

УДК 681.513.8

КІНЦЕВЕ СПОЖИВАННЯ ЕНЕРГІЇ ЯК ЗОВНІШНІЙ ФАКТОР У СИСТЕМНИХ МОДЕЛЯХ СКЛАДОВИХ ЕНЕРГОБАЛАНСУ

Ю.В. Костенко, А.Р. Трачук

*Міжнародний науково-навчальний центр інформаційних технологій
і систем НАН та МОН України*

mgua@irtc.org.ua

Розглядається задача індуктивного моделювання складових паливно-енергетичного балансу країни з урахуванням прогнозу кінцевого споживання енергії. Наведені прогнози для деяких первинних джерел енергії.

Ключові слова: паливно-енергетичний баланс, кінцеве споживання енергії, індуктивне моделювання, метод групового урахування аргументів, енергоресурси.

The paper considers the problem of inductive modeling for fuel-power balance parts with the use of the prediction of final energy consumption. The forecasts for some initial fuel-power resources are presented.

Keywords: fuel-power balance, final energy consumption, inductive modeling, group method of data handling, energy resources

Рассматривается задача индуктивного моделирования составляющих топливно-энергетического баланса страны с учетом прогноза конечного потребления энергии. Приведены прогнозы для некоторых первичных топливно-энергетических ресурсов.

Ключевые слова: топливно-энергетический баланс, конечное потребление энергии, индуктивное моделирование, метод группового учета аргументов, энергоресурсы

Вступ

Одним з основних показників паливно-енергетичного балансу країни є кінцеве споживання енергії [1]. Цій показник містить дані про обсяги постачання енергоносіїв для їх безпосереднього використання. При розробці перспективного прогнозного паливно-енергетичного балансу кінцеве споживання енергії дає оцінку потрібного обсягу первинних енергоносіїв.

В роботі [2] подано результати індуктивного моделювання можливих взаємозв'язків між деякими складовими паливно-енергетичного балансу країни. Наведені моделі було отримано за алгоритмом МГУА для дворівневого моделювання багатовимірних циклічних процесів [3] з використанням початкових даних, які містять показники видобутку, споживання та імпорту в трьох блоках енергобалансу – вугілля, нафти і газу в країні за 2006 – 2015 роки (по 10 значень кожного показника).

В цій роботі наведено результати побудови однорівневих багатовимірних моделей показників видобутку, споживання та імпорту основних носіїв енергії – вугілля, нафти і газу. Моделювання динаміки трьох змінних – вугілля (Y_1),

нафти (Y2) та газу (Y3) – виконано за умовою дії на них зовнішнього (не залежного) впливу – кінцевого споживання енергії (W).

Розрахунки виконані за тим же алгоритмом МГУА з використанням тих самих початкових даних. Прогноз кінцевого споживання енергії одержано за моделлю, яка була побудована за алгоритмом [3]

1. Системні моделі та графіки модельованих змінних

Кінцеве споживання енергії

Таблиця 1а. Початкові дані

Рік	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
Почат. дані	72948	73270	73846	74037	74238	74303	74067	75984	63266	67425
Розрах.			74495	73831	71303	72674	77890	75061	64299	70135

Таблиця 1б. Результати прогнозування

2016	2017
94473	85891

Модель для прогнозу кінцевого споживання енергії:

$$W(t) = 225013 - 2.063W(t-2).$$

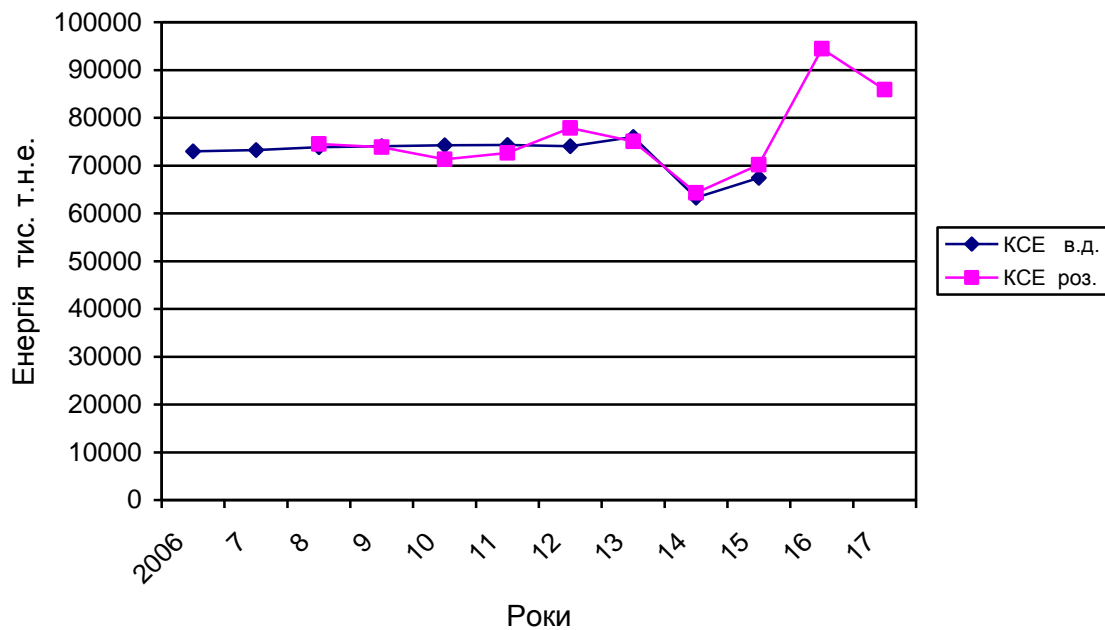


Рис. 1 Зміна кінцевого споживання енергії за початковими даними та прогноз на 2 роки

За цією моделлю зміна за часом кінцевого споживання енергії є коливальний процес, що розходиться. Прогнозне значення вже на першій рік прогнозу значно зростає.

Наведені нижче системні моделі були побудовані з використанням значень кінцевого споживання енергії, які подано в таблицях 1а та 1б.

СПОЖИВАННЯ

Таблиця 2а Початкові дані

Рік	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
Вугілля	61,8	63,1	68,8	72,4	78,9	81,4	83,7	85,1	92,2	98,7
Нафта	19,5	23,4	25,7	29,5	32,0	33,6	34,2	34,9	35,3	36,0
Газ	75,1	73,6	71,3	69,5	67,6	66,2	65,5	64,9	63,7	62,4

Таблиця 2б Результати прогнозування

2016	2017
110,28	125,88
35,81	35,60
60,68	57,91

Системна модель для прогнозу обсягів споживання первинних носіїв енергії з урахуванням прогнозу обсягу кінцевого споживання енергії

$$Y_1(t) = 717.484 + 0.549Y_1(t-1) - 0.407Y_1(t-2) - 3.565Y_2(t-2) - 4.309Y_3(t-1) - 3.262Y_3(t-2) - 0.000358W(0);$$

$$Y_2(t) = 554.736 - 0.215Y_1(t-2) - 1.568Y_2(t-2) - 4.674Y_3(t-1) + 0.000104W(0) - 0.00204W(t-2);$$

$$Y_3(t) = -214.480 - 0.213Y_1(-1) + 0.144Y_1(-2) + 1.112Y_2(-2) + 1.874Y_3(-1) + 0.756Y_3(-2) + 0.001013W(-2).$$

За цією системою обсяги споживання усіх трьох носіїв взаємозалежні, а також залежні від обсягу кінцевого споживання енергії.

Прогноз за одержаними моделями дає різкий зріст споживання вугілля і нафти та значне зменшення споживання газу. Результати прогнозування подано в табл. 2б та на рис. 2.

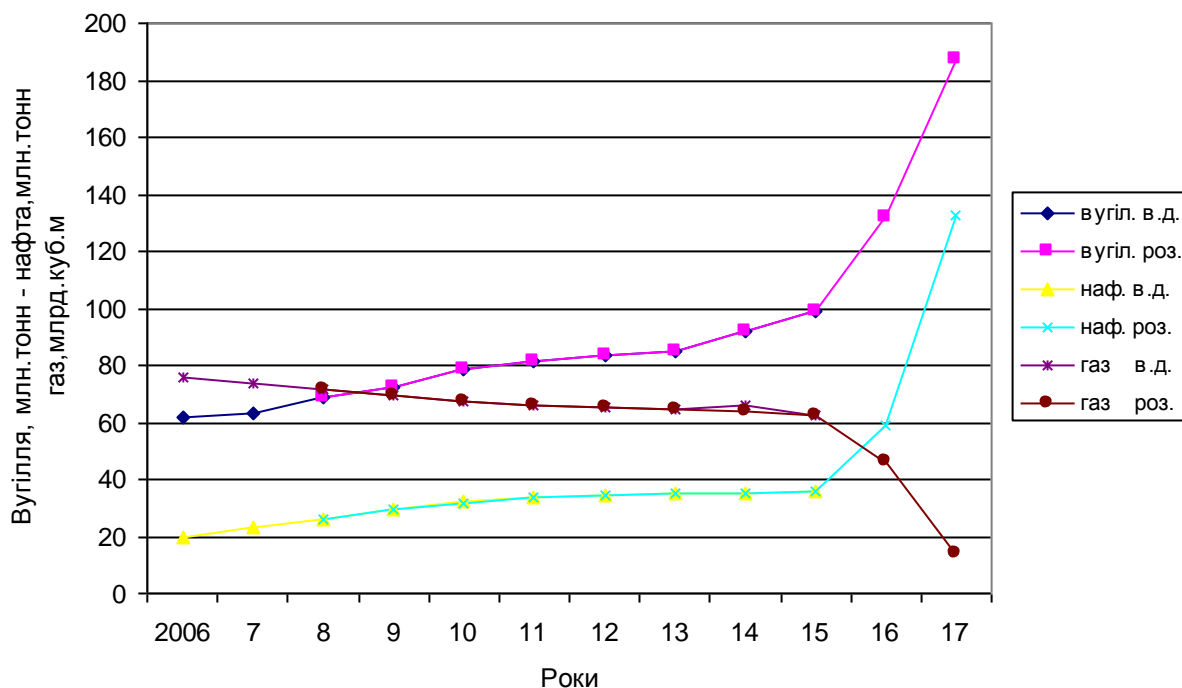


Рис. 2 Зміна обсягів споживання первинних носіїв енергії за початковими даними та прогноз на 2 роки, обчислені з урахуванням прогнозу обсягу кінцевого споживання енергії

ВИДОБУТОК

Таблиця 3а. Початкові дані

Рік	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
Вугілля	79,5	81,8	84,3	88,5	90,9	94,7	99,1	103,9	107,5	110,3
Нафта	5,4	6,1	6,8	7,9	8,7	8,8	9,0	9,1	9,1	9,3
Газ	21,5	22,4	23,8	24,2	25,5	26,3	27,9	28,1	29,7	31,1

Таблиця 3б. Результати прогнозування

2016	2017
115.9	121.0
8.98	8.75
32.04	32.69

Системна модель для прогнозу обсягів видобутку первинних носіїв енергії з урахуванням прогнозу обсягу кінцевого споживання енергії:

$$Y_1(t) = 4.606 - 1.485Y_2(t-1) + 1.361Y_2(t-2) + 1.803Y_3(t-1) + 1.906Y_3(t-2);$$

$$Y_2(t) = 0.982Y_2(t-1) - 0.249Y_2(t-2) + 0.000033W(t-2);$$

$$Y_3(t) = 0.384Y_1(t-2) + 0.246Y_2(t-1) - 0.372Y_3(t-1).$$

За цією системою обсяг видобутку вугілля і газу залежить від видобутку усіх трьох носіїв, а видобуток нафти не залежить від видобутку інших носіїв, але залежить від обсягу кінцевого споживання енергії.

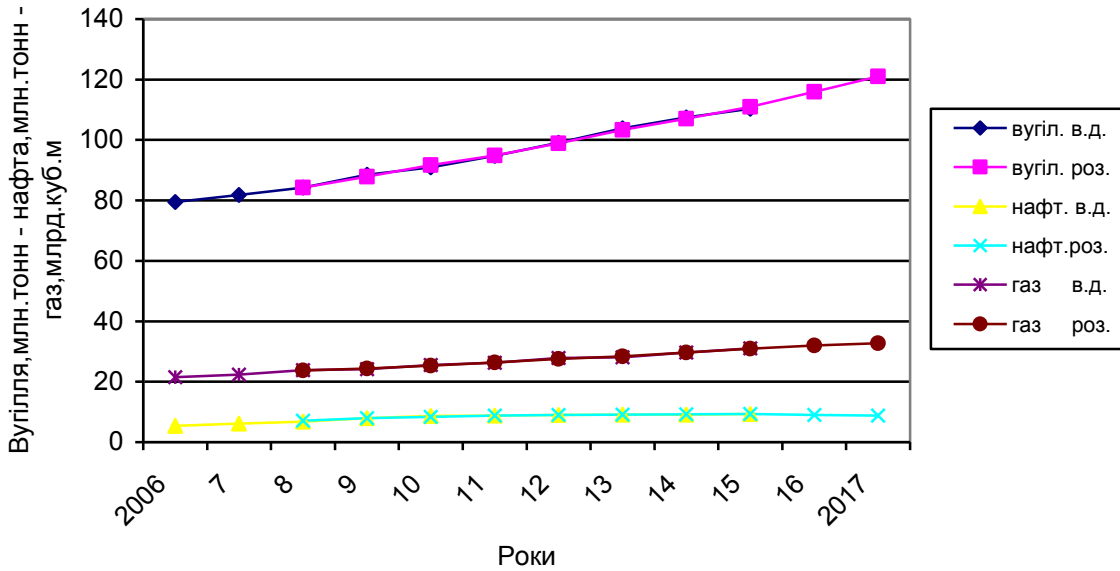


Рис. 3 Зміна обсягів видобутку первинних носіїв енергії за початковими даними та прогноз на 2 роки, обчислені з урахуванням прогнозу обсягу кінцевого споживання енергії

Прогноз за цими моделями дає плавне зростання видобутку вугілля, незначне зростання видобутку газу та незначне зменшення видобутку нафти. Результати прогнозування подано в табл.3б та на рис.3.

ІМПОРТ

Таблиця 4а Початкові дані

Рік	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
Вугілля	7,9	8,1	8,5	8,9	9,2	9,0	8,6	8,1	7,4	7,0
Нафта	15,5	16,8	18,3	21,9	23,3	24,6	25,1	25,7	26,3	26,7
Газ	54,1	52,8	47,5	45,4	42,1	40,3	39,6	37,2	33,6	31,3

Таблиця 4б Результати прогнозування

2016	2017
4.59	4.62
15.40	44.08
18.60	38.55

Системна модель для прогнозу обсягів імпорту первинних носіїв енергії з урахуванням прогнозу обсягу кінцевого споживання енергії:

$$Y_1(t) = 0.954Y_1(t-1) - 0.182Y_2(t-2) - 0.049Y_3(t-1) + 0.000017W(0) + 0.000067W(t-2);$$

$$Y_2(t) = 0.826Y_1(t-1) - 1.855Y_1(t-2) - 0.179Y_2(t-2) - 0.648Y_3(t-1) - 0.068Y_3(t-2) + 0.000134W(0) + 0.000300W(t-1) + 0.000480W(t-2);$$

$$Y_3(t) = 1.192Y_1(t-1) + 4.774Y_1(t-2) - 2.206Y_2(t-1) - 0.533Y_2(t-2) + 0.095Y_3(t-1) - 0.510Y_3(t-2) - 0.000047W(0) + 0.000980W(t-2).$$

За цією системою імпорт усіх трьох носіїв взаємозалежний, а також залежить від обсягу кінцевого споживання енергії.

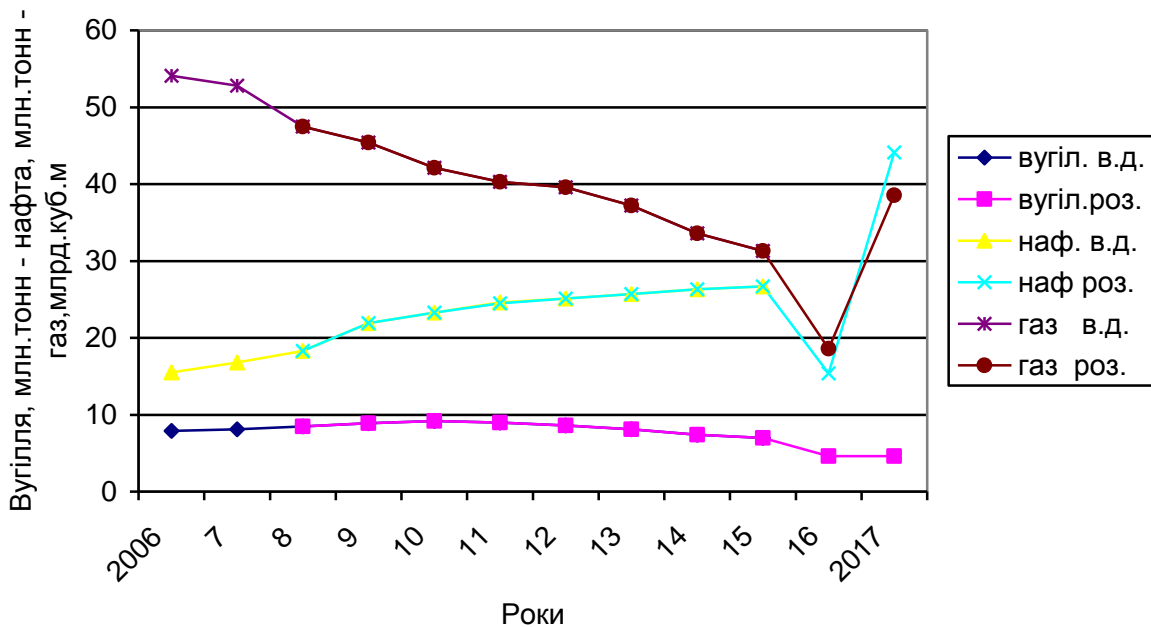


Рис. 4 Зміна обсягів імпорту первинних носіїв енергії за початковими даними та прогноз на 2 роки, обчислені з урахуванням прогнозу обсягу кінцевого споживання енергії

Прогноз за цими моделями дає незначний зріст імпорту вугілля та різкі зміни імпорту нафти і газу: на першій рік - зниження, а на наступний – збільшення. Результати прогнозування подано в табл.4б та на рис. 4.

2. Розбаланс систем та помилки апроксимації

В таблиці 5 для порівняння подано значення розбалансу побудованих систем з урахуванням кінцевого споживання енергії (КСЕ) і без нього. Порівняння цих значень показує, що розбаланс системи видобутку не покращав, а розбаланс

систем споживання та імпорту значно зменшився: для споживання на 42%, для імпорту – 86%.

Таблиця 5. Розбаланс систем з урахуванням КСЕ і без нього

	Без КСЕ	З КСЕ
Видобуток	0.010540	0.010878
Споживання	0.003876	0.002230
Імпорт	0.007744	0.001052

В таблицях ба, бв, бв для порівняння подано значення помилок апроксимації модельованих змінних з урахуванням кінцевого споживання енергії (КСЕ) і без нього у кожній з побудованих систем.

Таблиця ба Видобуток

	Без КСЕ	З КСЕ
Вугілля	0.005795	0.005332
Нафта	0.015362	0.016422
Газ	0.007984	0.001052

Таблиця бб Споживання

Без КСЕ	З КСЕ
0.004707	0.001780
0.004641	0.003346
0.001172	0.000741

Таблиця бв Імпорт

	Без КСЕ	З КСЕ
Вугілля	0.003630	0.001351
Нафта	0.007591	0.001057
Газ	0.010445	0.000618

Аналіз таблиць ба, бб і бв показує, що всі значення помилки апроксимації, за винятком видобутку нафти, зменшилися і ці зменшення складають від 8% до 96%.

Висновки

Урахування прогнозу кінцевого споживання енергії при побудові за алгоритмом МГУА системних моделей видобутку, споживання та імпорту вугілля, нафти і газу зменшує розбаланс отримуваних систем і покращує їхні апроксимаційні властивості.

Література

1. Савенко Ю.Н., Штейнгауз Е.О. Энергетический баланс. – М.: Энергия, 1971. – 183 с.
2. Костенко Ю.В., Степашко В.С., Трачук А.Р. Побудова системних моделей основних складових паливно-енергетичного балансу країни // Індуктивне моделювання складних систем. Вип.10, 2018. с. 65-72.
3. Степашко В.С., Костенко Ю.В. Дворівневе моделювання багатовимірних циклічних процесів за алгоритмом МГУА // Індуктивне моделювання складних систем. Вип. 3, 2011. с. 99-109.