которые он позволяет решать и анализировать. Среди них можно отметить следующие: систематизация первичных данных в базах данных в Excel и Access, расчеты текущих значений индикаторов, расчеты пороговых значений, расчеты балльных оценок состояния каждого индикатора, расчеты итоговых уровней энергетической безопасности, моделирование описывающих кривых для рядов значений индикаторов, прогнозирование значений индикаторов, прогнозирование топливно-энергетического баланса, моделирование угроз (расчеты по сценариям), мониторинг макроэкономических показателей, связанных с энергетикой, мониторинг валовых выбросов загрязнителей от энергетической отрасли. Разработан перечень концептуальных положений энергетической безопасности. Они разделены на 5 направлений, в том числе: проблема энергетической безопасности, методические подходы к исследованию уровней энергетической безопасности, мониторинг и анализ индикаторов, пути обеспечения энергетической безопасности, мероприятия по повышению энергетической безопасности.*

**Ключевые слова** – энергетическая безопасность, индикатор, концепция, моделирование.

## **ВВЕДЕНИЕ**

Функционирование энергетической системы описывается моделями, отражающими ее структуру и текущее состояние в единой цепи энергоснабжения потребителей.

При этом учитываются динамические изменения технических показателей в стационарных и переходных режимах, формируются информационные потоки данных. Важным звеном является система управления на технологическом и организационном уровнях. Энергетическая отрасль имеет обратные связи с потребителями в виде оплаты поставленной энергии по установленным тарифам. Для устойчивого развития ключевыми моментами являются закупки топливных ресурсов, накопление финансовых средств для последующих инвестиций, то есть экономические аспекты работы отрасли.

Таким образом, для отражения энергетического сектора как большой системы, необходимы показатели разного плана - технические, экономические, экологические и другие. Описанные задачи определяют специальную область исследования - энергетическую безопасность.

«Энергетическая безопасность – это состояние защищенности страны (группы стран, региона и т.д.) ее граждан, общества, государства (объединения государств, региона и т.д.) от угрозы дефицита в обеспечении потребностей в энергии экономически доступными топливно-энергетическими ресурсами приемлемого качества в нормальных условиях и при чрезвычайных ситуациях, а также от угрозы нарушения стабильности энергоснабжения», [1].

*Целью исследований в области энергетической безопасности Республики Молдова является разработка методологии анализа энергетической безопасности, ежегодный мониторинг ее уровня, прогнозирование перспективного состояния, формирование мероприятий по ее обеспечению и повышению.*

## **МЕТОДОЛОГИЯ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ**

Для исследования энергетической безопасности применяется метод индикативный анализ. Для его реализации формируется система индикаторов.

Индикаторы отражают состояние энергетической системы и топливно-энергетического комплекса (касательно энергетики как отрасли).

На текущий момент система для анализа энергетической безопасности включает 46 индикаторов, разделенных по 10 блокам, которые отражают этапы энергоснабжения потребителей электро- и теплоэнергией, топливно-энергетическими ресурсами в целом. Рассматривается ряд экономических и экологических показателей, которые связаны с энергетикой.

*Методология индикативного анализа* состоит в оценке степени кризисности каждого индикатора путём сравнения его текущих значений с кризисными (пороговыми). Пороговые величины разделяют состояние объекта на два интервала - нормальное или кризисное. При этом используются шкалы кризисности, которые строятся для каждого индикатора отдельно на основе пороговых значений.

На шкалах может быть выделен и предкризисный интервал. Кроме того, каждый из интервалов может быть дополнительно разделен на зоны по степени ухудшения состояния.

Для РМ рассматривалось несколько вариантов шкал: равномерная с тремя интервалами, неравномерная шкала с баллами, нарастающими по формуле геометрической прогрессии, равномерная с тремя основными зонами и дополнительным разделением на подзоны. В конечном итоге была выбрана равномерная шкала с 8 наименованиями и соответствующими баллами (нормальное состояние – 1 балл, предкризисное с дополнительными зонами - 2-4 балла, кризисное с дополнительными участками ухудшения - 5-8 баллов), [2,3].

Построение шкал возможно при определении пороговых кризисных значений, расчет которых является отдельной задачей.

В литературе [1-2] описаны экспертные пороговые значения, изучались возможности построения пороговых величин расчетными методами, однако на текущий момент ни один из описанных способов, кроме экспертного, не получил широкого распространения.

В ИЭ АНМ автором также осуществлялись попытки алгоритмического определения пороговых величин, и был предложен метод функциональных взаимосвязей. Данный метод позволяет снизить субъективность экспертного метода, так как только одна кризисная

величина в нем задается экспертным путем (уровень ВВП), а все остальные пороговые величины вычисляются аналитически, [3]. Применение данного метода и его сравнение с экспертным подходом показало, что пороговые значения по новому методу строже экспертных в среднем на 10%.

## СИСТЕМА ИНДИКАТОРОВ

Система индикаторов учитывает свойства больших систем, в том числе иерархичность, динамичность, эффективность, надежность, способность к адаптации. Система также отражает наиболее существенные характеристики энергосистемы и ТЭК - обеспеченность ТЭР, гибкость, маневренность; разнообразие структуры; состояние оборудования, надежность; управляемость; связи с другими системами и подсистемами; резервные возможности; взаимодействие с окружающей средой.

На текущий момент она описывает сектора:

- структуру энергосистемы (оборудование и его резервные возможности);
  - снабжение топливными ресурсами, как собственными, так и импортируемыми;
  - производство, импорт, распределение и потребление электроэнергии;
  - производство теплоэнергии на централизованных и децентрализованных источниках и ее потребление;
  - ряд экономических и экологических показателей энергетики;
  - социальные аспекты (количество работающих, величина зарплат по сравнению с средней по стране).
- Индикаторы структурированы по блокам, и в каждом блоке имеются ключевые индикаторы, с помощью которых можно осуществить оперативный анализ состояния в ускоренном режиме [3].

## ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫЙ КОМПЛЕКС ДЛЯ АНАЛИЗА И МОНИТОРИНГА ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ

Для вычисления значений индикаторов, их пороговых значений и интегральной оценки общего состояния требуется наличие большого числа первичных данных (более 200), а методология требует применения определенного алгоритма. В связи с этим, были начаты работы по разработке вычислительного комплекса для анализа и мониторинга энергетической безопасности (ВКЭНБ). На текущий момент работы продолжаются, но существующая версия уже позволяет выполнять основные необходимые задачи, которые можно структурировать по следующим направлениям, а именно:

- 1) систематизация первичных данных (базы данных в Excel и Access);
- 2) расчет текущих значений индикаторов;
- 3) расчет пороговых значений индикаторов;
- 4) расчет балльной оценки состояния каждого индикатора;
- 5) расчет итогового уровня энергетической безопасности;
- 6) моделирование описывающих кривых для рядов значений индикаторов;
- 7) прогнозирование значений индикаторов;
- 8) прогнозирование топливно-энергетического баланса;
- 9) моделирование угроз (сценарии);
- 10) мониторинг макроэкономических показателей, связанных с энергетикой;
- 11) мониторинг выбросов загрязнителей от энергетической отрасли для 30 веществ по двум методологиям;

Из стартовой страница ВКЭНБ, приведенной на рис. 1, можно перейти к базе первичных данных (входной информации) и каждому блоку (расчетная выходная информация), (Рис.1).



Рис. 1. Стартовая страница вычислительного комплекса

Входная информация систематизирована в группе файлов «в», которые имеют одинаковую структуру для каждого года. Информация структурирована для каждого сектора энергетики и размещена на отдельных страницах: общеэкономические данные, данные по электроэнергетике и теплоэнергетике,

топливно-энергетический баланс, собственные топливные ресурсы, количества потребленных топлива отдельно в секторе производства электро- и теплоэнергии, и некоторые другие данные. Выходная информация помещается в группе расчетных файлов «р», также одинаковых для

каждого года. В них вычисляются фактические значения всех индикаторов в текущий год, пороговые значения индикаторов, балльная оценка состояния. Затем информация обобщается для всех лет в двух файлах в виде рядов данных (на текущий момент для 24 лет).

На основе рассчитанных балльных оценок определяются итоговые оценки в блоках, общая итоговая балльная оценка для всей системы, строятся графики уровня энергетической безопасности (рис.2). При мониторинге осуществляется дополнение рядов данных и выходных графиков точкой за текущий

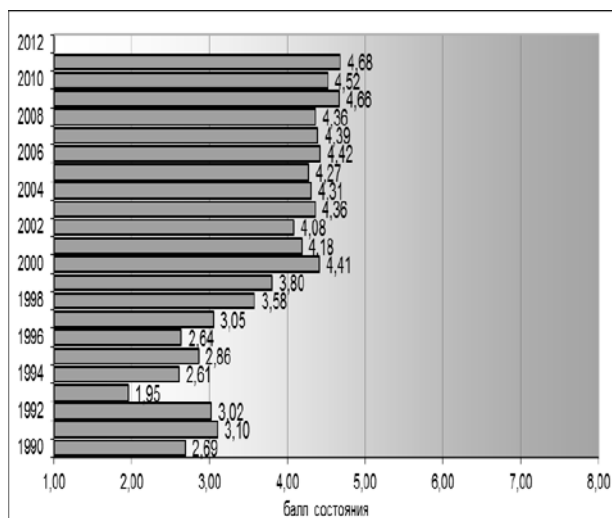


Рис.2. График итогового уровня энергетической безопасности

Проводимый в течение нескольких предыдущих лет мониторинг позволил высветить ряд скрытых угроз. Они были изучены, и на основе полученных результатов были приняты решения по введению новых дополнительных индикаторов (ряд индикаторов по децентрализованному теплоснабжению, по стоимостным показателям топлив и некоторые другие). Это позволило более полно отразить состояние энергетического сектора.

### КОНЦЕПТУАЛЬНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ

Исследования по энергетической безопасности требуют комплексной работы во всех указанных направлениях одновременно. Кроме того, необходима работа по исследованию воздействия на уровень энергетической безопасности новых вызовов и рисков, прямых и скрытых угроз, по разработке новых индикаторов для описания дополнительных сфер энергетики, например, сектора ВИЭ.

Задачи обеспечения и повышения энергетической безопасности отмечены практически во всех документах в области энергетики в качестве одной из главных целей. Можно упомянуть следующие документы, принятые в разные годы последнего десятилетия: Энергетические стратегии Республики Молдова до 2020 года и до 2030 года, Закон об энергетике, Закон об охране атмосферного воздуха, Закон о газе, Закон об электроэнергии, Закон о

тепловой энергии (Проект), Закон о ВИЭ, Стратегия ВИЭ, Закон об энергосбережении, Регламент по теплоснабжению Кишинёва и других населённых пунктов; Закон, Программа и План действий по энергоэффективности (2013), Постановление Правительства №141 о создании системы энергетической статистики (2014). Задачи, которые могут представить интерес для развития концепции энергетической безопасности, можно разделить на несколько групп:

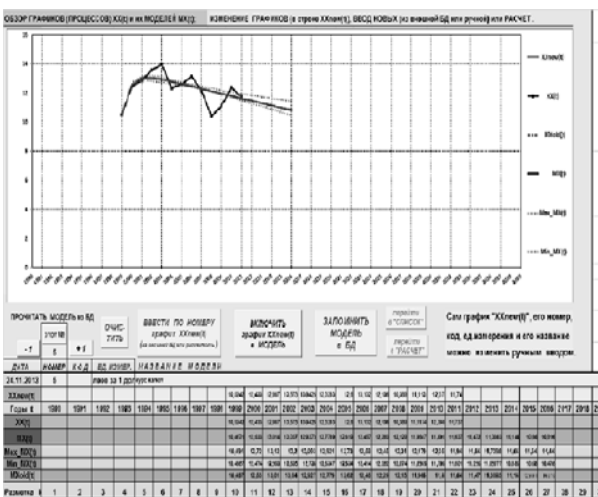


Рис. 3. Моделирующая функция с прогнозируемым участком

1)Проблема энергетической безопасности  
 -Энергетическая безопасность и ее место в системе национальной безопасности;  
 -Проблемы экономики и энергетики страны с позиций энергетической безопасности;  
 -Угрозы и риски энергетической безопасности;  
 -Региональные аспекты энергетической безопасности;  
 -Требования потребителей к уровню энергетической безопасности;

#### 1)Проблема энергетической безопасности

- Энергетическая безопасность и ее место в системе национальной безопасности;
- Проблемы экономики и энергетики страны с позиций энергетической безопасности;
- Угрозы и риски энергетической безопасности;
- Региональные аспекты энергетической безопасности;
- Требования потребителей к уровню энергетической безопасности;

#### 2)Методические подходы к исследованию уровней энергетической безопасности

- развитие математической базы;
- совершенствование методологии;
- применение дополнительных методов анализа;

#### 3)Мониторинг и анализ показателей для обеспечения энергетической безопасности

- Структура системы мониторинга энергетической безопасности для страны;
- Источники первичных данных, имеющиеся трудности при их использовании и способы их устранения, организация баз данных по энергетике;
- Мониторинг индикаторов энергетической безопасности на ежегодной основе;
- Мониторинг обобщенного уровня энергетической безопасности на ежегодной основе;
- Разработка и совершенствование математической базы для анализа индикаторов;
- Исследования проблем и отдельных влияющих факторов энергетической безопасности на уровне отрасли, страны, региона;
- Разработка вычислительных систем для помощи по выработке решений и мероприятий по обеспечению энергетической безопасности;

#### 4)Обеспечение энергетической безопасности

- Основные направления обеспечения энергетической безопасности - формирование комплексов мер по обеспечению стабильной работы энергосистемы и энергокомплекса;
- Разработка стратегий внутреннего развития ТЭК с позиций энергетической безопасности;
- Разработка стратегий взаимодействия с соседними энергосистемами учетом требований энергетической безопасности;
- Государственное регулирование в сфере обеспечения энергетической безопасности;

#### 5)Повышение энергетической безопасности

- Увеличение инвестиций в энергетический сектор страны;
- Внедрение новых технологических решений на разных этапах энергоснабжения потребителей
- Модернизация оборудования существующих объектов энергетики, строительство новых генерирующих источников, расширение существующих;
- Создание прозрачной экономической системы взаимодействия между энергетическими объектами и потребителями для повышения доступности топливно-энергетических ресурсов;

-Стимулирование мотивационных инструментов для потребителей в области энергосбережения;

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Результатом проводимых исследований и ежегодного мониторинга может стать Национальный доклад о состоянии энергетики и мероприятиях, необходимых для обеспечения и повышения энергетической безопасности страны. Такой документ может иметь определенную периодичность выпуска, например, один раз в 5 лет, один раз в 2-3 года, и объединять результаты анализа состояния энергетики и планируемые направления ее развития по требованиям энергетической безопасности.

Данная работа является научным обеспечением системы мониторинга энергетической безопасности страны, которая необходима для постоянного использования при подготовке государственных документов в области энергетики.

## ЛИТЕРАТУРА

- [1].Бушуев В.В., Воропай Н.И., Мастепанов А.М., Шафраник Ю.К. и др. *Энергетическая безопасность России*//Новосибирск: Наука. Сибирская издательская фирма РАН, 1998.302 с.
- [2].Благодатских В.Г, Богатырев Л.Л., Бушуев В.В., Воропай Н.И.и др. *Влияние энергетического фактора на экономическую безопасность регионов России*//Екатеринбург: Изд-во Уральского университета, 1998 г. 195 с..
- [3].Быкова Е.В. *Методы расчета и анализ показателей энергетической безопасности (на примере энергосистемы Молдовы)*//Монография, Кишинев, Типография АН РМ, 158 с.,2005. Серия «Энергетическая безопасность», книга №2.
- [4].Гродецкий.М.В., Быкова Е.В. *Модели взаимных связей индикаторов в программном комплексе анализа и мониторинга энергетической безопасности*//Сборник трудов Конференции «Энергетика: управление, качество и эффективность использования энергоресурсов» 29 – 31 мая 2013 г. г. Благовещенск, Амурская область. с.437-442. ISBN 978-5-93493-154-5.

## Сведения об авторе



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. [elena-bicova@mail.ru](mailto:elena-bicova@mail.ru);