

УДК 681.513.8

ПОБУДОВА СИСТЕМНИХ МОДЕЛЕЙ ОСНОВНИХ СКЛАДОВИХ ПАЛИВНО-ЕНЕРГЕТИЧНОГО БАЛАНСУ КРАЇНИ

Ю.В. Костенко¹, В.С. Степашко¹, А.Р. Трачук²

¹*Міжнародний науково-навчальний центр інформаційних технологій і систем НАН та МОН України,*

²*ДП НЕК Укренерго*

astrid@irtc.org.ua

Розглядається задача індуктивного моделювання складових паливно-енергетичного балансу країни. Наведені прогнози для деяких первинних паливно-енергетичних ресурсів.

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

The paper considers the problem of inductive modeling for fuel-power balance parts. The forecasts for some initial fuel-power resources is presented.

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

Рассматривается задача индуктивного моделирования составляющих топливно-энергетического баланса страны. Приведены прогнозы для некоторых первичных топливно-энергетических ресурсов.

Ключевые слова: топливно-энергетический баланс, индуктивное моделирование, метод группового учета аргументов, энергоресурсы.

Вступ

Паливно-енергетичний баланс країни – це система взаємозв'язаних показників кількісного співвідношення між отриманням та витратами паливно-енергетичних ресурсів у країні. Джерелом енергоресурсів є добування природного палива – вугілля, нафти, газу, виробництво природних енергоресурсів (електро- і теплоенергії), а також імпорт. Витратна частина балансу показує використання енергоносіїв на перетворення, виробничо-технологічні потреби, експорт. Реальний паливно-енергетичний баланс дає можливість узгоджувати внутрішні ринки енергоресурсів, забезпечувати ефективне формування та використання національного господарства. Основним завданням при розробці планового паливно-енергетичного балансу є забезпечення раціонального розвитку всіх частин енергетичного комплексу країни, зменшення енергетичної залежності від країн-постачальників енергоресурсів [1].

При складанні прогнозів паливно-енергетичного балансу важливе значення має аналіз звітного балансу країни за попередній рік. Такий аналіз дозволяє дослідити існуючі взаємозв'язки між складовими балансу та на більш високому рівні скласти плановий баланс.

Кожний з первинних джерел енергії – вугілля, нафта, газ – характеризується в балансі такими основними показниками: видобуток сировини, її споживання та імпорт. Поєднання цих показників можуть розглядатися як окремі блоки балансу.

В цій роботі подано результати застосування засобів індуктивного моделювання для виявлення найбільш вагомих динамічних взаємозв'язків між деякими складовими паливно-енергетичного балансу країни та прогнозування цих складових.

Початкові дані та використаний алгоритм

Розрахунки проводились за даними, які містять показники видобутку, споживання та імпорту у трьох блоках енергобалансу – вугілля, нафти і газу в Україні за 2006-2015 роки: по 10 річних значень кожної складової кожного блоку – ці дані містяться в таблицях 1а, 2а, 3а. Прогнозні значення цих показників були обчислені на наступні 5 років – з 2016 по 2020 роки, відповідні результати подано в таблицях 1б, 2б, 3б.

Показники у блоках розглядалися як взаємозалежні змінні: Y_1 – вугілля, Y_2 – нафта, – Y_3 газ, відповідно до чого моделі складових блоків формувалися як система взаємозв'язаних динамічних (різницевих) рівнянь.

Наведені нижче моделі одержані за алгоритмом МГУА для побудови дворівневих систем різницевих моделей багатовимірних циклічних процесів [2]. Алгоритм призначений для побудови моделей природних та економічних процесів, які мають циклічний тренд з незмінною довжиною циклу. Можна моделювати також взаємозалежні циклічні процеси, на які діють зовнішні впливи. Застосування алгоритму для економічних процесів див. у [3].

Моделі формуються у вигляді системи комплектів лінійних різницевих рівнянь каскадного типу за двомірного відліку часу (період – такт): число комплектів дорівнює числу змінних, що моделюються, а число рівнянь у комплекті дорівнює числу тактів – інтервалів часу, на які поділяється період (цикл) процесу.

Моделювання та прогнозування здійснюється шляхом циклічного переходу від одного рівняння до наступного у кожному комплекті рівнянь. Алгоритм дає можливість моделювати як одновимірні, так і багатовимірні процеси з побудовою однорівневих та дворівневих моделей [2, 3]. В даному разі використовувався режим побудови звичайних різницевих моделей, що належать до класу моделей векторної авторегресії [4, 5].

Заданням значень управляючих параметрів алгоритму визначається кількість модельованих змінних (одно- або багатовимірний процес), клас

моделей (одно- або дворівневі), кількість зовнішніх впливів (якщо вони є), розбиття вибірки даних на три частини (навчальна, перевірна, екзаменаційна), значення свободи вибору моделей для поетапного процесу побудови оптимальної системи різницевих рівнянь.

Початкові дані за всіма змінними задаються своїми середньоперіодними значеннями, якщо моделі однорівневі, або середньотактовими, якщо моделі дворівневі.

Краща система рівнянь відбирається у процесі перебору всіх можливих варіантів систем, сформованих з кращих варіантів рівнянь для кожної змінної, за системним критерієм балансу.

При моделюванні складових енергобалансу параметри алгоритму були такі: кількість змінних – 3, кількість періодів процесу – 10, періоди однокіткові (тобто формуються звичайні різницеві моделі); вхідні дані були поділені на дві частини – навчальну та перевірку, прогностичні значення розраховувалися на п'ять наступних періодів (років).

Аргументами при формуванні моделей для всіх змінних були «запізнювані» (лагові) значення цих змінних за попередні один і два роки.

Нижче наведені побудовані системи рівнянь, відповідні значення критерію балансу та графіки, які показують зміну модельованих показників за початковими даними та їх апроксимацію і прогноз за сформованими системами рівнянь.

ВИДОБУТОК: вугілля – нафта - газ

Таблиця 1а. 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 1б. Результати прогнозування

2016	2017	2018	2019	2020
116,45	121,14	124,2	129,85	136,16
9,363	9,379	9,378	9,375	9,371
32,04	32,78	34,87	35,90	36,69

Системна модель для прогнозу видобутку трьох первинних носіїв енергії:

$$Y_1 = -0.077Y_1(-2) - 0.383Y_2(-1) + 2.136Y_3(-1) + 2.0857Y_3(-2);$$

$$Y_2 = 2.3047 + 0.993Y_2(-1) - 0.239Y_2(-2);$$

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

РОЗБАЛАНС СИСТЕМИ 0.011289.

З аналізу структури цієї системи можна зробити висновок, що видобуток вугілля і газу залежить від видобутку всіх трьох енергоносіїв, а видобуток нафти не залежить від обсягу видобутку інших носіїв. Відповідні результати прогнозування подано в табл. 1б та на рис. 2.

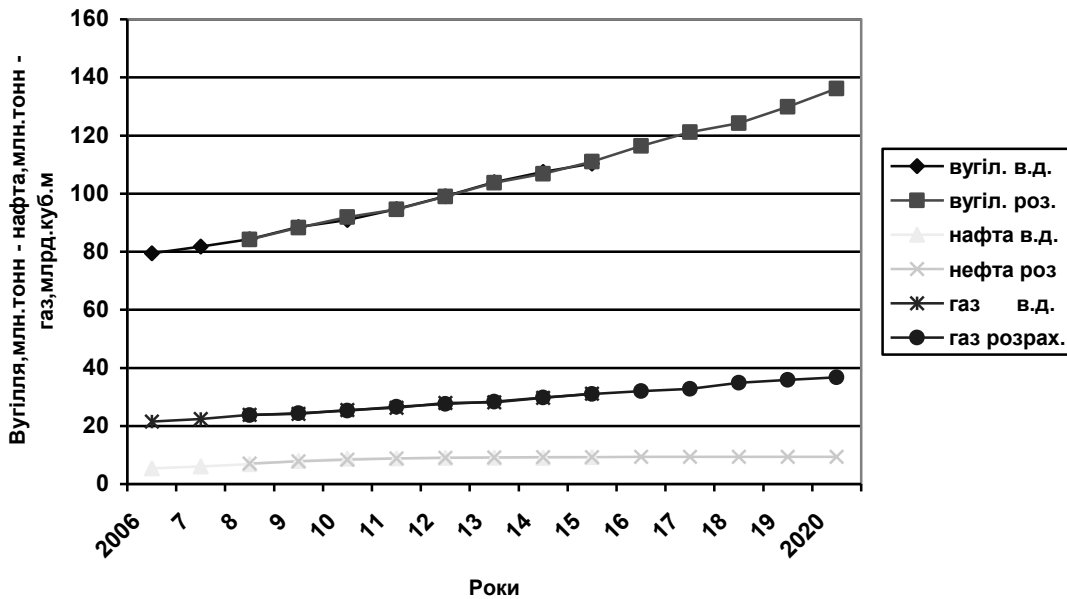


Рис.1 Зміна обсягів видобутку вугілля, нафти і газу за вихідними даними та прогноз на 5 років (2016-20)

Прогноз на 5 років за цими моделями дає тенденцію до поступового зростання видобутку вугілля і газу – на 23% і 19% відповідно. Видобуток нафти перші 2 роки буде зростати, а потім – зменшуватися.

СПОЖИВАННЯ: вугілля – нафта – газ

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	2018	2019	2020
110,28	125,88	153,59	196,48	264,86
35,81	35,60	34,97	33,95	32,09
60,68	57,91	54,18	47,62	37,60

Системна модель для прогнозу обсягів споживання трьох первинних носіїв енергії:

$$Y_1 = 809.6343 + 0.579Y_1(-1) - 0.253Y_1(-2) - 4.661Y_2(-2) - 4.932Y_3(-1) - 4.097Y_3(-2);$$

$$Y_2 = 111.799 - 0.304Y_1(-2) + 0.551Y_2(-1) - 1.087Y_3(-1);$$

$$Y_3 = 65.9739 - 0.212Y_1(-1) + 0.246Y_3(-2);$$

РОЗБАЛАНС СИСТЕМИ 0.010799.

За цією системою обсяги споживання вугілля і нафти пов'язані зі споживанням усіх трьох носіїв, а споживання газу – зі споживанням вугілля. Останнє є важливим аспектом, враховуючи реалії нашої країни. Результати прогнозування подано в табл. 2б та на рис. 2.

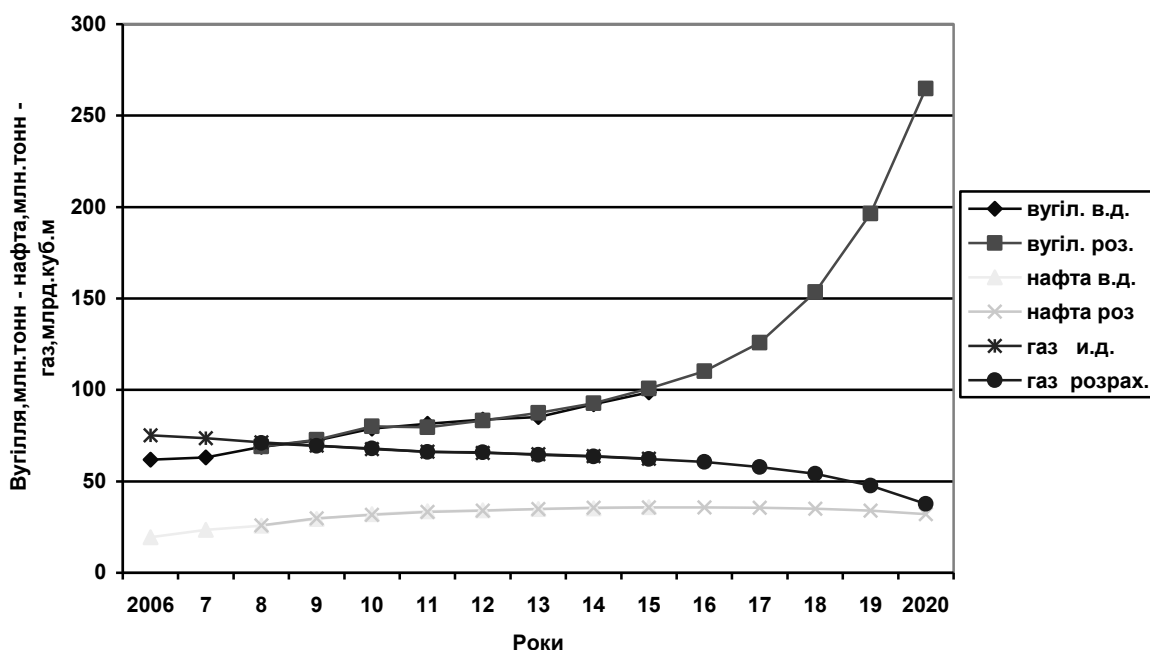


Рис. 2 Зміна обсягів споживання вугілля, нафти і газу за вихідними даними та прогноз на 5 років (2016-20)

Прогноз за цими моделями показує значне зростання споживання вугілля (в 2,5 рази) і поступове зменшення споживання нафти та газу – на 10% і 40% відповідно. Загалом це відповідає реальним умовам нашої країни – труднощі з постачанням газу раціонально компенсувати зростанням споживання вугілля як енергоресурсу.

ІМПОРТ: вугілля – нафта – газ

Таблиця 3а. 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 3б. Результати прогнозування

2016	2017	2018	2019	2020
6,56	6,11	5,55	4,93	4,24
26,68	26,48	25,90	25,12	24,11
26,21	22,81	18,78	15,43	11,80

Системна модель для прогнозу обсягів імпорту первинних носіїв енергії:

$$Y_1 = 1.3318Y_1(-1) - 0.5467Y_1(-2) + 0.0383Y_3(-2);$$

$$Y_2 = 0.9017Y_2(-1) + 0.0775Y_3(-2);$$

$$Y_3 = 3.3935Y_1(-2) - 0.7020Y_2(-1) + 0.2386Y_3(-1) + 0.3683Y_3(-2).$$

РОЗБАЛАНС СИСТЕМИ 0.013606.

Згідно з цією системою, імпорт вугілля і нафти залежить від імпорту газу, а імпорт газу залежить від імпорту всіх трьох носіїв. Результати прогнозування подано в табл. 3б та на рис. 3.

Прогноз за цими моделями дає зниження імпорту газу на 60% , вугілля на 40%, нафти на 10%.

Висновки

Системні моделі видобутку, споживання та імпорту первинних носіїв енергії, отриманні за алгоритмом МГУА для дворівневого моделювання багатовимірних циклічних процесів, описують можливі взаємозв'язки між видобутком, споживанням та імпортом вугілля, нафти і газу з достатньою точністю та дають прогнозні значення цих змінних.

Ця методика індуктивного моделювання на основі дворівневого алгоритму МГУА може бути використана при розрахунках перспективного паливно-енергетичного балансу країни.

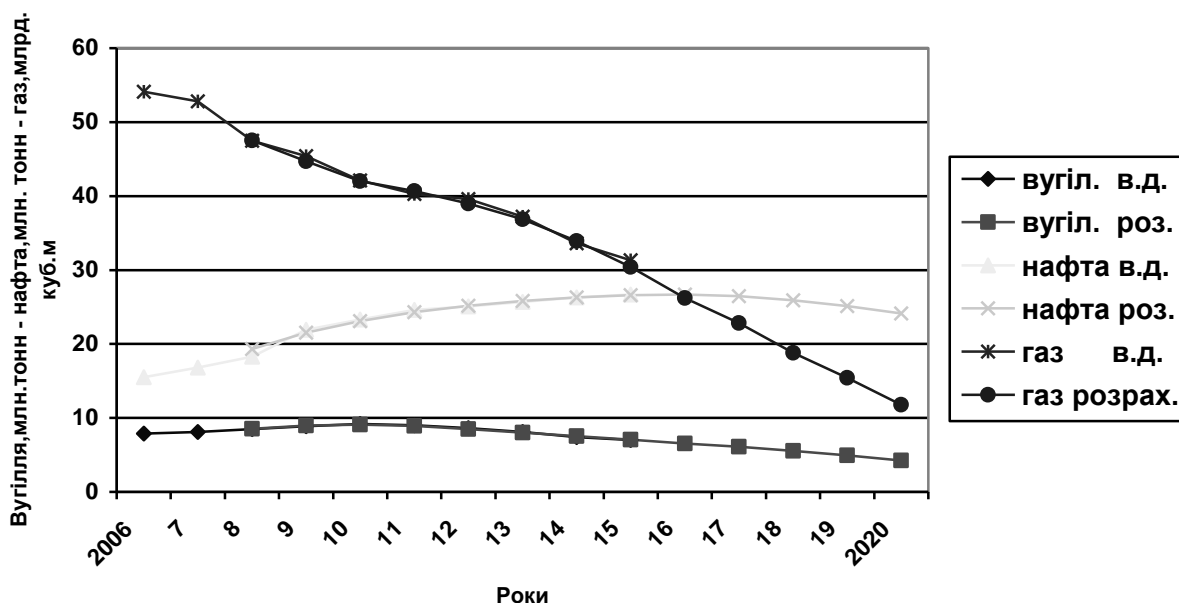


Рис. 3 Зміна обсягів імпорту вугілля, нафти і газу за вихідними даними та прогноз на 5 років (2016-20)

Подальші дослідження в цій галузі доцільно спрямувати на побудову системних моделей, що описують динаміку видобутку, споживання та імпорту вугілля, нафти і газу у їхньому взаємозв'язку та взаємозалежності.

Література

1. Пешко А. В., Назаренко А. В. Формування паливно-енергетичного балансу України з огляду на енергетичну незалежність // Економічний вісник Донбасу. 2007. № 3(9). С. 14-18.
2. Степашко В.С., Костенко Ю.В. Алгоритм МГУА для двухуровневого моделирования многомерных циклических процессов // Автоматика. 1987. № 4. С. 51-59.

3. Костенко Ю.В. Дворівневе моделювання багатовимірних циклічних процесів за алгоритмом МГУА // Індуктивне моделювання складних систем. Вип. 3, 2011. С. 99-109.
4. Primiceri G.E. Time varying structural vector autoregression and monetary policy. *Review of Economic Studies*, 2005. № 72. P. 821–852.
5. Yefimenko S. Building Vector Autoregressive Models Using COMBI GMDH with Recurrent-and-Parallel Computations / In: *Advances in Intelligent Systems and Computing II: Selected Papers from the International Conference on Computer Science and Information Technologies, CSIT 2017, September 5-8, Lviv, Ukraine* / N. Shakhovska, V. Stepashko, Editors. AISC book series, Volume 689. Cham: Springer, 2018. P. 601-613.