

7. Beer, S. (1994), *Beyond Dispute. The Invention of Team Syntegrity*, Wiley, Chichester, Great Britain.
8. Beer, S. (1981), *Brain of the Firm*. 2nd edition, reprint, Wiley, Chichester, Great Britain.
9. Beer, S. (1972), *The Heart of Enterprise*, Wiley, Chichester, Great Britain.
10. Lysenko, Yu. (2005), *Economic Cybernetics*, Yugo-Vostok, Ltd., Donetsk, Ukraine

УДК 621.311

## **МЕТОДОЛОГІЧНІ ОСНОВИ АНАЛІЗУ ТА ПРОГНОЗУВАННЯ СПОЖИВАННЯ ГАЗУ В СИСТЕМІ ЕНЕРГЕТИЧНОГО БАЛАНСУ УКРАЇНИ ШЛЯХОМ ВИКОРИСТАННЯ МЕТОДУ ГРУПОВОГО УРАХУВАННЯ АРГУМЕНТІВ**

Степашко В.С., д.т.н., професор, Трачук А.Р., аспірант  
*Національний технічний університет України*

*Київський політехнічний інститут ім. Ігоря Сікорського,  
Україна, 03056, м. Київ, вул. Борщагівська, 115/3*

matrix@i.ua

У статті розглянуто проблемні питання споживання газу по Україні. Проаналізовано динаміку споживання газу та запропоновано методичні рекомендації щодо ефективного видобування, споживання та імпорту газу по всій Україні в цілому. Побудовано та розроблено прогнозні моделі споживання газу в Україні завдяки використанню сучасного програмного забезпечення та з використанням методу групового урахування аргументів, який дозволив побудувати адекватні прогнозні моделі споживання енергоресурсів у системі енергетичного балансу України. Досліджено та спрогнозовано сценарії споживання газу загалом по Україні.

Проблема ефективного використання паливно-енергетичних ресурсів є вкрай важливою для сталого економічного розвитку енергетики на тлі збереження залежності національної економіки від імпорту енергоносіїв, з одного боку, а також зростання цін на дані ресурси. Базовою основою формування енергосистеми України є побудова прогнозних сценаріїв за різними видами енергоресурсів та різноманітними критеріями ефективного використання паливно-енергетичних ресурсів. Вирішення даної проблеми пов'язано не тільки з забезпеченням енергетичної безпеки країни, але також з підвищенням рівня розвитку регіонів України та забезпечення якості життя населення.

Прогнозування споживання газу в Україні на сьогодні є вкрай важливим питанням стратегічного значення, оскільки завдяки проведеному аналізу та побудові прогнозних моделей можливо буде розробити методичні рекомендації щодо ефективного виробництва та споживання газу по всій Україні в цілому.

*Ключові слова: енергозбереження, енергоефективність, енергобаланс, енергетична статистика.*

## **МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ АНАЛИЗА И ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ПОТРЕБЛЕНИЯ ГАЗА В СИСТЕМЕ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО БАЛАНСА УКРАИНЫ ПУТЕМ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ МЕТОДА ГРУППОВОГО УЧЕТА АРГУМЕНТОВ**

Степашко В.С., д.т.н., профессор, Трачук А.Р., аспирант

*Национальный технический университет Украины*

*Киевский политехнический институт имени Игоря Сикорского*

*Украина, 03056, г. Киев, ул. Борщаговская, 115/3*

В статье рассмотрены проблемные вопросы потребления газа по Украине. Проанализирована динамика потребления газа и предложены методические рекомендации по эффективной добыче, потреблению и импорту газа по всей Украине в целом. Построены и разработаны прогнозныe модели потребления газа в Украине с использованием современного программного обеспечения и путем использования метода группового учета аргументов, который позволил построить адекватные прогнозныe модели потребления энергоресурсов в системе энергетического баланса Украины. Исследованы и спрогнозированы сценарии потребления газа в целом по Украине.

Проблема эффективного использования топливно-энергетических ресурсов является крайне важной для устойчивого экономического развития энергетики на фоне сохранения зависимости национальной экономики

от импорта энергоносителей, с одной стороны, а также рост цен на данные ресурсы. Базовой основой формирования энергосистемы Украины является построение прогнозных сценариев по различным видам энергоресурсов и различным критериям эффективного использования топливно-энергетических ресурсов. Решение данной проблемы связано не только с обеспечением энергетической безопасности страны, но также с повышением уровня развития регионов Украины и качества жизни населения.

Прогнозирование потребления газа в Украине на сегодня является крайне важным вопросом стратегического значения, поскольку благодаря проведенному анализу и построению прогнозных моделей можно будет разработать методические рекомендации по эффективному производству и потреблению газа по всей Украине в целом.

*Ключевые слова: энергосбережение, энергоэффективность, энергобаланс, энергетическая статистика.*

## **METHODOLOGICAL FOUNDATIONS OF ANALYSIS AND FORECASTING OF GAS CONSUMPTION IN THE SYSTEM OF ENERGY BALANCE OF UKRAINE BY USING THE GROUP METHOD OF DATA HANDLING**

Stepashko V.S., Doctor. Sc., Professor, Trachuk A.R., postgraduate student

*National Technical University of Ukraine*

*“Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute”*,

*Ukraine, 03056, Kyiv, Borschahivska str., 115/3*

This paper deals with issues of gas consumption in Ukraine. The dynamics of gas consumption is analysed and proposed guidelines for the efficient production, consumption and import of gas in Ukraine. Constructed and developed predictive models of gas consumption in Ukraine through the use of modern software and using the group method of data handling, which allowed building adequate predictive models of gas consumption in the system of Ukraine's energy balance. Scenarios of gas consumption in the Ukraine had been researched and forecasted.

The problem of efficient use of energy resources is critical for sustainable economic development against the backdrop of energy saving national economy depends on energy imports, on the one hand, and rising prices for these resources. The basic foundation of the formation energy system of Ukraine is to build forecasting scenarios for different types of energy and different criteria for effective use of energy resources. Solving this problem is not only with ensuring energy security, but also with the level of development of regions of Ukraine and ensuring quality of life.

Prediction of gas consumption in Ukraine today is an extremely important issue of strategic importance since conducted through analysis and building predictive models will be possible to develop guidelines for the efficient production and consumption of gas across Ukraine as a whole.

*Key words: energy conservation, energy efficiency, energy balance, energy statistics.*

### **ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМИ**

Побудова та розроблення прогнозних моделей по споживанню газу в Україні шляхом використання методу групового урахування аргументів та завдяки використанню сучасного програмного забезпечення.

### **АНАЛІЗ ОСТАННІХ ДОСЛІДЖЕНЬ І ПУБЛІКАЦІЙ**

У праці [2] порівнюються раніше запропоновані, а також такі що розробляються, методи короткострокового прогнозування споживання газу: регресійного аналізу, нейронних мереж та нечітких нейронних мереж. Інтенсивний розвиток програмних продуктів, метою яких є прогнозування газу [3], теорії та практики моделювання, прогнозування процесів по-новому ставить питання розроблення нової прогнозної багатомірної багатофакторної моделі, яка буде враховувати більшу кількість показників та факторів, на відміну від інших прогнозних моделей.

У пропонованій статті, що розглядається здійснено прогнозування споживання газу в Україні, шляхом використання методу групового урахування аргументів.

### **МЕТА ДОСЛІДЖЕННЯ**

Метою дослідження є розробка методичних положень щодо прогнозування споживання газу в Україні завдяки використанню методу групового урахування аргументів.

### **ВИКЛАД ОСНОВНОГО МАТЕРІАЛУ ДОСЛІДЖЕНЬ**

Рівень розвитку енергетики має вирішальний вплив на розвиток економіки держави, вирішення проблем соціальної сфери та рівень життя громадян. Зміни цін на енергоносії

відразу відображаються на усіх галузях промисловості і, з рештою, на ціні кінцевого продукту. Тому, замість завдань енергозабезпечення кількісного розвитку, яким економіка України слідувала впродовж останніх десятиріч, енергетика повинна перейти на енергозабезпечення сталого розвитку економіки, на що орієнтовані сьогодні розвинуті країни світу. Зазначене спонукає науковців до дослідження збалансованості паливно-енергетичних балансів України, що і визначило актуальність цієї роботи. У традиційному розумінні паливно-енергетичний баланс виглядає як співвідношення між видобутком (виробництвом) та споживанням різних видів паливно-енергетичних ресурсів.

В основі розробки паливно-енергетичних балансів лежить комплекс стратегічних положень розвитку економіки, визначення прогнозних обсягів споживання енергоресурсів, виходячи з прийнятої політики підвищення енергетичної ефективності, питання розвитку галузей паливно-енергетичного комплексу і оцінки можливостей видобутку та виробництва палива та енергії, а також формування напрямів імпортно-експортної політики і визначення обсягів закупівлі та продажу енергоресурсів.

Одним із математичних методів прогнозування є метод групового урахування аргументів, який дозволяє побудувати адекватні прогнозні моделі споживання енергоресурсів у системі енергетичного балансу України.

За допомогою методу групового урахування аргументів та завдяки використанню сучасного програмного забезпечення були побудовані прогнозні моделі споживання енергоресурсів у системі енергетичного балансу України:

1. Прогнозна системна модель, 2 лаги:

$$Y(1) = 0,3197 * Y1(-1) + 0,7452 * Y1(-2) + 0,0036 * Y3(-2)$$

$$Y(2) = 45,4376 + 0,3214 * Y3(-1) + 0,1638 * Y3(-2)$$

$$Y(3) = 95,9092 - 2,2548 * Y1(-2)$$

Таблиця 1 – Вихідні дані по видобутку газу

Рік	Видобуток газу, усього, млрд. м <sup>3</sup>	Споживання газу, усього, млрд. м <sup>3</sup>	Імпорт газу, усього, млрд. м <sup>3</sup>
	Y1	Y2	Y3
2006	21,5	75,1	54,1
2007	22,4	73,6	52,8
2008	23,8	71,3	47,5
2009	24,2	69,5	45,4
2010	25,5	67,6	42,1
2011	26,3	66,2	40,3
2012	27,9	65,5	39,6
2013	28,1	64,9	37,2
2014	29,7	63,7	33,6
2015	31,1	62,4	31,3

Результати апроксимації та прогноз на 5 років

Перший показник Y1 – Видобуток газу, усього, млрд. м<sup>3</sup> наведено в табл. 2

Таблиця 2 – Видобуток газу, усього, млрд. м<sup>3</sup>

Рік	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Таблиця										31,10					
	21,5	22,4	23,80	24,20	25,50	26,30	27,90	28,10	29,70						
Модель										31,02	32,20	10,30	27,39	16,78	25,86
			23,38	24,36	25,38	26,44	27,53	28,65	29,81						

Другий показник Y2 – Споживання газу, усього, млрд. м<sup>3</sup> наведено в табл. 3

Таблиця 3 – Споживання газу, усього, млрд. м<sup>3</sup>

Рік	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
Таблиця	75,1	73,6	71,30	69,50	67,60	66,20	65,50	64,90	63,70
Модель			71,27	69,33	67,80	66,76	65,68	64,58	63,44
Рік	2015	2016	2017	2018	2019	2020			
Таблиця	62,40								
Модель	62,26	61,00	54,74	81,01	68,64	72,62			

Третій показник Y3 – Імпорт газу, усього, млрд. м<sup>3</sup> наведено в табл. 4

Таблиця 4 – Імпорт газу, усього, млрд. м<sup>3</sup>

Рік	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
Табл.	54,1	52,8	47,5	45,4	42,1	40,3	39,6	37,3	33,6
Модель			48,49	45,56	42,61	40,02	37,64	35,47	33,48
Рік	2015	2016	2017	2018	2019	2020			
Табл.	31,3								
Модель	31,66	29,79	19,39	21,27	19,49	18,89			

Взаємозв'язок імпорту нафти і газу

$$Y1 = 0.9017 * Y1(-1) + 0.0775 * Y2(-2);$$

$$Y2 = 0.0369 * Y1(-1) + 0.6177 * Y2(-1) + 0.2820 * Y2(-2);$$

Четвертий показник Y4 – Імпорт нафти, усього, млн. тонн наведено в табл. 5

Таблиця 5 – Імпорт нафти, усього, млн. тонн

Рік	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
Таблиця	15,5	16,8	18,30	21,90	23,30	24,60	25,10	25,70	26,30
Модель			19,34	21,53	23,17	24,42	25,32	25,93	26,29
Рік	2015	2016	2017	2018	2019	2020			
Таблиця	26,70								
Модель	26,68	26,68	24,05	24,0	23,14	22,51			

Прогнозні моделі споживання газу та таких важливих показників, як видобуток газу, усього, млрд. м<sup>3</sup>, споживання газу, усього, млрд. м<sup>3</sup>, імпорт газу, усього, млрд. м<sup>3</sup>, імпорт нафти, усього, млн. тонн. Авторами були побудовані прогнозні моделі та розроблені методичні рекомендації та зроблені висновки щодо можливих сценаріїв розвитку сфери газу в системі енергетичного балансу України. Використання методу групового урахування аргументів для побудови прогнозних сценаріїв споживання газу дало можливість побачити перспективні сценарії можливого розвитку енергетичного сектора України на 5 років, і дало змогу наочно побачити, за яким сценарієм може розвиватися газова галузь України, і були спрогнозовані значення ключових енергетичних показників.

## ВИСНОВКИ

Завдяки аналізу динаміки споживання газу в Україні та аналізу таких важливих показників, як видобуток газу, усього, млрд. м<sup>3</sup>, споживання газу, усього, млрд. м<sup>3</sup>, імпорт газу, усього, млрд. м<sup>3</sup>, імпорт нафти, усього, млн. тонн – були побудовані прогностичні моделі у сфері газу шляхом використання методу групового урахування аргументів по вищевказаним показникам та зроблені наступні результати:

- прогнозується зростання видобутку газу з 21,5 млрд. м<sup>3</sup> у 2006 році до 25,86 млрд. м<sup>3</sup> у 2020 році.
- прогнозується зменшення споживання газу з 75,1 млрд. м<sup>3</sup> у 2006 році до 72,62 млрд. м<sup>3</sup> у 2020 році.
- прогнозується зниження імпорту газу з 54,1 млрд. м<sup>3</sup> у 2006 році до 18,89 млрд. м<sup>3</sup> у 2020 році.
- прогнозується зростання імпорту нафти з 15,5 млн. т. у 2006 році до 28,23 млн. т. у 2020 році.

## ЛІТЕРАТУРА

1. Автономов А.Б. Мировая энергетика: состояние, масштабы, перспективы, устойчивое развитие, проблемы экологии, ценовая динамика топливно-энергетических ресурсов // Электрические станции. — 2013. — №5. — 55—64 с.
2. Ивахненко А.Г. Принятие решений на основе самоорганизации / А.Г. Ивахненко, Ю.П. Зайченко, В.Д. Димитров. — М. : Сов. радио, 1976. — 280 с.
3. Волков А.М. Энергосбережения, эффективность ПЕК і економіки України в цілому // Энергетична політика / А.М. Волков, Б.Е. Попов, О.Д. Проценко, С.А. Потрясов. — 2013. — 31—34 с.
4. Башмаков И.А. Региональная политика повышения энергетической эффективности : от проблем к решениям. — М. : ЦЭНЭФ, 2006. — 192 с.
5. Батищев В. Е. Энергосбережение / В.Е. Батищев, Б.Г. Мартыненко, Я.М. Щелоков. — Екатеринбург, 2014. — 304 с.
6. Боксерман Ю.И. Газ в структурі світової енергетики : ресурси, виробництво, ринки ПЕК / Ю.И. Боксерман, А.А. Бесчинский, В.І. Лихачев. — М. : ИНЭИ РАН, 2008. — №3—4. — С. 42—50.
7. Гордеев О.Г. Состояние и перспективы развития нефтяной и газовой промышленности // Нефтяное хозяйство — 2003. — №1. — С. 4—7.
8. Дмитриевский А.Н. Природный газ в XXI веке // Нефтяное хозяйство. — 2002. — №12. — С. 14—17.
9. Климова Г.Н. Перспективы энергетического использования газа / Г.Н. Климова, В.В. Литвак, М.І. Яворский // Промышленная энергетика, 2012. — №8. — С. 2—4.
10. Котлер В.Р. Потребление первичной энергии и структура топливопотребления в мире // Электрические станции. — 2002. — №7. — С. 71.

## REFERENCES

1. Avtonomov, A.B. (2013) "World energy: state, scale, prospects, sustainable development, environmental problems, price dynamics of fuel and energy resources", Power plants, no. 5, pp 55-64.
2. Yvahnenko, A.G., Zaichenko, Y.P. and Dimitrov, V.D. (1976) "Adoption decisions based on self-organization", Sov. Radio, Moscow, 280 p.
3. Volkov, A.M., Popov, B.E., Protsenko, O.D., and Potryasov, S.A. (2013) "Energy conservation, efficiency and economy of fuel and energy complex of Ukraine in general", Energy policy, Moscow, pp. 31-34.
4. Bashmakov, I.A. (2006) "Regional politics of the increasing of energy efficiency: that for decision problems", TSЭНЭФ, Moscow, 192 p.
5. Batyshev, V.E., Martynenko, B.G. and Shchelokov, J.M. (2014) "Power" - Ekaterinburg, - 304 p.
6. Bokserman, Y.I., Beschynskyy, A.A. and Likhachev, V.I. (2008) "Gas in the structure of world energy, resources, production, markets FEC", Moscow, INEI RAN, no. 3-4, pp. 42-50.
7. Gordeev, O.G. (2003) "Status of and prospects of development of petroleum and gas industries", Petroleum economy, no. 1, pp. 4-7.
8. Dmytryevskyy, A.N. (2002) "Natural gas in the XXI century" Petroleum economy no. 12., pp. 14-17.
9. Klimov, G.N., Litvak V. and Yavorsky, M.I. (2012) "Perspektives of using gas power machinery" Promishlennaya energetika, no. 8, pp. 2-4.
10. Kotler, V.R. (2002) "Consumption of energy and structure of fuel consumption in the world", Electric stations no. 7, 71 p.