

НАУКОВІ ОСНОВИ ФОРМУВАННЯ ТА ОПТИМІЗАЦІЯ ПАЛИВНО-ЕНЕРГЕТИЧНИХ БАЛАНСІВ

ISSN 2522-4344 (Online), ISSN 1562-8965 (Print).
The problems of general energy. 2017, 2(49): 5-13
doi: <https://doi.org/10.15407/pge2017.02.005>

УДК 620.9.002.8

А.І. СПІТКОВСЬКИЙ, доц., канд. біол. наук,
О.Є. МАЛЯРЕНКО, канд. техн. наук, ст. наук. співр.,
Н.Ю. МАЙСТРЕНКО, канд. техн. наук, **В.В. СТАНИЦІНА**, канд. техн. наук
Інститут загальної енергетики НАН України,
вул. Антоновича, 172, м. Київ, 03150, Україна

ВИКОРИСТАННЯ ПРОГРАМИ «SPROS» ДЛЯ ПРОГНОЗУВАННЯ ПОПИТУ НА ЕНЕРГЕТИЧНІ РЕСУРСИ

Розроблено нову комп'ютерну програму «SPROS», за допомогою якої визначено прогнозні рівні попиту на окремі види палива та енергії із застосуванням методів комплексного прогнозування для основних груп споживачів на різних ієрархічних рівнях побудови економіки. Розроблена програма дозволяє виконати узгоджені прогнози споживання електричної енергії, природного газу та вугілля на основі прогнозів TOP-та DOWN-рівнів, виконаних різними методами з урахуванням потенціалів енергозбереження від структурних і технологічних зрушень в економіці, та отримати узгоджені розрахунки рівнів попиту на енергоресурси для рівня країни та інших рівнів побудови економіки з високим ступенем збігання.

Ключові слова: програма, попит, енергоресурси, вугілля, природний газ, електрична енергія, прогнозування.

В Інституті загальної енергетики НАН України розроблено новий метод комплексного прогнозування попиту на енергоресурси, який включає на першому етапі прогнозування використання нормативного методу з урахуванням загального потенціалу енергозбереження (від структурних і технологічних зрушень) в секціях економіки та країні в цілому, на другому етапі застосовується метод безітераційного узгодження прогнозних рішень [1]. Однак, результати прогнозування показників за різними методами можуть давати розбіжність більше ніж 30%. Для проведення прогнозних розрахунків були розроблені

розрахункові таблиці у середовищі Microsoft Excel для обчислення прогнозних рівнів нормативним методом на двох рівнях, та програмний засіб «SPROS», що дозволяє розробити узгоджений прогноз.

Метою проведеного дослідження є створення програми для прогнозування попиту на первинні види палива та енергії із застосуванням різноманітних методів прогнозування для основних груп споживачів (види економічної діяльності) на різних ієрархічних рівнях побудови економіки та для населення.

Програма «SPROS» є розвитком підсистеми «Матриця», що входить до складу багатофункціонального програмного комплексу «Піраміда V». Програма виконує завантаження вихідних даних, представ-

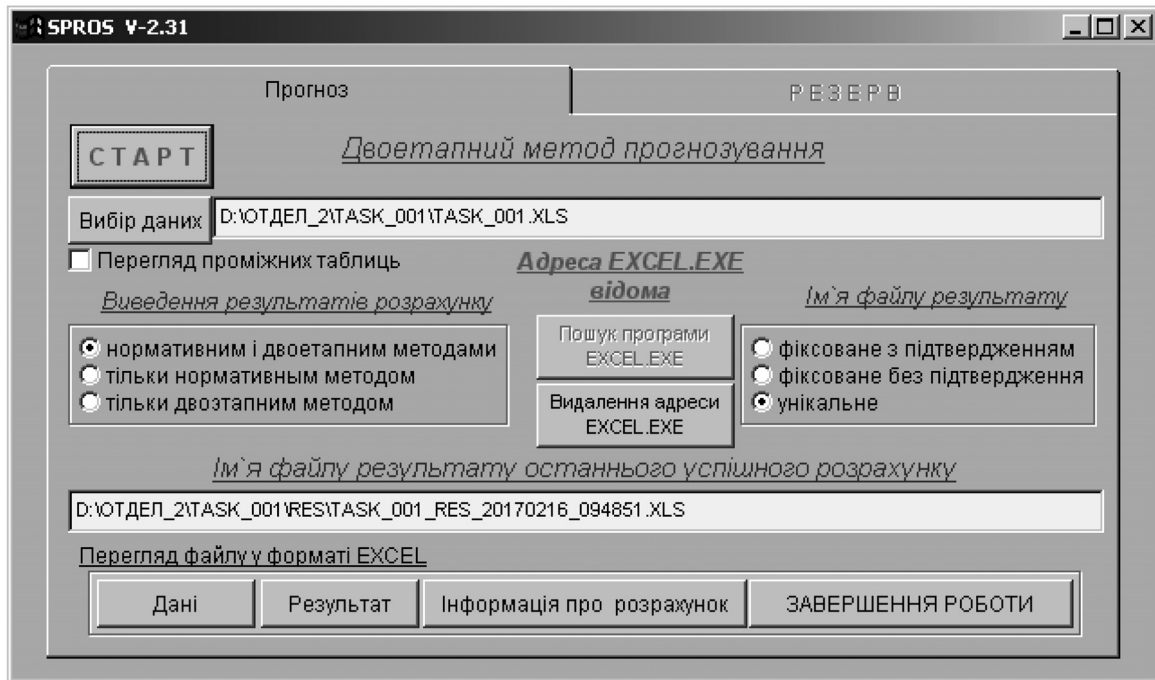


Рис. 1. Інтерфейс програми «SPROS»

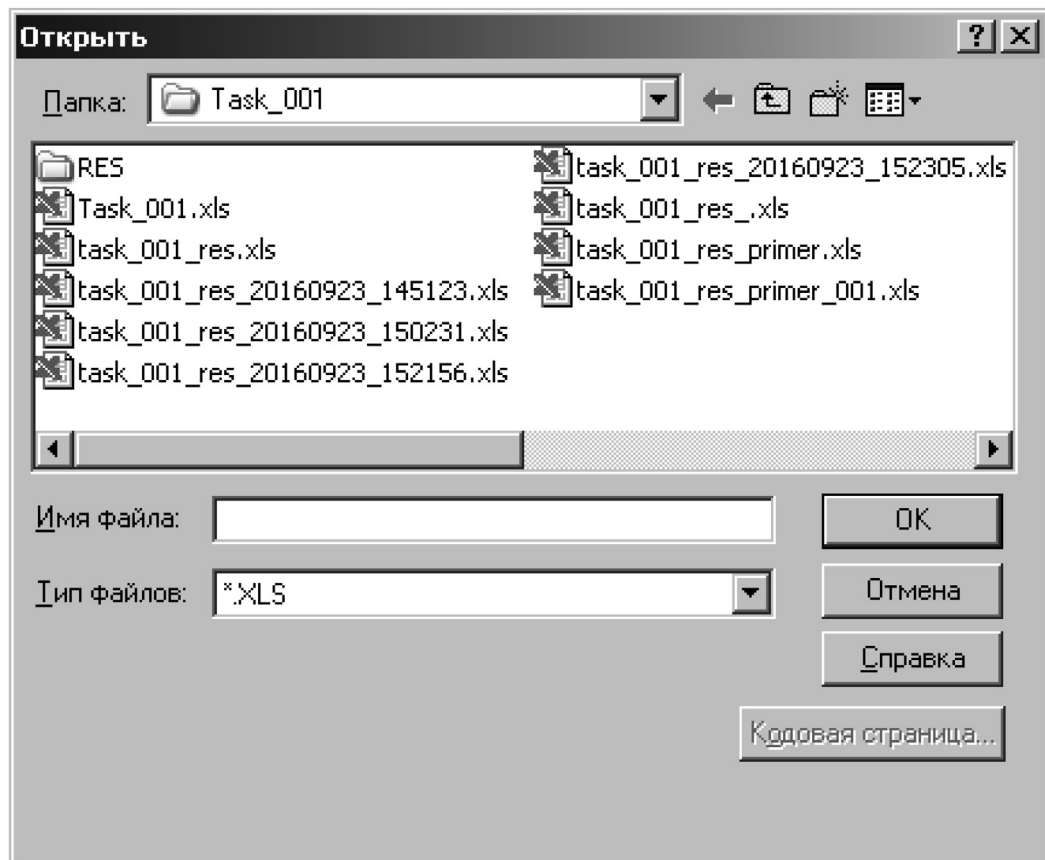


Рис. 2. Вибір файла вихідних даних

лених у форматі електронних таблиць MS Excel, контролює цілісність і правильність їхньої структури, а також виконує розрахунки попиту за нормативним та комплексним методами. Інтерфейс програми наведений на рис. 1. Елементи управління роботою програми дозволяють виконувати такі дії:

- пошук і вибір файла, що містить необхідну інформацію;
- вибір складу результатів розрахунку, які будуть сформовані нормативним і комплексним методами або одним з них;
- пошук і фіксацію адреси програми MS Excel, що виконується;
- установку формату файла результату;
- вибір принципу формування імені файла результату;

- запуск програми на виконання;
- перегляд безпосередньо з даної програми файлів вихідних даних і результату, а також повної інформації про останній успішний розрахунок.

Виконання різних режимів роботи задається натисканням відповідних кнопок на екранній формі програми. Вибір файла, що містить вихідні дані, проводиться з вікна, наведеного на рис. 2. Ім'я вибраного файла даних відображається у верхньому вікні екранної форми.

Програма дозволяє готувати вихідні дані в достатньо гнучкій формі. Кількість етапів прогнозування, секторів економіки та елементів прогнозування регламентується тільки обмеженнями стандартної програми MS Excel і можливостями

Таблиця 1 – Коефіцієнти за показниками, %

Показник	Позначення	Рік					
		2015	2020*	2025	2030	2035	2040
ВВП країни, млрд грн	KG	1979,5	16,56	21,66	21,66	19,92	13,14
Сума ВДВ за укрупненими ВЕД, млрд грн, у т.ч.	S	1681,4					
сільське господарство (секція А)	KV	236	12,42	12,62	12,72	12,82	12,80
добувна промисловість (секція В)	KV	94,8	4,00	3,60	3,40	2,70	2,60
переробна промисловість (секція С)	KV	239,1	11,20	10,00	9,10	8,80	8,80
енергетика (секції D+E)	KV	63,6	3,51	3,81	4,01	4,11	4,20
транспорт (секція Н)	KV	131,2	6,93	7,33	7,93	8,33	8,10
інші ВЕД (секції F,G,I-U)	KV	916,7	46,98	48,98	50,68	52,08	52,40
Населення, млн осіб	0,001	44,1	42,40	40,70	39,00	38,90	38,80

*За прогнозні 2020–2040 роки у графі ВВП наведено темпи росту ВВП у % за період 5 років відносно попереднього періоду. По графах за видами економічної діяльності (ВЕД) надано зміну структури ВДВ секцій за ВЕД (у % до ВВП прогнозного року).

Таблиця 2 – Прогноз ВВП та ВДВ в постійних цінах 2015 р., млрд грн

Показник	Позначення	Рік					
		2015	2020*	2025	2030	2035	2040
ВВП країни, млрд грн	KG	1979,5	2307,4	2807,2	3415,3	4095,6	4633,8
Сума ВДВ за укрупненими ВЕД, млрд грн, у т.ч.	S	1681,4	1962,3	2423,9	3000,2	3638,8	4119,4
сільське господарство (секція А)	KV	236	286,6	354,3	434,5	525,1	593,1
добувна промисловість (секція В)	KV	94,8	92,3	101,1	116,1	110,6	120,5
переробна промисловість (секція С)	KV	239,1	258,4	280,7	310,8	360,4	407,8
енергетика (секції D+E)	KV	63,6	81,2	107,2	137,2	168,4	194,6
транспорт (секція H)	KV	131,2	159,9	205,7	270,8	341,1	375,3
інші ВЕД (секції F,G,I-U)	KV	916,7	1084,7	1375,8	1731,9	2133,1	2428,1
Населення, млн осіб	0,001	44,1	42,4	40,7	39,0	38,9	38,8

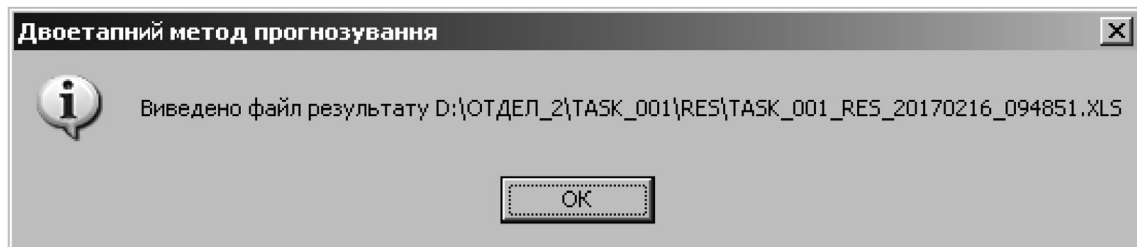


Рис. 3. Скорочене інформаційне повідомлення програми «SPROS» по завершенню розрахункового процесу

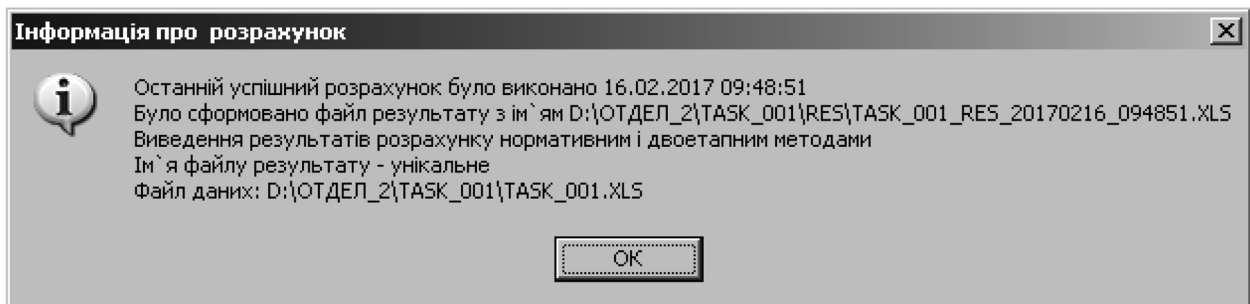


Рис. 4. Інформаційне повідомлення програми «SPROS» про останній успішний розрахунок

комп'ютера, на якому виконуються розрахунки. При цьому немає потреби в окремому описі вихідних даних – програма орієнтується на формат таблиці вихідних даних, тестовий приклад якої наведено в табл. 1. Ключові елементи, встановлені у другій колонці таблиці, регламентують дії, які потрібно виконувати з даними, і процедури обробки, які будуть використовуватись.

Безпосередня інформація по прогнозних значеннях ВВП та ВДВ наведена в табл. 2, прогноз енергоемності (на прикладі вуглеємності), представлено в табл. 3.

Кількість подібних таблиць визначається потребами в розрахунку попиту. Єдина

умова – їхній формат повинен відповідати формату таблиці коефіцієнтів по показниках. Назви секторів і ключові елементи повторю не потребують.

У процесі роботи програми перевіряється коректність вихідної інформації, виконуються обчислення абсолютних значень показників по етапах, а також прогноз попиту на задані розрахункові елементи нормативним, і, якщо це вказано в параметрах розрахунків, комплексним методами. Потім здійснюється завантаження вихідних даних і отриманого результату в файл формату MS Excel. Ім'я результуючого файлу відобра-

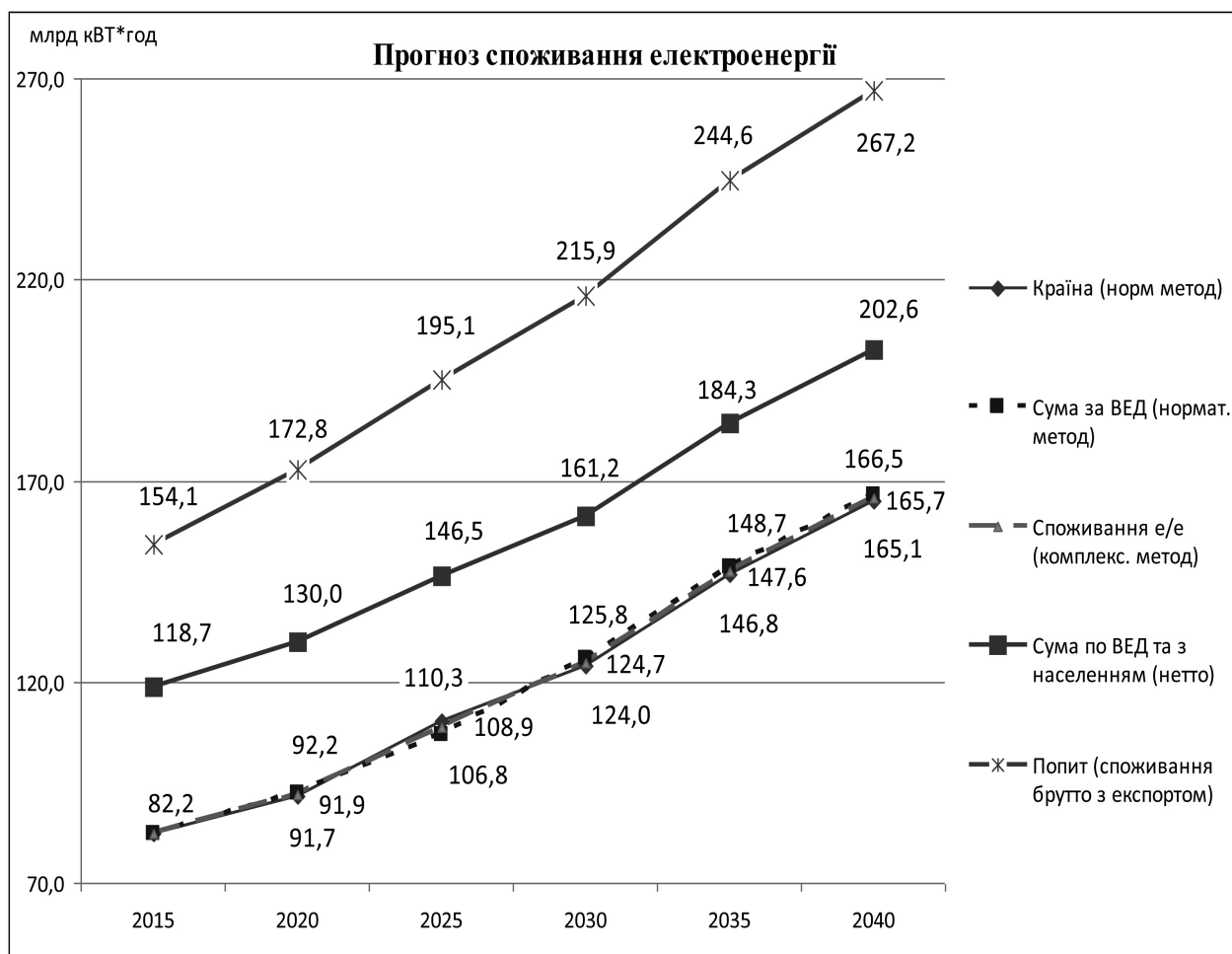


Рис. 5. Прогноз споживання електроенергії нормативним (TOP- та DOWN-рівні) і комплексним методами за ВЕД та по країні з урахуванням споживання населенням та експорту електроенергії до 2040 р.

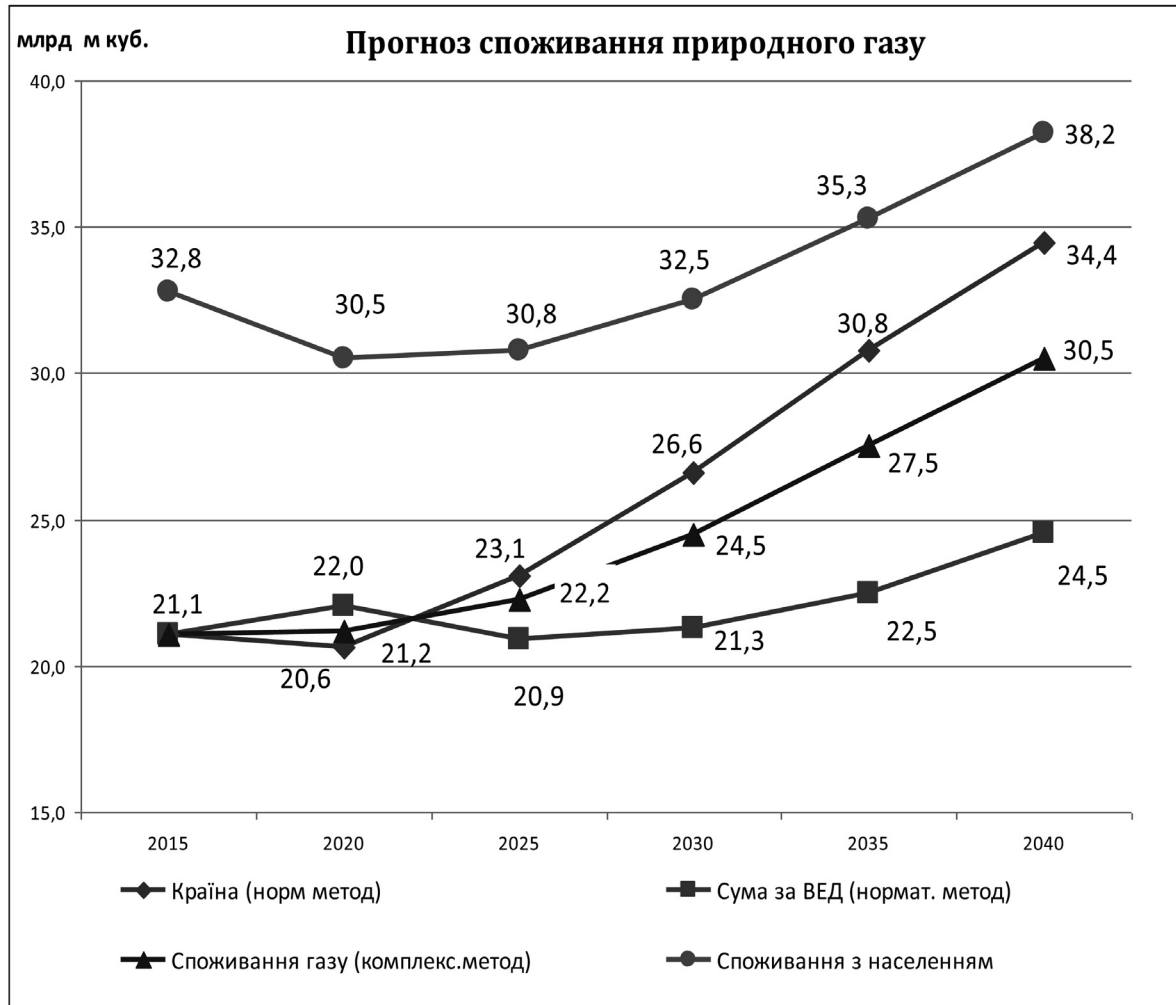


Рис. 6. Прогноз споживання природного газу нормативним (TOP- та DOWN-рівні) і комплексним методами за ВЕД та по країні з урахуванням споживання населенням до 2040 р.

жається у нижньому вікні екранної форми.

Після завершення розрахункового процесу на екран виводиться скорочене інформаційне повідомлення, наведене на рис. 3. Крім того, можна отримати повну інформацію про останній успішний розрахунок. Це повідомлення зображене на рис. 4. У ньому вказуються дата і час виконання розрахунків, імена вихідного і результуючого файлів, склад результуючої інформації і принцип формування імені файла результату.

Результати розрахунків наведеного тестового прикладу вихідних даних представлені в [1] та на рис. 5–7.

Імена та адреси файлів вихідних даних та результату, а також інформація про останній успішний розрахунок зберігаються і після завершення роботи програми. Тому при чергових сеансах роботи з програмою вказану інформацію можна передивлятися багаторазово.

Результати обчислення та їх обговорення

Розрахунки з використанням програми виконуються за методикою, описаною в [1]

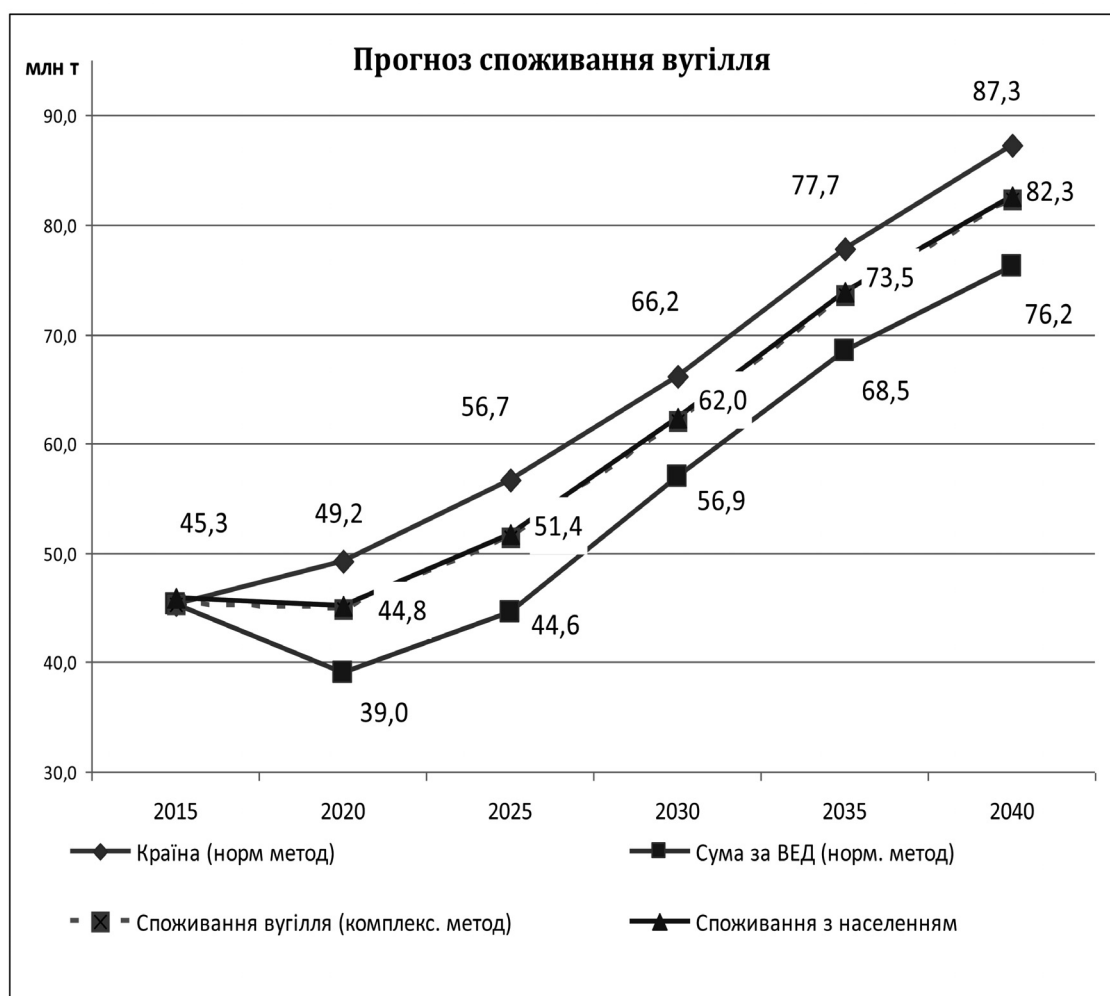


Рис. 7. Прогноз споживання вугілля нормативним (TOP- та DOWN-рівні) і комплексним методами за ВЕД та по країні з урахуванням споживання населенням до 2040 р.

для таких видів енергоресурсів: електрична та теплова енергія, паливо по видах.

Обчислення прогнозних рівнів споживання електричної енергії. На рис. 5 наведені прогнозні рівні споживання електричної енергії на період до 2040 р. з використанням комплексного методу прогнозування перспективного попиту на енергетичні ресурси, обчислені за допомогою програми «SPROS». Отримані результати свідчать про високий ступінь збігання результатів, отриманих різними методами. Далі враховуються обсяги споживання електроенергії населенням на період до

2040 р. за прогнозом чисельності населення з урахуванням зміни споживання населенням при впровадженні енергозбереження в домогосподарствах.

Результати (нетто-споживання) включають рівні споживання за ВЕД та населенням з урахуванням структурного і технологічного енергозбереження. Наступним (брутто-споживання) є врахування втрат електроенергії на її транспортування в магістральних і міждержавних мережах, в розподільчих мережах та на власні потреби, далі враховуються обсяги експорту електроенергії за межі держави і,

Таблиця 3 – Прогноз вуглеємності на різних ієрархічних рівнях економіки, кг/грн**

Показник	Позначення	Рік					
		2015	2020*	2025	2030	2035	2040
Країна	KG	0,02291	0,02132	0,02020	0,01938	0,01898	0,01885
Вуглеємність за укрупненими ВЕД, у т.ч.	S						
сільське господарство (секція А)	KV	0,00061	0,00056	0,00053	0,00050	0,00046	0,00046
добувна промисловість (секція В)	KV	0,00880	0,00741	0,00629	0,00551	0,00423	0,00355
переробна промисловість (секція С)	KV	0,06378	0,06353	0,06305	0,06307	0,06238	0,06171
енергетика (секції D+E)	KV	0,45238	0,26411	0,23935	0,26259	0,26584	0,25564
транспорт (секція H)	KV	0,00021	0,00021	0,00020	0,00020	0,00020	0,00020
інші ВЕД (секції F,G,I-U)	KV	0,00035	0,00030	0,00027	0,00025	0,00023	0,00021
Населення, кг/ особу	0,001	10,98	9,49	8,94	8,31	7,87	7,37

**Показники вуглеємності ВДВ за секціями за 2015 р. розраховано авторами за показниками споживання вугілля згідно з формою статзвітності 4-МТП за 2015 р.

таким чином, визначається загальний попит на електричну енергію по кожному прогнозованому року.

Обчислення прогнозних рівнів споживання природного газу. Аналогічно обчисленню попиту на електроенергію програма «SPROS» обчислює прогнозні рівні споживання природного газу в економіці та домогосподарствах. Визначено обсяги технологічного потенціалу збереження природного газу в країні як суми технологічного енергозбереження в окремих видах економічної діяльності. Після 2025 р. прогнозується зростання обсягів споживання газу за рахунок збільшення обсягів промислового виробництва при зростанні обсягів його видобування. Зміна структури генеруючих потужностей і розширення використання альтернативних видів палива знизить споживання газу на

потреби теплопостачання, а у транспорті – внаслідок зменшення обсягів транспортування газу та проведенням модернізації ГТС. Зменшення споживання газу в промисловості прогнозується за рахунок впровадження енергозберігаючих заходів: вдування пилувугільного палива у виробництві чавуну, впровадження сухого гасіння коксу, економії у виробництві продукції машинобудування, в хімічній промисловості. Окрім того, прогнозується зменшення споживання природного газу населенням до 2025 р., в подальшому зростання споживання природного газу населенням до 2040 р. не очікується (рис. 6).

Обчислення прогнозних рівнів споживання вугільної продукції. Найбільшим споживачем вугілля є вид економічної діяльності «Переробна промисловість», в якому най-

більш енергоємними видами є виробництво чавуну та виробництво прокату. Основними енергозберігаючими заходами у виробництві чавуну є такі: додавання пилувугільного палива на заміщення природного газу та частки коксу, підвищення вмісту заліза в шихті, підвищення нагріву дуття, підвищення тиску газу на колошнику печі. У виробництві прокату основними енергозберігаючими заходами є впровадження технології контрольованої прокатки, організація прямої прокатки безперервно литих слябів. Також енергоємними видами виробництва є виробництво цементу, в якому основним енергозберігаючим заходом є переведення печей з мокрого на сухий спосіб виробництва, і виробництво коксу, де енергозберігаючими заходами є: впровадження установки сухого гасіння коксу, реконструкція коксових батарей, термічна підготовка шихти, забезпечення оптимального співвідношення «газ-повітря» в опалювальній системі коксових печей. За видом економічної діяльності «Постачання електричної енергії, газу, пари та кондиційованого повітря» ефективними заходами з енергозбереження будуть такі: модернізація існуючих паротурбінних установок з підвищенням ефективності використання палива, переведення паротурбінних технологій у парогазові, модернізація котельних [2]. З урахуванням розглянутих тенденцій, обсягів заміщення природного газу у промисловості, енергетичному секторі та комунально-побутовому споживанні, що були розроблені в ІЗЕ НАН України, розрахунків економічно доцільного потенціалу енергозбереження, й прогнозу споживання вугілля населен-

ням, наведено обчислений прогнозний попит на вугілля на рис. 7.

ВИСНОВКИ

Розроблена нова програма «SPROS» дозволяє швидко обчислити рівні споживання різних видів енергоресурсів на основі вибраних методів прогнозування рівнів споживання палива та електричної енергії на TOP- та DOWN-рівнях та комплексним методом. Отримані результати розрахунків показують високий ступінь збігання прогнозів, обчислених нормативним методом за показниками енергоефективності на різних ієрархічних рівнях, які відрізнялись між собою на 11 – 30%.

1. Кулик М.М., Маляренко О.Є., Майстренко Н.Ю., Станиціна В.В., Спітківський А.І. Застосування методу комплексного прогнозування для визначення перспективного попиту на енергетичні ресурси. *Проблеми загальної енергетики*. 2017. № 1 (48). С.5–15. <https://doi.org/10.15407/page2017.01.005>.
2. Маляренко О.Є., Майстренко Н.Ю., Станиціна В.В. Обґрунтування прогнозних обсягів потенціалу енергозбереження в укрупнених секторах економіки з урахуванням технологічних і структурних зрушень. *Проблеми загальної енергетики*. 2016. № 4 (47). С.58–67. <https://doi.org/10.15407/page2016.04.058>.

Надійшла до редколегії: 31.05.2017