
МОДЕЛИРОВАНИЕ ВЗАИМОСВЯЗЕЙ ЭКОНОМИЧЕСКОЙ И ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ РЕГИОНА

Быкова Е.В.

Предложены методические подходы к моделированию взаимосвязи индикаторов экономической и энергетической безопасности Республики Молдова. Разработанная модель позволяет получить количественные параметры взаимосвязи индикаторов пяти сфер экономики региона (ТЭК, производство, занятость, уровень жизни, обеспечение продовольствием). Полученные результаты могут быть использованы в целях планирования и прогнозирования.

Исследования в области энергетической безопасности в Республике Молдова проводятся в течение ряда последних лет. Проведен качественный анализ секторов топливно-энергетического комплекса Республики Молдова, начаты исследования в области количественной оценки (с использованием метода индикативного анализа [1 – 2]), показателей энергетической безопасности для молдавской энергосистемы [3 – 4]. Актуальность исследований вызвана ухудшением состояния в отраслях экономики, в том числе и энергетике. Вопросы экономической и энергетической безопасности тесно связаны, так как энергетическая безопасность является составляющей экономической безопасности. Поиску зависимостей между ними посвящена данная статья.

Степень влияния индикаторов энергетической безопасности (x_k) на индикаторы экономической (y_n) может быть определена из уравнений связи между ними, которые в общем виде записываются [5] так:

$$\begin{cases} y_1 = f(y_2, y_3, \dots, y_n, x_1, x_2, \dots, x_k), \\ y_2 = f(y_1, y_3, \dots, y_n, x_1, x_2, \dots, x_k), \\ \dots \\ y_n = f(y_1, y_2, \dots, y_{n-1}, x_1, x_2, \dots, x_k), \end{cases} \quad (1)$$

$$\begin{cases} x_1 = f(x_2, x_3, \dots, x_k, y_1, y_2, \dots, y_n), \\ x_2 = f(x_1, x_3, \dots, x_k, y_1, y_2, \dots, y_n), \\ \dots \\ x_k = f(x_1, x_2, \dots, x_{k-1}, y_1, y_2, \dots, y_n), \end{cases} \quad (2)$$

где x_1, x_2, \dots, x_k – индикаторы энергетической безопасности;

y_1, y_2, \dots, y_n – индикаторы экономической безопасности.

Аналогичным образом записываются уравнения связи при необходимости учета влияния индикаторов энергетической и экономической безопасности на один из индикаторов энергетической безопасности (2).

Уравнения при учете взаимосвязей индикаторов только экономической безопасности имеют вид (3) и только энергетической – вид (4):

$$\begin{cases} y_1 = f(y_2, y_3, \dots, y_n), \\ y_2 = f(y_1, y_3, \dots, y_n), \\ \dots \\ y_n = f(y_1, y_2, \dots, y_{n-1}), \end{cases} \quad (4)$$

$$\begin{cases} x_1 = f(x_2, x_3, \dots, x_k), \\ x_2 = f(x_1, x_3, \dots, x_k), \\ \dots \\ x_k = f(x_1, x_2, \dots, x_{k-1}). \end{cases} \quad (5)$$

В развернутом виде система (1) представляется в виде (5)

$$\begin{cases} y_1 = a_{11} + a_{12}y_2 + a_{13}y_3 + \dots + a_{1n}y_n + b_{11}x_1 + b_{12}x_2 + \dots + b_{1k}x_k, \\ y_2 = a_{21}y_1 + a_{22} + a_{23}y_3 + \dots + a_{2n}y_n + b_{21}x_1 + b_{22}x_2 + \dots + b_{2k}x_k, \\ \dots \\ y_n = a_{n1}y_1 + a_{n2}y_2 + a_{n3}y_3 + \dots + a_{nn} + b_{n1}x_1 + b_{n2}x_2 + \dots + b_{nk}x_k. \end{cases} \quad (6)$$

где a_{in} – коэффициенты связи индикаторов экономической безопасности;

b_{ik} – коэффициенты связи между индикаторами экономической и энергетической безопасности.

Независимые индикаторы входят в уравнения в качестве слагаемых. Для зависимых индикаторов взаимосвязи с другими могут быть учтены в виде аналогичных коэффициентов других иерархических уровней связи $-\gamma_{ij}$, δ_{ij} и т.д. Если все индикаторы энергетической безопасности заменить одним, входящим в группу индикаторов экономической безопасности и представляющим всю энергетику как отрасль экономики, то сумму слагаемых индикаторов энергетической безопасности, например, для первого уравнения системы (5) можно заменить одним слагаемым $a_{1k}y_n$:

$$b_{11}x_1 + b_{12}x_2 + \dots + b_{1k}x_k = a_{1k}y_n. \quad (6)$$

Рассмотрим подробнее запись уравнений для пяти сфер экономики (рис. 1 и табл. 1) с учетом динамики изменения индикаторов по годам (t) – у(t).

Таблица 1

Матрица взаимосвязей между сферами экономики

		Сферы экономики				
		Y_1	Y_2	Y_3	Y_4	Y_5
Сферы экономики	Y_1		+	+	+	+
	Y_2	+		+	+	+
	Y_3	+	+		+	+
	Y_4	+	+	+		+
	Y_5	+	+	+	+	



Их можно представить в виде:

$$\begin{cases} y_1(t) = a_{11} + a_{12}y_2(t) + a_{13}y_3(t) + a_{14}y_4(t) + a_{15}y_5(t), \\ y_2(t) = a_{21}y_1(t) + a_{22} + a_{23}y_3(t) + a_{24}y_4(t) + a_{25}y_5(t), \\ y_3(t) = a_{31}y_1(t) + a_{31}y_2(t) + a_{33} + a_{34}y_4(t) + a_{35}y_5(t), \\ y_4(t) = a_{41}y_1(t) + a_{42}y_2(t) + a_{43}y_3(t) + a_{44} + a_{45}y_5(t), \\ y_5(t) = a_{51}y_1(t) + a_{52}y_2(t) + a_{53}y_3(t) + a_{54}y_4(t) + a_{55}. \end{cases} \quad (7)$$

1. Индикатор сферы промышленного производства (y_l) связан с индикаторами энергетической безопасности из блоков 1 и 2 (рис. 2).

Для него имеет место уравнение:

$$y_1(t) = a_{11} + a_{12}y_2(t) + a_{13}y_3(t) + a_{14}y_4(t) + a_{15}y_5(t), \quad (8)$$

где слагаемое

$$\begin{aligned} a_{15}y_5(t) = & b_{11}x_{11} + b_{12}x_{12} + b_{21}x_{21} + b_{22}x_{22} + b_{23}x_{23} + \gamma_{51}x_{51} + \gamma_{52}x_{52} \\ & + \gamma_{31}x_{31} + \gamma_{43}x_{43} + \delta_{32}x_{32} + \delta_{33}x_{33} + \delta_{41}x_{41} + \delta_{42}x_{42}. \end{aligned} \quad (9)$$

В данном уравнении отражены взаимосвязи между индикатором экономической безопасности y_l и индикаторами энергетической безопасности, степень влияния которых на y_l различна. Коэффициенты распределяются следующим образом:

a_{ik} – коэффициенты взаимосвязей индикаторов экономической безопасности между собой (связи 1-го уровня);

b_{nk} – коэффициенты взаимосвязей между индикаторами энергетической безопасности, имеющими прямые связи с экономическими (связи 2-го уровня);

γ_{ij} – внутренние коэффициенты взаимосвязей между основными индикаторами энергетической безопасности и вспомогательными, которые имеют косвенную связь с экономическими показателями (связи 3-го уровня);

δ_{ij} – коэффициенты взаимосвязей между основными и зависимыми индикаторами энергетической безопасности (связи 4-го уровня).

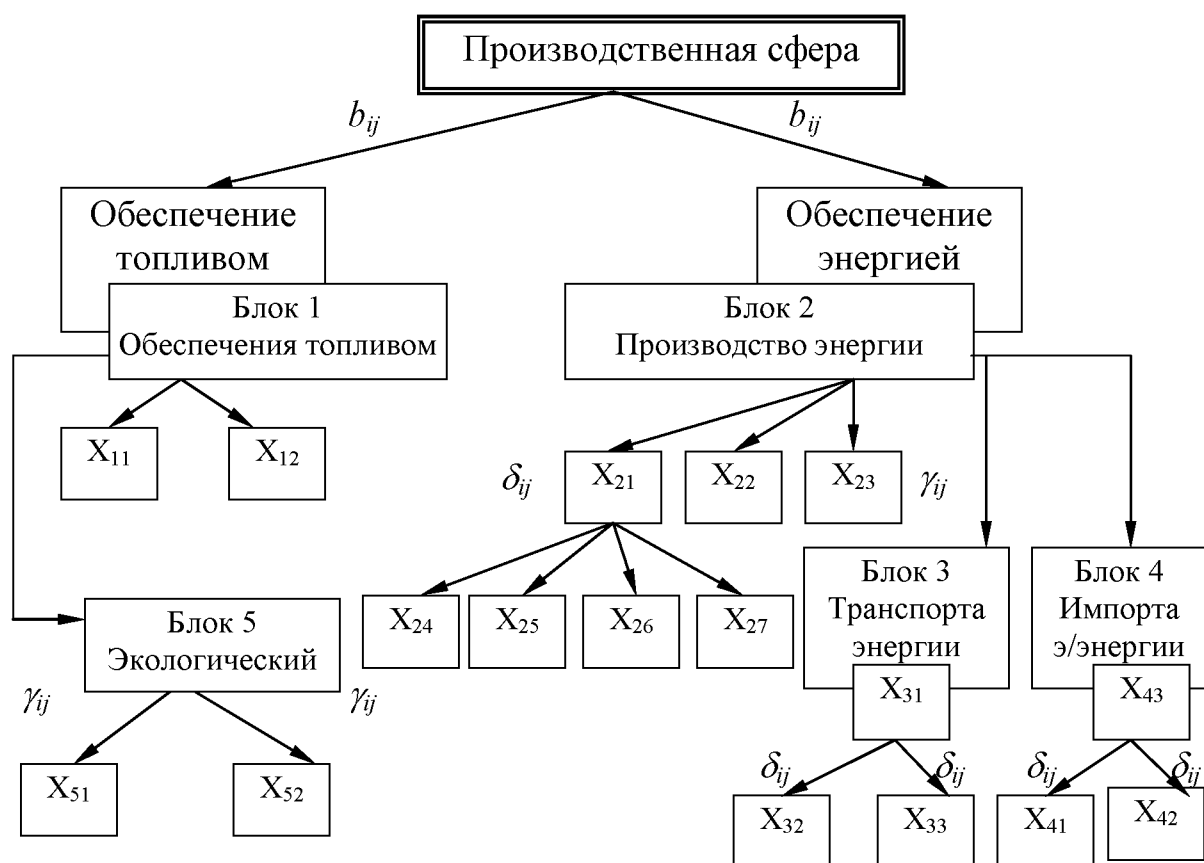


Рис. 2. Взаимосвязи производственной сферы и энергетических блоков

Рассмотрим частный случай учета вспомогательных связей 3-го и 4-го уровня. При этом уравнение $y_1(t)$ перепишется в виде:

$$y_1(t) = a_{11} + a_{12}y_2(t) + a_{13}y_3(t) + a_{14}y_4(t) + b_{11}x_{11} + b_{12}x_{12} + b_{21}x_{21} + b_{22}x_{22} + b_{23}x_{23}. \quad (10)$$

Коэффициенты $b_{11}, b_{12}, b_{21}, b_{22}, b_{23}$ отражают связь индикаторов энергетической безопасности из блоков 1 и 2 и индикатора экономической безопасности y_1 :

x_{11} – индикатор потребления топлива на душу населения;

x_{12} – индикатор доли природного газа в общем объеме потребленного топлива;

x_{21} – индикатор производства электроэнергии на душу населения;

x_{22} – индикатор производства теплоэнергии на душу населения;

x_{23} – индикатор выработки электроэнергии на собственных источниках по отношению к потребленной электроэнергии.

Среди перечисленных индикаторов имеются основные и второстепенные (производные от основных или дополняющие основные). В блоке 1 в качестве основного можно рассматривать индикатор x_{11} , в блоке 2 – x_{21}, x_{22} . Индикатор x_{12} является частью индикатора x_{11} и раскрывает одну его составляющую более подробно. Индикатор x_{23} является дополняющим к индикаторам x_{21} и x_{22} и описывает долю выработанной энергии на собственных источниках.

Кроме того, индикаторы x_{21} и x_{22} производства энергии на душу населения являются производными от основного индикатора x_{11} – потребления топлива на душу населения. Это связано с тем, что Молдова все топливо импортирует, и выработка электрической и тепловой энергии осуществляется на привезенном топливе. Поэтому учет

коэффициентов b_{11} и b_{12} одновременно приведет к двойному учету влияния, по сути, одного и того же индикатора x_{11} . В связи с вышеизложенным, в уравнении достаточно коэффициента b_{11} , отражающего влияние индикатора энергетической безопасности x_{11} на индикатор экономической безопасности y_1 (сферы промышленного производства).

Таким образом, уравнение переписывается в виде:

$$y_1(t) = a_{11} + a_{12}y_2(t) + a_{13}y_3(t) + a_{14}y_4(t) + b(y_1; x_{11})y_5(t). \quad (11)$$

2. Индикатор сферы занятости населения (y_2) связан с индикаторами энергетической безопасности через блок потребителей (блок 6) (рис. 3).



Рис. 3. Взаимосвязи сферы занятости населения и индикаторов энергетической безопасности

Ввиду того, что этот индикатор имеет опосредованные связи с каждым энергетическим блоком и в то же время не имеет прямых связей, их взаимодействие можно выразить через основной индикатор энергетической безопасности – x_{11} и его коэффициент b_{11} . Уравнение имеет вид:

$$y_2(t) = a_{21}y_1(t) + a_{22} + a_{23}y_3(t) + a_{24}y_4(t) + a_{25}y_5(t). \quad (12)$$

В данном случае $a_{25} = b_{11}(y_2, x_{11})$.

3. Индикатор сферы уровня жизни населения (y_3) связан с индикаторами энергетической безопасности из блока 6 (рис. 4).

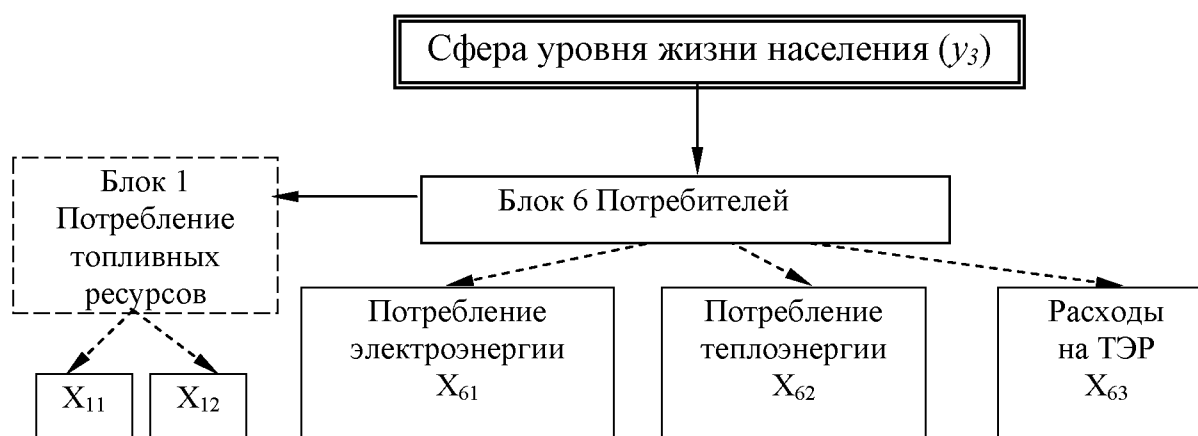


Рис. 4. Взаимосвязи индикатора сферы уровня жизни населения и индикаторов энергетической безопасности

Уравнение взаимосвязи имеет вид:

$$y_3(t) = a_{31}y_1(t) + a_{32}y_2(t) + a_{33} + a_{34}y_4(t) + a_{35}y_5(t). \quad (13)$$

Представляется, что основным следует выбрать индикатор x_{11} или x_{63} , соответствующие им коэффициенты b_{11} или b_{63} .

Уравнение в общем случае примет вид:

$$y_3(t) = a_{31}y_1(t) + a_{32}y_2(t) + a_{33} + a_{34}y_4(t) + b(y_3; x_{11})y_5(t). \quad (14)$$

4. Индикатор сферы обеспечения продовольствием (y_4) связан с индикаторами энергетической безопасности из блока 1 и имеет косвенные связи с индикаторами из блока 5 (рис. 5).

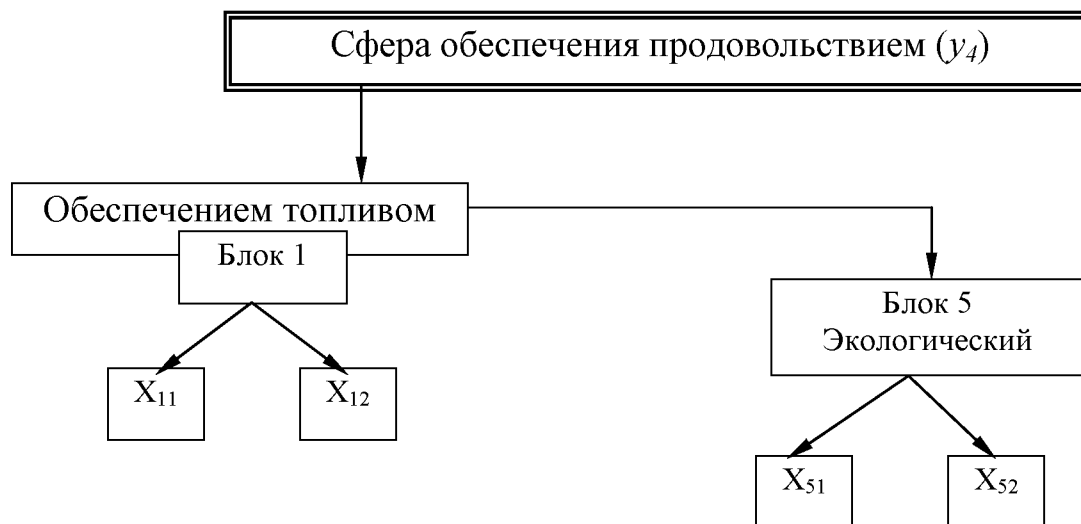


Рис. 5. Индикатор обеспечения продовольствием и индикаторы энергетической безопасности

Уравнение имеет вид:

$$y_4(t) = a_{41}y_1(t) + a_{42}y_2(t) + a_{43}y_3(t) + a_{44} + b(y_4; x_{11})y_5(t). \quad (15)$$

Если пренебречь косвенными взаимосвязями (с x_{51} и x_{52}) и учесть, что x_{12} уже включено в x_{11} по своему смыслу, то $a_{45} = b_{11}$.

5. Сфера ТЭК (y_5) связана со всеми сферами экономики, поэтому ее уравнение имеет вид:

$$y_5(t) = a_{51}y_1(t) + a_{52}y_2(t) + a_{53}y_3(t) + a_{54}y_4(t) + a_{55}. \quad (16)$$

Получаем преобразованную систему уравнений:

$$\begin{cases} y_1(t) = a_{11} + a_{12}y_2(t) + a_{13}y_3(t) + a_{14}y_4(t) + b(y_1; x_{11})y_5(t), \\ y_2(t) = a_{21}y_1(t) + a_{22} + a_{23}y_3(t) + a_{24}y_4(t) + b(y_2; x_{11})y_5(t), \\ y_3(t) = a_{31}y_1(t) + a_{32}y_2(t) + a_{33} + a_{34}y_4(t) + b(y_3; x_{11})y_5(t), \\ y_4(t) = a_{41}y_1(t) + a_{42}y_2(t) + a_{43}y_3(t) + a_{44} + b(y_4; x_{11})y_5(t), \\ y_5(t) = a_{51}y_1(t) + a_{52}y_2(t) + a_{53}y_3(t) + a_{54}y_4(t) + a_{55}. \end{cases} \quad (17)$$

Решение данной системы позволяет определить изменение одного индикатора экономической безопасности при колебаниях других при известном основном индикаторе энергетической безопасности. Описанный подход позволяет найти взаимосвязи между величинами для случая дискретных точек. Однако влияние изменения индикаторов энергетической безопасности на изменение индикаторов экономической безопасности происходит непрерывно. Для этого случая уравнения, приведенные выше, приобретут следующий вид.

Для всех отраслей экономики:

$$\begin{cases} \frac{dy_1}{dt} = a_{11} + a_{12}y_2(t) + a_{13}y_3(t) + a_{14}y_4(t) + a_{15}y_5(t), \\ \frac{dy_2}{dt} = a_{21}y_1(t) + a_{22} + a_{23}y_3(t) + a_{24}y_4(t) + a_{25}y_5(t), \\ \frac{dy_3}{dt} = a_{31}y_1(t) + a_{32}y_2(t) + a_{33} + a_{34}y_4(t) + a_{35}y_5(t), \\ \frac{dy_4}{dt} = a_{41}y_1(t) + a_{42}y_2(t) + a_{43}y_3(t) + a_{44} + a_{45}y_5(t), \\ \frac{dy_5}{dt} = a_{51}y_1(t) + a_{52}y_2(t) + a_{53}y_3(t) + a_{54}y_4(t) + a_{55}. \end{cases}$$

Для промышленной сферы:

$$\frac{dy_1}{dt} = a_{11} + a_{12}y_2(t) + a_{13}y_3(t) + a_{14}y_4(t) + a_{15}y_5(t),$$

где $a_{15} = \beta_{11} + \beta_{12} + \beta_{21} + \beta_{22} + \beta_{23} + \gamma_{51} + \gamma_{52} + \gamma_{31} + \gamma_{43} + \delta_{32} + \delta_{33} + \delta_{41} + \delta_{42}$.

Для сферы занятости населения:

$$\frac{dy_2}{dt} = a_{21}y_1(t) + a_{22} + a_{23}y_3(t) + a_{24}y_4(t) + a_{25}y_5(t).$$

Для сферы уровня жизни населения:

$$\frac{dy_3}{dt} = a_{31}y_1(t) + a_{32}y_2(t) + a_{33} + a_{34}y_4(t) + a_{35}y_5(t),$$

где $a_{35} = \beta_{11} + \beta_{12} + \beta_{61} + \beta_{62} + \beta_{63}$.

Для сферы обеспечения продовольствием:

$$\frac{dy_4}{dt} = a_{41}y_1(t) + a_{42}y_2(t) + a_{43}y_3(t) + a_{44} + a_{45}y_5(t),$$

где $a_{35} = \beta_{11} + \beta_{12} + \gamma_{51} + \gamma_{52}$.

Для сферы ТЭК:

$$\frac{dy_5}{dt} = a_{51}y_1(t) + a_{52}y_2(t) + a_{53}y_3(t) + a_{54}y_4(t) + a_{55}.$$

В случае представления энергетической сферы одним основным индикатором, например x_{11} , и учета коэффициентов корреляции данного индикатора и индикаторов экономической безопасности получаем преобразованную систему уравнений:

$$\begin{cases} \frac{dy_1}{dt} = a_{11} + a_{12}y_2(t) + a_{13}y_3(t) + a_{14}y_4(t) + b(y_1; x_{11})y_5(t), \\ \frac{dy_2}{dt} = a_{21}y_1(t) + a_{22} + a_{23}y_3(t) + a_{24}y_4(t) + b(y_2; x_{11})y_5(t), \\ \frac{dy_3}{dt} = a_{31}y_1(t) + a_{32}y_2(t) + a_{33} + a_{34}y_4(t) + b(y_3; x_{11})y_5(t), \\ \frac{dy_4}{dt} = a_{41}y_1(t) + a_{42}y_2(t) + a_{43}y_3(t) + a_{44} + b(y_4; x_{11})y_5(t), \\ \frac{dy_5}{dt} = a_{51}y_1(t) + a_{52}y_2(t) + a_{53}y_3(t) + a_{54}y_4(t) + a_{55}. \end{cases}$$

В том случае, если необходимо оценить влияние не основного индикатора энергетической безопасности, а зависимого от него или вспомогательного, это можно сде-

лать с помощью введения дополнительного коэффициента, раскрывающего степень зависимости или связи индикаторов энергетической безопасности между собой (γ_{ij} , δ_{ij}).

Выводы

В разработанной математической модели размерность системы уравнений определяется совокупностью показателей рассматриваемых отраслей экономики, каждая из которых является переменной функцией, зависящей как от времени, так и от изменения взаимных связей между отраслями. Решение указанной системы позволяет найти для каждой отрасли экономики свое выражение функции по нескольким индикаторам (или одному, принятому в качестве основного), которое определяется собственными параметрами и полной системой связей с остальными, в том числе с энергетическими.

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. 288 с.
3. Постолатий В.М., Гылка К.И., Новак М.И., Быкова Е.В. и др. Анализ состояния энергетического комплекса Республики Молдова и пути обеспечения энергетической безопасности. Кишинев: Штиница, 2001. 168 с.
4. Быкова Е.В. Формирование системы индикаторов для исследования энергетической безопасности Республики Молдова // Сборник трудов научно-технической конференции "Энергосистема: управление, качество, безопасность". Екатеринбург, 2001. С. 195 – 198.
5. Проблемы интеграции России и Республики Беларусь в союзное государство / Под ред. А.И. Татаркина, А.А. Куклина. Екатеринбург: Изд-во Уральского университета, 2002. 297 с.