

УДК 621.311

Е.В. БЫКОВА (Институт энергетики Академии наук Республики Молдова)

МЕТОДИЧЕСКИЙ ПОДХОД К РАСЧЕТУ ПОРОГОВЫХ ЗНАЧЕНИЙ ИНДИКАТОРОВ ДЛЯ АНАЛИЗА ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ НА ПРИМЕРЕ МОЛДАВСКОЙ ЭНЕРГОСИСТЕМЫ

Описан новый метод расчета пороговых значений индикаторов энергетической безопасности - метод функциональных взаимосвязей, который позволяет учитывать взаимную связь индикаторов энергетической безопасности, как между собой, так и с индикаторами экономической безопасности. Выбрана и сгруппирована в блоки система индикаторов энергетической безопасности. Приведены результаты расчетов индикаторов энергетической безопасности - пороговых и фактических, и по ним сделана оценка уровня энергетической безопасности энергетической системы Молдовы.

Вопрос об энергетической безопасности возник с момента образования независимой Молдовы. Энергетика, являясь одной из ключевых отраслей экономики, играет важную роль в стабильном развитии экономики. Поэтому энергетическая безопасность страны является залогом ее экономической безопасности, под которой понимается такое состояние защищенности граждан, общества, государства, при котором сохраняется социальная политика даже при неблагоприятном развитии экономических процессов

Под **энергетической безопасностью** подразумевают состояние защищенности граждан, общества, государства от обусловленных внешними и внутренними факторами угроз дефицита в обеспечении энергией и приемлемого качества экономически доступными ТЭР в нормальных условиях и чрезвычайных ситуациях, а также от перебоев в энергоснабжении [1-2].

Под **угрозами** понимают совокупность факторов, создающих опасность жизненно важным интересам личности, общества, государства. **Жизненно важные интересы личности** - это совокупность потребностей, обеспечивающих существование и развитие личности [3-4].

Для определения количественных показателей энергетической безопасности формируется **система индикаторов**. Она может быть сформирована в зависимости от уровня объекта: макро - по всей стране; мезо - по региону; микро - предприятие, фирма; по степени значимости показателей - общие; частные и т.д.

Целью настоящей работы является разработка методического подхода к определению пороговых значений индикаторов для анализа энергетической безопасности на примере энергетической системы республики Молдова.

В последнее время исследования энергетической безопасности проводятся в ряде стран. Наиболее продвинутыми в данной области являются исследования, выполненные рядом научно-исследовательских организаций России - Сибирский энергетический институт РАН, кафедра автоматизированных электрических систем Уральского политехнического университета и другие. Для множества генерирующих источников, размещенных на большой территории России, используется группирование индикаторов энергетической безопасности по четырем укрупненным блокам: энергообеспечения; структурно-режимного; воспроизводства; экологического [1-2].

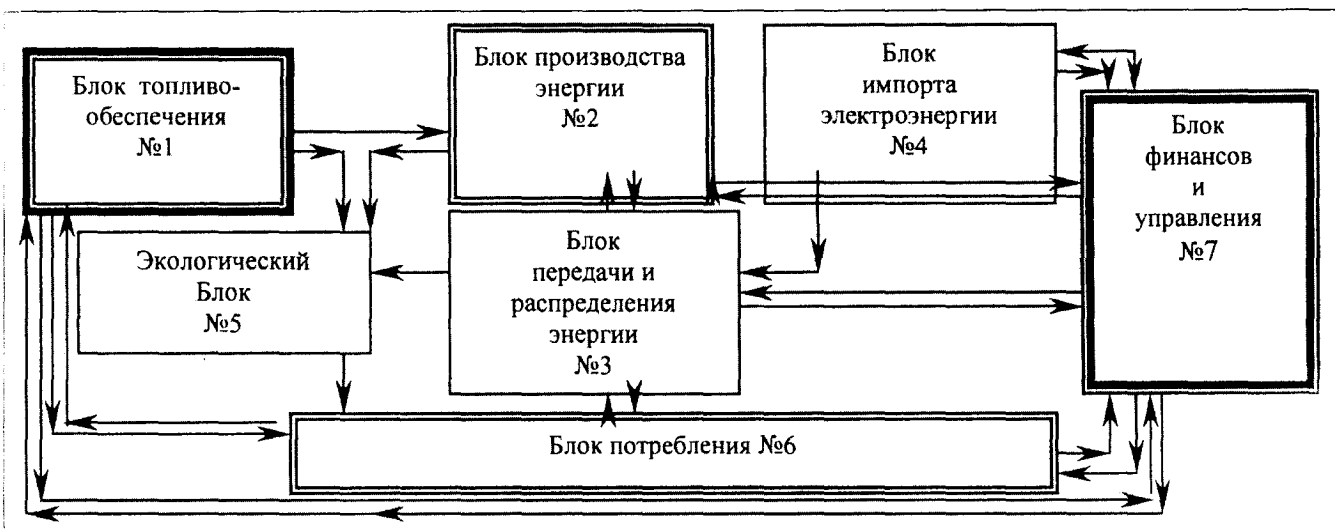


Рис. 1. Структура взаимосвязей блоков индикаторов

Для Молдавської енергосистеми, дослідження енергетичної безпеки якої начато порівняно недавно і в якій існує всього декілька джерел енергії, цілком природно групувати найбільш репрезентативні показники ланцюга енергопостачання споживачів по семи блокам, визначаючи їх як індикатори (рис. 1). В кожному блоці включено максимально можливе число найбільш репрезентативних індикаторів. Обмеження на вибір індикаторів накладає недоступність до інформації по об'єктам. Для Молдови вибрано 24 індикатора, позначених X_{ij} , вихідні дані для розрахунку яких існують в державній і відомчій статистиці.

Для приведення значень індикаторів з різними одиницями вимірювання до порівнянної форми здійснено їх представлення в нормалізованому вигляді (X_{ij}^n) шляхом відношення фактичних значень індикаторів в іменованих одиницях (X_{ij}) до їх порогових критичних значень (X_{ij}^k), виражених також в іменованих одиницях. Порогові значення індикаторів енергетичної безпеки визначають межі переходу енергетики від нормального до кризового стану, що відображається з допомогою шкали кризовості, яка розділена на інтервали нормального і кризового стану з виділенням передкризової зони (рис. 2).

Кожному інтервалу шкали присвоюється балльна оцінка стану - 1 (нормальне (н)),

2-4 (передкризове (пк)) з поділом на початкове (пкн), розвиваючеся (пкр) і критичне (пкк)) і 5-8 (кризове (к)) з поділом на нестійке (кн), загрожуюче (ку), критичне (кк) і надзвичайне (кч)).

По шкалі кризовості визначається місцезнаходження кожного індикатора шляхом порівняння його чисельного значення з значеннями, розділяючими інтервали, наприклад, індикатор X_{ij}^n знаходиться в зоні передкризового нестійкого стану (пкн), якщо його значення потрапляє в інтервал, визначений нерівністю $X_{пкн}^n \leq X_{ij}^n < X_{пкр}^n$ і при цьому його величина оцінюється балами 2. Балльна оцінка дозволяє отримати інтегровану оцінку стану по блокам, регіонам і по країні в цілому. Крім того, така оцінка зручна в ряді випадків, коли для прийняття рішення достатньо знати інтервал кризовості, в який потрапляє індикатор, а не його точне значення.

Принципальним моментом в оцінці стану індикаторів є визначення їх порогових значень, перехід через які означає потрапляння в кризовий інтервал.

В прийнятій практиці розрахунок порогових значень індикаторів проводиться з допомогою експертної їх оцінки в відсотках від рівня 1990 року [1-2]. Однак недоліком цього методу є суб'єктивізм. В зв'язі з цим в даній роботі пропонується новий метод, названий ме-

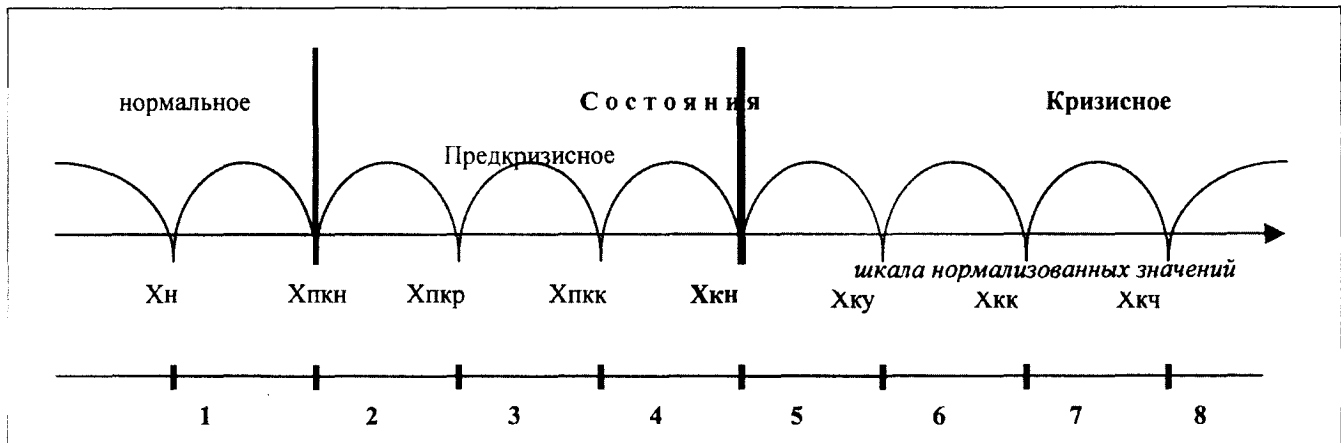


Рис. 2. Шкала кризовості стану для визначення характеру ситуації в енергетичній системі

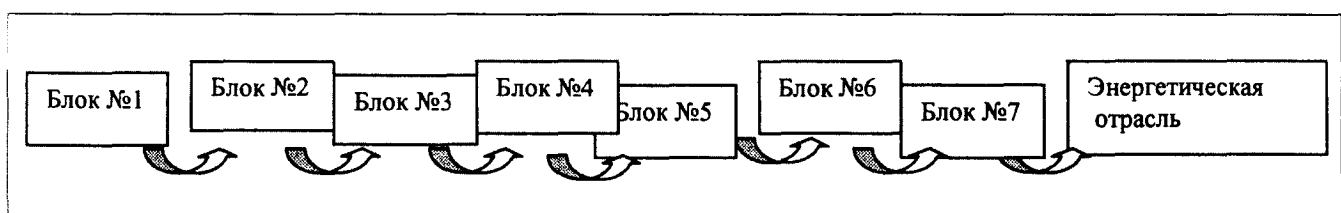


Рис. 3. Структурна схема залежних енергетичних блоків

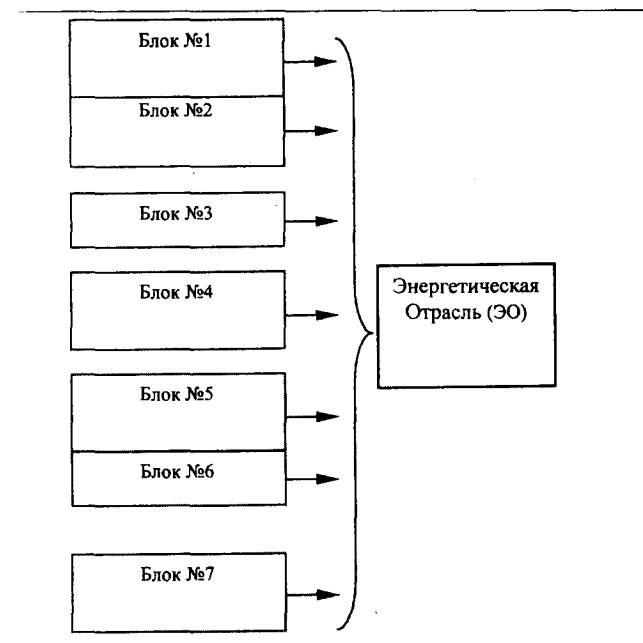


Рис. 4. Структурная схема независимых энергетических блоков

тодом функциональных взаимосвязей, который позволяет уменьшить субъективный фактор.

Новый подход к расчету пороговых значений индикаторов включает учет взаимосвязей индикаторов энергетической и экономической безопасности. Расчет пороговых величин индикаторов энергетической безопасности производится при задании экспертным путем только одной величины-основного индикатора экономической безопасности, в качестве которого принято изменение уровня внутреннего валового продукта (ВВП) в расчете на одного жителя в базовом году. Пороговое значение индикатора характеризует начало кризисного состояния по сравнению с состоянием в базовом году. При проведении анализа принято, что уровень ВВП в расчете на душу населения в рассматриваемом году должен быть не ниже, чем среднемировой уровень ВВП на одного человека, или же не должен снизиться более, чем на 50% от среднего уровня по странам "Большой семерки". Снижение ВВП более 50% означает переход экономики в кризисное состояние. Такой подход принят в ряде стран, в том числе России. В связи с вышеизложенным, целесообразно принять аналогичный порог и для исследования показателей экономической безопасности в республике Молдова, то есть $I_{ЭК}^n = 0,5I_{ВВП}^{баз}$, где 0,5 принято от уровня ВВП в Республике Молдова в 1990 году.

Пороговое значение изменения индикатора ВВП является интегральным, так как оно определяется совокупностью изменения индикаторов всех основных отраслей, вносящих свой вклад в

ВВП. В принципе, блоки индикаторов энергетической отрасли могут рассматриваться как равноценные (аналогичным образом могут рассматриваться и сами отрасли экономики), и как зависимые (рис. 3) и независимые (рис. 4).

Для независимых блоков пороговое значение основного индикатора экономической безопасности ($I_{ЭК}^n$) определяет такие же пороговые значения индикаторов для каждой отрасли, в том числе энергетической ($I_{ЭО}^n$). Значение $I_{ЭО}^n$, в свою очередь, определяет пороговую величину для независимых блоков, входящих в энергетическую отрасль (I_i^n):

$$I_i^n = I_{ЭО}^n.$$

Таблица. Обозначения блоков и их взаимных связей (иллюстративный пример)

блоки	1	2	3	4	i	n
1	+		+		+	+
2		+	+			
3		+	+		+	
4				+		
i	+		+		+	
n	+					+

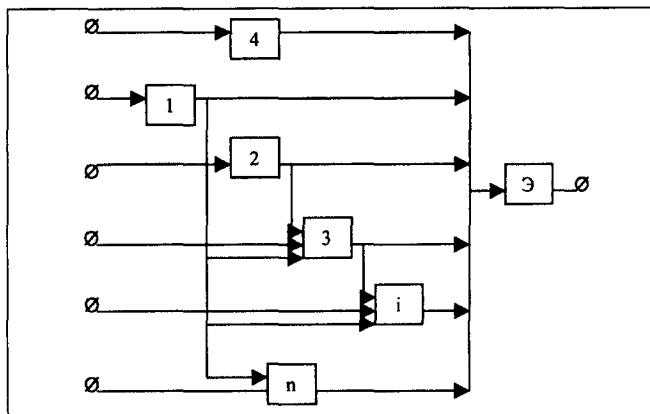


Рис. 5. Схема взаимосвязей блоков (иллюстративный пример)

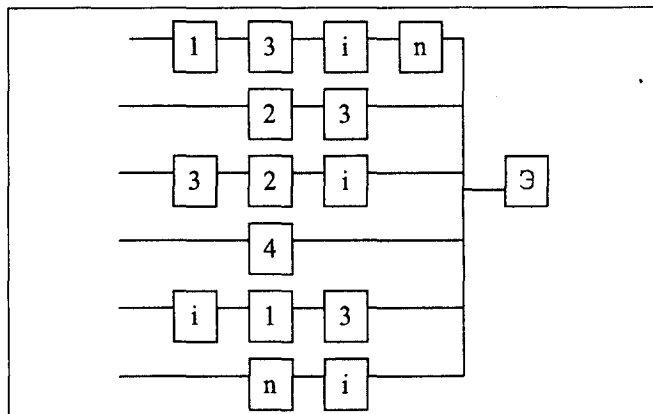


Рис. 6. Преобразованная последовательно-параллельная схема блоков (иллюстративный пример)

Для **зависимых** блоков пороговое значение основного индикатора экономической безопасности определяется как произведение пороговых значений индикаторов отраслей ($I_{отрi}^n$):

$$I_{отр1}^n \cdot I_{отр2}^n \cdot I_{отр3}^n \cdot \dots \cdot I_{отрi}^n \cdot \dots \cdot I_{отрn}^n = I_{ЭК}^n \text{ для } i = 1 \div n$$

Если блоки индикаторов, описывающих, например, энергетическую отрасль, являются также зависимыми (рис. 3), то их пороговые значения, в свою очередь, входят в произведение пороговых величин блоков $I_{блi}^n$ (аналогично подходу, используемому при оценке показателей надежности сложных технических систем, содержащих последовательно соединенные элементы):

$$(I_{бл1}^n \cdot I_{бл2}^n \cdot \dots \cdot I_{блi}^n)_{отрасли 1} = I_{ЭО}^n$$

Логично предположить, что в последовательной цепи зависимые отрасли должны рассматриваться как равные по значимости, а поэтому и требования к ним должны быть одинаково строгими, и снижение требований хотя бы к одной из них приведет к ослаблению в той же мере всей цепи последовательно соединенных отраслей в целом. Это условие позволяет обоснованно подойти к определению пороговых значений индикаторов безопасности всех зависимых отраслей и их расчет выполнить по выражению:

$$(I_i^n)^n = I_{ЭК}^n, \text{ для } i = 1 \div n.$$

При этом пороговые значения индикаторов определяются однозначно.

В действительности блоки индикаторов энергетической безопасности, а также блоки индикаторов по отраслям экономики, имеют последовательные и параллельные связи одновременно. Рассмотрим их преобразование на иллюстрационном примере - (табл. и рис. 5 - исходная схема и рис. 6 - преобразованная схема связей блоков энергетической безопасности).

Например, взаимные связи блока 1 с блоками 3, i , n отражены последовательными элементами в ветви 1 (рис. 6); взаимосвязь блока 2 с блоком 3 учтена их включением последовательно в ветвь 2; взаимосвязь элемента 3 с элементами 2 и i отображена в виде последовательных элементов в ветви 3 и т.д. При попадании какого-либо блока многократно в разные ветви, для него в итоге должно быть выбрано наибольшее пороговое значение из всех полученных. Для рассматриваемого иллюстративного примера (табл. и рис. 5, 6) пороговые значения индикаторов, входящих в блоки индикаторов, с учетом взаимосвязей должны быть не менее:

$$I_1^n = (I_{ЭК}^n)^{1/3} = (0,5)^{1/3} = 0,79; I_2^n = (I_{ЭК}^n)^{1/2} = (0,5)^{1/2} = 0,707;$$

$$I_3^n = (I_{ЭК}^n)^{1/3} = (0,5)^{1/3} = 0,79; I_4^n = I_{ЭК}^n = 0,5;$$

$$I_i^n = (I_{ЭК}^n)^{1/3} = (0,5)^{1/3} = 0,79; I_n^n = (I_{ЭК}^n)^{1/n} = (0,5)^{1/n} = 0,707.$$

Если принять предельное условие, что один из шести входящих в таблицу блоков, например блок 1, находится во взаимосвязи не с отдельным, а со всеми шестью указанными блоками, то для него пороговые значения индикаторов безопасности определялись бы выражением:

$$I_1^n = \sqrt[n]{I_{ЭК}^n} = \sqrt[6]{0,5} = \sqrt[6]{0,79^3} = \sqrt{0,79} = 0,88.$$

Таким образом, чем с большим количеством других блоков связан тот или иной блок, тем выше предъявляются к нему требования по показателям безопасности, так как от него зависит большее количество других блоков и тем выше должны быть пороговые значения индикаторов безопасности, входящих в этот блок. Предельно высокие требования должны быть предъявлены к тем блокам, от которых зависят все остальные, или же их подавляющее большинство. Описанный способ определения пороговых значений индикаторов, названный методом функциональных взаимосвязей, использован при расчете пороговых значений индикаторов энергетической безопасности, среди которых имеются независимые и взаимосвязанные индикаторы, находящиеся в зоне кризисного состояния. Это позволяет сформировать необходимые меры по каждому индикатору для возвращения его в интервал нормального состояния. Оценка состояния производится для каждого индикатора в отдельности, а затем определяется интегрированная суммарная балльная оценка ситуации по регионам и по Республике Молдова в целом. Установлено, что за исследуемый период (1990-1999 гг.) состояние энергетической системы в Правобережном регионе перешло из предкризисного начального состояния в кризисное нестабильное (рис. 7). В Левобережной части ситуация оценивается как находящаяся в предкризисном интервале. Для Молдовы в целом ситуация в энергосистеме находится на границе перехода в кризисное состояние. Уровень состояния, определенный с использованием экспертных пороговых значений, оценивается на одну степень кризисности слабее.

Энергетическая отрасль среди остальных рассматривается как независимая отрасль экономики и, вследствие этого, пороговое значение основного индикатора экономической безопасности будет определять и величину порогового значения основного индикатора энергетической безопасности, представляющего всю энергетику как отрасль. При рассмотрении далее блоков индикаторов энергетической безопасности, также имеющих взаимосвязи, строятся последовательно-параллельные цепочки аналогичным образом для блоков и вычисляются

**Балльная оценка состояния кризисности энергосистемы
при пороговых значениях
по методу функциональных взаимосвязей, рис.7**

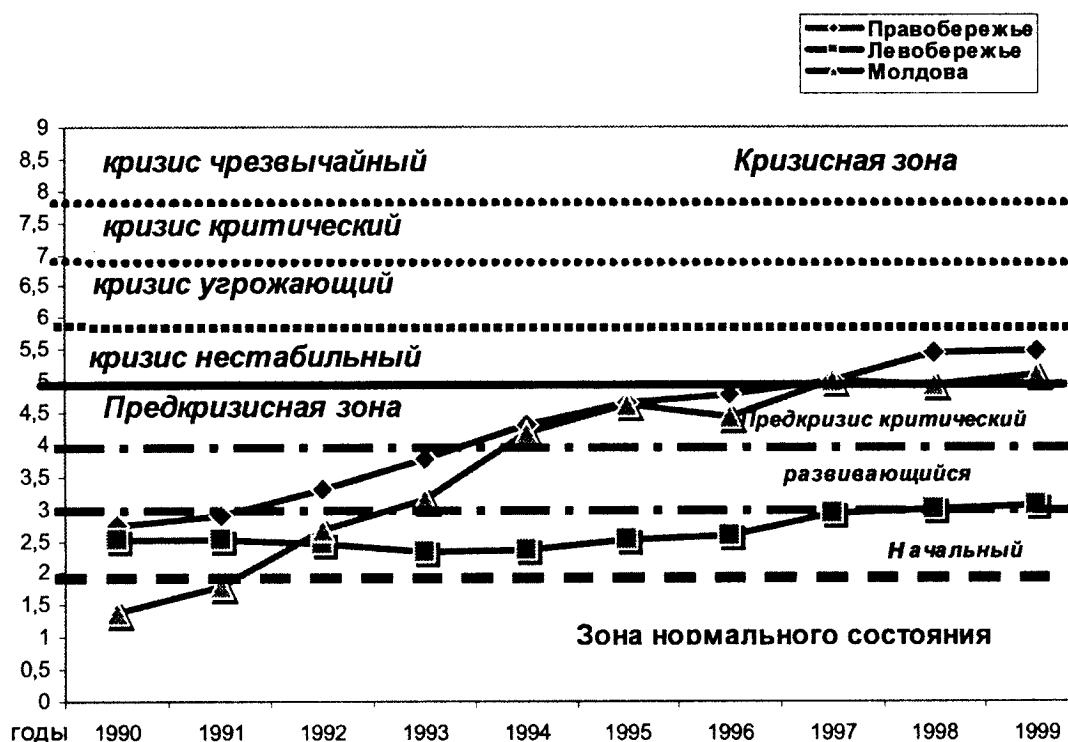


Рис. 7.

для них пороговые значения, которые являются предельными для индикаторов, входящих в блоки. На следующем этапе, для индикаторов, составляющих блоки, также строятся цепочки взаимосвязей индикаторов и определяются для них пороговые значения с использованием найденного на предыдущем этапе порогового значения по блоку.

Из приведенной на рис.1 схемы взаимосвязей блоков индикаторов энергетической безопасности видно, что, например, блок №2 (производства энергии) связан с блоком №1 (топливообеспечения) и №3 (транспорта и распределения энергии) и №5 (экологическим). При этом пороговое значение данного блока не должно быть ниже $I_2^{\text{II}} = (I_{\text{ЭК}}^{\text{II}})^{1/4} = (0,5)^{1/4} = 0,84$. Аналогичным образом определяются пороговые значения других блоков и индикаторов, составляющих блоки. Определение пороговых значений индикаторов энергетической безопасности по

описанному методу функциональных взаимосвязей энергетической безопасности и для сравнения – по методу экспертной оценки дает возможность построить шкалы кризисности индикаторов и выявить индикаторы

Выводы

1. Рассмотрен новый подход расчета пороговых значений индикаторов энергетической безопасности, который позволяет их определять аналитическим путем и уменьшить субъективный фактор, присущий экспертному методу.

2. Проведенный анализ энергетической безопасности с использованием предлагаемого метода функциональных взаимосвязей для расчета пороговых значений индикаторов показал, что Молдавская энергетическая система находится на границе перехода в кризисное состояние.

1 В.В. Бушуев, Н.И. Вороняй, А.М. Мастепанов, Ю.К. Шафраник и др. Энергетическая безопасность России. – Новосибирск: Наука. Сибирская издательская фирма РАН, 1998. – 302 с.

2. В.Г. Благодатских, Л.Л. Богатырев, В.В.Бушуев, Н.И. Вороняй и др. Влияние энергетического фактора на экономическую безопасность регионов России. – Екатеринбург: Изд-во Уральского университета, 1998. – 195 с.

3. Основы экономической безопасности / Под ред. Е.А. Олейникова. – М.: ЗАО «Бизнес-школа», «Интел-синтез», 1997. – 278 с.

4. Экономическая безопасность / Под ред. В.К. Сенчагова. – М.: ЗАО «Финстатинформ», 1998. – 622 с.