

ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ВИРОБНИЦТВА ТА ВИКОРИСТАННЯ ЕНЕРГЕТИЧНИХ РЕСУРСІВ

ISSN 2522-4344 (Online), ISSN 1562-8965 (Print). The problems of general energy, 2021, 3(66): 28–35
doi: <https://doi.org/10.15407/pge2021.03.028>

УДК 620.91:504.06

О.Є. МАЛЯРЕНКО, канд. техн. наук, ст. наук. співр., ORCID: 0000-0001-5882-916X

Н.Ю. МАЙСТРЕНКО, канд. техн. наук, ORCID: 0000-0002-1757-1665

В.В. ГОРСЬКИЙ, ORCID: 0000-0001-9128-9556

Інститут загальної енергетики НАН України, вул. Антоновича, 172, м. Київ, 03150, Україна

ПРОГНОЗ СПОЖИВАННЯ ПАЛИВА ТА ВУГІЛЛЯ В УКРАЇНІ ДО 2040 РОКУ ЗА КОМПЛЕКСНИМ МЕТОДОМ ПРОГНОЗУВАННЯ ЕНЕРГОСПОЖИВАННЯ

У статті представлено новий прогноз економічного розвитку України на період до 2040 р. за базовим сценарієм, з урахуванням змін, що відбулись за останні 2017–2020 роки. З використанням цього прогнозу виконано попередню оцінку прогнозного попиту на електроенергію на рівні країни (методом TOP-DOWN) до 2040 р., враховано нову структуру виробництва електроенергії від теплових електростанцій в цілому та вугільних зокрема, яка представлена в матеріалах звіту Укренерго з оцінки відповідності генеруючих потужностей за 2020 р. На основі цих матеріалів виконано прогнози попиту на паливо в цілому та вугілля (базовий сценарій) до 2040 р. у країні, укрупнених видах економічної діяльності та для населення з урахуванням оновлених потенціалів енергозбереження від структурних зрушень (новий варіант) та технологічних змін (уточнений). Визначено прогнозні обсяги споживання палива та вугілля в секціях економіки за КВЕД та обсяги використання палива і вугілля на перетворення в промислових технологічних процесах та в енергетичних установках.

К л ю ч о в і с л о в а: прогноз, попит, паливо, вугілля, структура економіки, технологічний потенціал енергозбереження, метод.

Останні два роки були складними для економік усього світу в зв'язку із пандемією коронавірусу, яка спричинила падіння темпів економічного розвитку, перенаправлення інвестицій у медичну та соціальну сфери. Протягом останнього часу в Україні спостерігався швидкий розвиток відновлюваної енергетики, зокрема сонячної, вітрової та біопаливної (зростання енергоспоживання на основі відновлюваних джерел за 2007–2019 роки відбулось по енергії біопалива та відходів з 1508 до 3362 тис. т н.е., по вітровій та сонячній енергії з 4 до 426 тис. т н.е. [1]), подальше здорожчання природного газу, нафти та вугілля обумовили перегляд прогнозу структури виробництва електроенергії в Україні [2] порівняно зі структурою, що була розроблена в НАН України у 2016 р. як варіант проекту Енергетичної стратегії України до 2035 р. [3]. Ці фактори визначили необхідність уточнення прогнозу ВВП країни до 2040 р. та оновлення прогнозу оцінки споживання електроенергії до 2040 р. Оскільки Укренерго розробило

прогноз споживання електроенергії до 2031 р., то в Інституті загальної енергетики НАН України було уточнено показники середньострокового періоду прогнозування електроенергії та надано новий варіант прогнозу оцінки на рівні країни, виконаної методом TOP-DOWN.

Науковою новизною статті є уточнення методичного підходу до прогнозування обсягів палива та його видів з виділенням у кожній секції за КВЕД обсягів палива на перетворення в інші види палива та енергії й споживання, що дозволило досягти меншої різниці у прогнозах верхнього і нижнього рівнів, уточнити показники паливості ВВП та ВДВ секцій за КВЕД, а також уточнити оцінку технологічного потенціалу енергозбереження в секціях економіки, оскільки більш точно оцінюються прогнозні питомі витрати палива на процеси його перетворення. Також було розроблено базовий сценарій прогнозу попиту на паливо в цілому та вугілля з урахуванням нових уточнених прогнозів економічного розвитку та попиту на електроенергію до 2040 р. з використанням підходів TOP-DOWN (прогноз електро-

© О.Є. МАЛЯРЕНКО, Н.Ю. МАЙСТРЕНКО, В.В. ГОРСЬКИЙ, 2021

енергії, палива, вугілля), ВОТТОМ-UP (прогноз палива та вугілля) та комплексного методу (узгодження прогнозів палива).

Аналіз зміни структури економіки протягом 2017–2020 рр. обумовив уточнення прогнозних обсягів ВВП та ВДВ до 2040 р. (табл. 1).

Як відмічено у публікації [3], за прогнозом, що був розроблений у 2016 р. в Інституті загальної енергетики НАН України, передбачалось у 2040 р. досягти обсягів видобутку енергетичного вугілля 43,2 млн т, коксівного – 8,5 млн т, разом – 51,7 млн т.

Прогноз попиту на вугілля за консервативним сценарієм, що наведено у публікації [3], ґрунтувався на потребі теплової електроенергетики, яка приведена у [4]. Оскільки Постановою НКРЕКП від 16.06.2021 № 975 було затверджено «Звіт з оцінки відповідності (достатності) генеруючих потужностей для покриття прогнозного попиту на електричну енергію та забезпечення необхідного резерву у 2020 році» [2], в якому надано прогнозну структуру виробництва електроенергії до 2030 р., було виконано нові прогнози попиту на вугілля та палива-всього за базовим сценарієм. За даними, наведеним у [2] до 2030 р., скориговано та обчислено прогнозну потребу у вугіллі на перетворення в електричну енергію на ТЕС і ТЕЦ. Це коригування врахувало дані з табл. 4.2 «Обме-

ження на можливість використання потужностей вугільних ТЕС за сценаріями» [2, С. 53] за оптимістичним сценарієм, що передбачає розвиток вугільної генерації на економічно доцільному рівні та дані з табл. 6.5 «Прогнозний баланс електричної енергії ОЕС України на період до 2031 р. за цільовим сценарієм» [2, С. 97]. Прогнозні питомі витрати палива на відпуск електроенергії з вугільних ТЕС і ТЕЦ взято за [4]. Прогнозна оцінка потреби теплової електроенергетики у вугіллі згідно структури, наведеної в [2], надана у табл. 2.

З урахуванням змін, що наведені у табл. 2, та уточненої структури економіки за табл. 1, зроблено прогноз попиту на вугілля за базовим сценарієм (табл. 3). На кожному рівні дослідження враховано структурний та технологічний потенціали енергозбереження (ПЕЗ) з витратами на перетворення на кожному рівні структурування економіки, окремо проведені розрахунки для секції D. Вони поділяються на:

– попит на перетворення в електричну і теплову енергію: (включає попит на електрогенерацію без технологічних змін та попит на теплогенерацію без технологічних змін) з обчисленням попиту на вугілля для виробництва електроенергії на ТЕС і ТЕЦ та попиту на вугілля на централізоване теплопостачання з урахуванням підвищення енергоефективності. У результаті – отримано Разом на

Таблиця 1. Уточнений прогноз ВВП та ВДВ до 2040 р. у цінах 2016 р., млрд грн

Показники	2017-факт	2021-оч.	2025	2030	2035	2040
Прогноз ВВП у цінах 2015 р. [3]	2086,9	–	2778,5	3380,3	4095,6	4633,8
Прогноз ВВП у цінах 2016 р.	2444,2	2598,2	3077,6	3894,1	4669,8	5283,5
Валова додана вартість за укрупненими секціями економіки (КВЕД-2010) у цінах 2016 р.						
Сільське господарство, мисливство, лісництво, рибництво	273,1	246,8	317,0	451,7	597,7	681,6
Добувна промисловість і розроблення кар'єрів	123,7	145,5	153,9	163,6	172,8	158,5
Переробна промисловість	305,7	275,4	289,3	331,0	364,2	401,5
Постачання електроенергії, газу, пари та кондиційованого повітря. Водопостачання; каналізація, поводження з відходами	76,6	90,9	110,8	148,0	182,1	211,3
Транспорт, складське господарство, поштова та кур'єрська діяльність	163,4	179,3	215,4	307,6	387,6	428,0
Інші види економічної діяльності (ВЕД)	1124,2	1296,5	1569,6	2021,0	2442,3	2816,1
Разом за ВЕД	2066,7	2234,4	2656	3422,9	4146,7	4697

Таблиця 2. Прогнозна оцінка потреби у вугіллі на виробництво електроенергії в Україні до 2040 р. (базовий сценарій) за даними [2]

Показники	2021-оч.	2025	2030	2035	2040
Виробництво електричної енергії на ТЕС енергогенеруючих компаній, млрд кВт·год [2]	39,9	35,5	35,0	35,0*	35,0*
Виробництво електричної енергії на вугільних ТЕС енергогенеруючих компаній, млрд кВт·год ¹⁾	38,4	34,15	33,67	33,67	29,5
Виробництво електричної енергії на ТЕЦ, млрд кВт·год [2]	14,2	14,1	14,1	14,1	12,1
Виробництво електричної енергії на вугільних ТЕЦ, млрд кВт·год ²⁾	5,24	5,2	5,2	5,2	4,46
Питомі витрати палива на відпуск електроенергії з ТЕС і ТЕЦ, кг у.п./кВт·год [4]	0,4	0,374	0,358	0,353	0,350
Вугілля на електрогенерацію (ТЕС і ТЕЦ), тис. т у.п.**	17449,4	15396,3	14893,4	13930,2	11887,7
Вугілля на електрогенерацію, тис. т	21708,6	18911,3	18064,4	16687,1	14066,4

* Оцінка авторів щодо обсягів виробництва на підставі аналізу табл. 4.2 [2, С. 53] за оптимістичним сценарієм.

** Пораховано за даними табл. 4.2 [2, С. 53].

¹⁾ За даними Енергетичного балансу України за 2019 р. із використаного на ТЕС органічного палива 96,2% – вугілля; цей відсоток прийнятий на подальшу перспективу; <http://www.ukrstat.gov.ua/>.

²⁾ За даними Енергетичного балансу України за 2019 р. із використаного на ТЕЦ органічного палива 36,9% – вугілля; цей відсоток прийнятий на подальшу перспективу.

виробництво електричної і теплової енергії з урахуванням технологічного переозброєння з технологічним потенціалом енергозбереження при виробництві електроенергії та теплової енергії;

– попит на власне споживання енергетичним сектором та кінцеве споживання (включає споживання за секцією (з власним споживанням енергетичного сектору) за енергоємністю і структурою ВДВ 2017 р. і споживання за секцією (з власним споживанням енергетичного сектору) за енергоємністю ВДВ 2017 р. і структурних змінах з первитратами при структурних змінах. Після цих розрахунків отримано: Валове споживання секцією, що складається з Разом споживання секцією за структурою і енергоємністю 2017 р. та на перетворення, Разом споживання секцією при структурних змінах та на перетворення і Разом споживання секцією при структурних і технологічних змінах та на перетворення. Саме цей результат наведений в табл. 3.

Як видно з табл. 3, розходження між прогнозами вугілля, обчисленими на TOP (країна) та DOWN (види економічної діяльності) рівнях є незначними (на рівні – 0,23%). Можна узгодити ці прогнози, а можна обрати один з них (TOP чи DOWN рівень). Отже, приведений в табл. 3 прогноз попиту на вугілля значно відрізняється від попереднього прогнозу за консервативним сценарієм, що наведено у [3].

Також був виконаний прогноз попиту на паливо–разом до 2040 р. з урахуванням Звіту [2] для

уточнення показників паливоємності ВВП та ВДВ секцій за КВЕД, уточненої оцінки технологічного потенціалу енергозбереження в секціях економіки, оскільки в енергоємних видах промислового виробництва види палива можуть бути заміщені (природний газ вугіллям, наприклад в металургії, цементній промисловості, харчовій, ін.) при збереженні загальної кількості умовного палива.

Прогнозний попит на паливо визначався за методикою [5] та уточненим прогнозом споживання електроенергії, обчисленим на TOP-рівні, представлений в табл. 3.

У табл. 4 представлений більш детальний розрахунок прогнозного палива в Україні, видах економічної діяльності (ВЕД) та для споживання населення. Деталізація полягає в наданні більшої кількості розрахункових показників на TOP-рівні та DOWN-рівні. На DOWN-рівні показники розраховані для всіх ВЕД, але приведені в табл. 4 лише для Разом за ВЕД (без населення) та Разом за ВЕД та населенням.

Узгоджений сценарій прогнозу палива надано у табл. 5. Споживання вугілля в структурі споживання палива зменшиться з 33,1 до 30,6%.

Дані табл. 5 наведені для врахування обсягів попиту на паливо – Країна в цілому та за ВЕД і населенням для подальшої розробки нової структури споживання палива за видами в Україні. Необхідність такої розробки викликана тим, що передові країни світу прагнуть поступово відмовитись від використання вугілля в енергетиці до

Таблиця 3. Прогноз попиту на вугілля в Україні, видах економічної діяльності (ВЕД) та для населення до 2040 р. (базовий сценарій), тис. т

Показники	2017	2021-оч.	2025	2030	2035	2040
Прогноз споживання електроенергії в Україні з урахуванням структурного і технологічного енергозбереження на ТОП-рівні, млрд кВт·год - нетто	124,6	128,0	142,8	175,4	205,1	225,3
ТОП-рівень: Всього – Витрати вугілля на перетворення без технологічного енергозбереження	38943,6	36173,7	34587,7	36283,6	37854,4	36713,5
Технологічний потенціал енергозбереження при перетворенні	0	805,7	2053,8	3355,3	5502,0	6428,4
ТОП-рівень: Всього – Споживання вугілля по країні при структурних і технологічних змінах, на перетворення із населенням	42664,6	38947	36583	37704,4	37741,2	36348,1
Прогноз валового споживання вугілля за ВЕД						
<i>Сільське господарство, мисливство, лісництво; рибництво</i>						
Споживання вугілля при структурних і технологічних змінах та на перетворення, в т. ч.:	115,3	92,8	85,5	81,0	77,5	70,9
на перетворення в котельних та ін. енергетичних установках з урахуванням технологічного ПЕЗ	102,36	81,1	70,4	59,6	49,1	38,5
<i>Добувна промисловість</i>						
Разом споживання при структурних і технологічних змінах та на перетворення, в т.ч.:	210,3	243,9	252,3	254,4	254,7	220,8
по треба на перетворення при виробництві теплової енергії в котельних та електроенергії в енергетичних установках з урахуванням технологічного ПЕЗ	188,6	218,3	225,2	225,7	224,3	192,9
<i>Переробна промисловість</i>						
Разом споживання при структурних і технологічних змінах та на перетворення, в т.ч.:	16964,9	14972,7	15467,3	17345,7	18700,6	20230,2
потреба на перетворення з урахуванням технологічного ПЕЗ, зокрема:	13892,5	12204,9	12559,8	14019,1	15040,3	16195,0
- на виробництво електроенергії на промислових енергетичних установках з урахуванням технологічного ПЕЗ	103,8	91,2	94,9	106,4	116,4	127,9
- на виробництво теплової енергії в промислових котельних	70,8	63,6	66,5	75,7	83,0	91,2
- на доменне виробництво з урахуванням технологічного ПЕЗ	168,8	147,5	149,6	166	177,2	189,1
- на виробництво коксу	13549,1	11902,6	12248,8	13671	14663,7	15786,8
<i>Постачання електроенергії, газу, пари та кондиційованого повітря; Водопостачання; каналізація, поводження з відходами</i>						
Разом споживання секцією при структурних і технологічних змінах та на перетворення, в т.ч.:	24654,9	22506,1	19660,2	18852,1	17492,4	14844,3
на електро- і теплогенерацію з урахуванням технологічного ПЕЗ	24523,6	22350,3	19470,3	18598,3	17180,3	14482,1
<i>Транспорт, складське господарство, поштова та кур'єрська діяльність</i>						
Разом споживання секцією при структурних і технологічних змінах та на перетворення, в т.ч.:	31,15	31,64	34,72	44,58	52,30	52,26
на перетворення в котельних	9,8	9,4	9,2	8,6	8,4	6,3

Показники	2017	2021-оч.	2025	2030	2035	2040
<i>Інші ВЕД(група секцій)</i>						
Споживання при структурних і технологічних змінах та на перетворення, в т.ч.:	379,3	414,7	490,3	618,5	722,0	802,2
на перетворення в котельних	226,8	261,5	316,6	407,7	492,6	568
Разом за ВЕД						
Разом за ВЕД при структурних і технологічних змінах (з обсягами перетворення)	42355,8	38261,8	35990,3	37196,3	37299,6	36220,7
Населення						
Прогноз споживання з урахуванням технологічного потенціалу енергозбереження	308,8	243,0	213,5	180,1	162,4	142,7
Разом споживання за ВЕД та населенням						
Разом за ВЕД і населенням при зміні структури економіки і технологічних змінах	42664,6	38504,8	36203,8	37376,4	37462,0	36363,4
Разом за ВЕД (умовне паливо), тис. т у.п.	33853,2	30950,2	29474,6	30815,3	31272,8	30731,3

Таблиця 4. Прогноз попиту на паливо в Україні, видах економічної діяльності (ВЕД) та для населення до 2040 р. (базовий сценарій), тис. т у.п.

Показники	2017	2021-оч.	2025	2030	2035	2040
ТОР-рівень:						
<i>Країна в цілому, млн т у.п.</i>						
Паливоємність ВДВ країни (без населення) 2017 р., кг у.п./грн.	0,0159	0,0159	0,0159	0,0159	0,0159	0,0159
Прогноз ВДВ країни у цінах 2016 р. і за структурою 2017 р., млрд грн	2066,7	2208,1	2615,6	3309,5	3968,7	4490,2
1) Споживання палива – разом по паливоємності ВДВ 2017 р., млн т у.п.	32,9	35,1	41,6	52,6	63,1	71,4
Витрати на перетворення, млн т у.п.	51,3	45,2	44,9	49,3	51,5	52,1
I – Разом за ВЕД по структурі 2017 р. та на перетворення	84,1	80,3	86,5	101,9	114,6	123,5
Прогноз ВДВ країни у цінах 2016 р. при структурних змінах, млрд грн	2066,7	2234,4	2656,0	3422,9	4146,7	4697,0
Економія при структурних змінах в економіці, млн т у.п.	0,0	2,349	4,934	7,187	9,811	12,632
2) Споживання палива – разом по паливоємності ВВП 2017 р. з урахуванням структурних зрушень, млн т у.п.	32,9	32,8	36,7	45,4	53,3	58,8
II – Разом за ВЕД при структурних змінах та на перетворення, млн т у.п.	84,1	78,0	81,6	94,8	104,8	110,9
Технологічний потенціал енергозбереження в економіці (без населення), млн т у.п.	0,0	1,6	3,1	6,6	9,7	14,4
3.1) Споживання палива – разом при структурі економіки 2017 р. з технологічним ПЕЗ	32,9	33,5	38,4	46,1	53,4	57,0
III.I – Разом за ВЕД по структурі 2017 р., технологічному ПЕЗ та на перетворення	84,1	78,7	83,4	95,4	105,0	109,1
3.2) Споживання палива-разом за ВЕД з урахуванням структурного і технологічного енергозбереження, млн т у.п.	32,9	31,2	33,5	38,9	43,6	44,3

Показники	2017	2021-оч.	2025	2030	2035	2040
III.П – Разом за ВЕД при структурних і технологічних змінах та на перетворення	84,1	76,4	78,4	88,2	95,1	96,5
III.П Прогноз паливості ВДВ країни, кг у.п./грн.	0,015900	0,013958	0,012618	0,011358	0,010519	0,009439
Споживання палива населенням	17,9	17,0	16,5	15,8	15,7	15,7
Споживання палива населенням з урахуванням технологічного ПЕЗ	17,9	14,5	13,6	12,7	12,4	12,2
I – Разом по країні та з населенням при структурі 2017 р., млн т у.п.	102,0	97,3	103,0	117,7	130,4	139,2
II – Разом по країні при структурних змінах та з населенням, млн т у.п.	102,0	95,0	98,1	110,5	120,6	126,6
III.І – Разом по країні з населенням при технологічному ПЕЗ, млн т у.п.	102,0	93,2	97,0	108,0	117,4	121,3
III.П – Разом по країні при структурному і технологічному ПЕЗ з населенням	102,0	90,9	92,0	100,9	107,5	108,6
III.П Прогноз паливості ВВП, кг у.п./грн	0,04173	0,03497	0,03543	0,03277	0,03494	0,02790
DOWN-рівень:						
<i>Прогноз споживання палива (брутто) за ВЕД, тис. т у.п.</i>						
<i>Сільське господарство, лісове господарство та рибне господарство</i>						
Разом споживання секцією при структурних і технологічних змінах, тис. т у.п.	3130,0	2768,4	3446,1	4788,9	6209,8	6984,6
<i>Добувна промисловість і розроблення кар'єрів</i>						
Разом споживання секцією при структурних і технологічних змінах, тис. т у.п.	4248,7	4899,1	4814,1	5044,1	5099,5	4263,7
<i>Переробна промисловість</i>						
Разом споживання секцією при структурних і технологічних змінах, тис. т у.п.	38955,9	33968,5	34532,9	37069,5	39073,0	41037,3
<i>Постачання електроенергії, газу, пари та кондиційованого повітря; Водопостачання; каналізація, поводження з відходами</i>						
Разом споживання секцією при структурних і технологічних змінах, тис. т у.п.	29677,7	25491,4	24359,3	26088,7	26224,5	23929,0
<i>Транспорт, складське господарство, поштова та кур'єрська діяльність</i>						
Разом споживання при структурних і технологічних змінах, тис. т у.п.	5106,5	5579,2	6683,0	9539,9	11984,2	13196,0
<i>Інші ВЕД</i>						
Разом споживання при структурних і технологічних змінах і на перетворення	3024,2	3390,4	4248,2	5206,4	5997,1	6422,3
Разом за ВЕД (без населення), тис. т у.п.						
I – Всього споживання палива за ВЕД при структурі 2017 р., тис. т у.п.	84143,1	80019,1	86158,2	101482,3	114071,4	122894,6
II – Всього споживання палива за ВЕД при зміні структури економіки, тис. т у.п.	84143,1	77670,2	81224,5	94295,7	104260,2	110262,4
Економія при структурних змінах	0,0	2349,0	4933,7	7186,6	9811,2	12632,3
Технологічний потенціал енергозбереження, тис. т у.п.	0	1573,1	3140,9	6558,3	9672,1	14429,4
III.І – Всього споживання палива за ВЕД при структурі 2017 р. з технологічним ПЕЗ	84143,1	78446,1	83017,3	94924,0	104399,3	108465,2

Показники	2017	2021-оч.	2025	2030	2035	2040
III.П – Всього споживання палива за ВЕД з урахуванням структурного і технологічного енергозбереження, тис. т у.п.	84143,1	76097,1	78083,6	87737,4	94588,1	95833,0
Прогноз паливоємності за ВЕД, к у.п./грн.	0,0231514	0,01709028	0,016001	0,0167658	0,01680856	0,0165072
Разом за ВЕД та населенням, млн т у.п.						
I – Разом споживання палива за ВЕД при структурі економіки 2017 р. та населенням	102,0	97,0	102,6	117,3	129,8	138,6
II – Разом споживання палива при структурних змінах в економіці та населенням	102,0	94,7	97,7	110,1	120,0	126,0
III.І – Разом споживання палива при структурі економіки 2017 р. з технологічним ПЕЗ та населенням	102,0	92,9	96,6	107,6	116,8	120,6
III.П – Разом споживання палива при структурних і технологічних змінах і населенням	102,0	90,6	91,7	100,4	107,0	108,0

Таблиця 5. Узгодження прогнозних рівнів споживання палива в Україні до 2040 р. (TOP-DOWN), млн т у.п

Показники	2020	2025	2030	2035	2040
Прогноз по теплоенергоємності ВДВ регіону (країни) – $F_T(t)$	90,8719	92,0481	100,8621	107,5432	108,6368
Споживання за ВЕД – $F_d(t)$	90,5726	91,6902	100,4059	106,9909	108,0131
$R(t)=F_T(t)-F_d(t)$	0,2993	0,3579	0,4562	0,5523	0,6237
$F_{di}(t)_{max}$ – Переробна промисловість	33,9685	34,5329	37,0695	39,0730	41,0373
$k(t)=F_d(t)/F_{di}(t)_{max}$	2,6664	2,6552	2,7086	2,7382	2,6321
$[k(t)]$	2,0000	2,0000	2,0000	2,0000	2,0000
$\Delta n(t)=k(t)-[k(t)]$	0,6664	0,6552	0,7086	0,7382	0,6321
$n_{min}(t)=[k(t)]+1$	3,0000	3,0000	3,0000	3,0000	3,0000
$n_{max}(t)=n_{min}(t)+1$	4,0000	4,0000	4,0000	4,0000	4,0000
$S(n_{min}(t))$	0,4167	0,4167	0,4167	0,4167	0,4167
$S(n_{max}(t))$	0,3611	0,3611	0,3611	0,3611	0,3611
$Y_T(n_{min})=F_T(t)-S(n_{min}(t))R(t)$	90,7472	91,8989	100,6720	107,3131	108,3769
$Y_T(n_{max})=F_T(t)-S(n_{max}(t))R(t)$	90,7638	91,9188	100,6973	107,3438	108,4116
$Y_T(t)=Y_T(n_{min})(1-\Delta n(t))+Y_T(n_{max})\Delta n(t)$	90,7583	91,9120	100,6900	107,3357	108,3988
$q(t)=Y_T(t)/F_d(t)$	1,0021	1,0024	1,0028	1,0032	1,0036
Узгоджений рівень – країна в цілому, млн т у.п.	90,7583	91,9120	100,6900	107,3357	108,3988
Сільське господарство, лісове господарство та рибне господарство	2,7741	3,4544	4,8025	6,2299	7,0096
Добувна промисловість і розроблення кар'єрів	4,9092	4,8258	5,0583	5,1160	4,2789
Переробна промисловість	34,0382	34,6164	37,1744	39,1990	41,1838
Постачання електроенергії, газу, пари та кондиційованого повітря; Водопостачання; каналізація, поводження з відходами	25,5437	24,4183	26,1625	26,3090	24,0144
Транспорт, складське господарство, поштова та кур'єрська діяльність	5,5907	6,6991	9,5669	12,0228	13,2432
Інші ВЕД	3,3973	4,2584	5,2211	6,0164	6,4453
Населення	14,5051	13,6395	12,7043	12,4427	12,2236

2040 р. [6]. На нього припадає близько 40% світового обсягу викидів вуглекислого газу. Частка вугільної генерації у 2019 році у світовому електроенергокомплексі становила 37%. Україна, де вугільна генерація займає у виробництві електроенергії біля третини від загальних обсягів, має час також придатись до ініціативи та зменшити викиди вуглецю.

Нині невідомо, за рахунок яких джерел можливо замінити вугілля в енергетичному балансі України для підтримки функціонування її економіки та життєдіяльності населення, незважаючи на невисокі темпи її відновлення та суттєві структурні зрушення, враховуючи те, що природний газ різко зріс у ціні. Це зупинить частину підприємств не тільки в Україні, а зупиняє їх вже зараз у Європі. Потужностей відновлювальної енергетики разом з акумуляторними джерелами недостатньо для покриття наявного попиту та вони не є стабільним джерелом енергії. Тому, ініціатива відмови від вугілля можливо є передчасною. Ця проблема вимагає виважених підходів та рішень.

ВИСНОВКИ

Уточнено методичний підхід до прогнозування палива на довгострокову перспективу шляхом виділення обсягів палива на перетворення і споживання в кожній секції економіки за КВЕД. Це дозволило отримати дуже близькі значення прогнозів на верхньому та нижньому рівнях. Комплексний метод дозволяє отримати нові узгоджені прогнози споживання палива, використовуючи методи TOP-DOWN для розробки прогнозів електроенергії, палива та вугілля, та BOTTOM-UP для прогнозів палива та вугілля на різних рівнях побудови економіки.

Розроблено новий базовий сценарій прогнозного попиту на паливо в цілому та вугілля з урахуванням нових уточнених прогнозів економічного розвитку та попиту на електроенергію до 2040 р. Проведені розрахунки по-

казали, що на споживання палива по країні значно впливають два фактори: структура економіки та структура генеруючих потужностей з виробництва електроенергії та теплоенергії. Зменшення частки органічного палива у виробництві електроенергії призводить до майже сталого його споживання. Структурний потенціал енергозбереження складає майже 50% від загального (тобто 46,7%).

1. Статистична інформація / Економічна статистика / Енергетика / Енергоспоживання на основі відновлюваних джерел за 2007—2019 роки. Державна служба статистики України. URL: <http://www.ukrstat.gov.ua/> (дата звернення: 05.07.2021).

2. Звіт з оцінки відповідності (достатності) генеруючих потужностей для покриття прогнозного попиту на електричну енергію та забезпечення необхідного резерву у 2020 році. URL: <https://ua.energy/wp-content/uploads/2021/06/Zvit-z-otsinky-vidpovidnosti-dostatnosti-generuyuchykh-potuzhnostej-dlya-pokryttya-prognozovanogo-popytu-na-elektrychnu-energiyu-ta-zabezpechennya-neobhidnogo-rezervu-u-2020.pdf> (дата звернення: 07.07.2021).

3. Маляренко О.Є., Майстренко Н.Ю., Панченко Г.Г. Прогнозна оцінка скорочення викидів парникових газів від використання вугілля в економіці України. *Проблеми загальної енергетики*. 2021. Вип. 1(64). С. 60—67. <https://doi.org/10.15407/pge2021.01.060>

4. Кулик М.М., Горбулін В.П., Кириленко О.В. Концептуальні підходи до розвитку енергетики України (аналітичні матеріали). Інститут загальної енергетики НАН України. Київ, 2017. 78 с.

5. Кулик М.М., Маляренко О.Є., Майстренко Н.Ю., Станиціна В.В., Спітківський А.І. Застосування методу комплексного прогнозування для визначення перспективного попиту енергетичні ресурси. *Проблеми загальної енергетики*. 2017. Вип. 1(48). С. 5—15. <https://doi.org/10.15407/pge2017.01.005>

6. Губенко Д. Німеччина до кінця 2038 року має відмовитись від вугільної енергетики. URL: <https://p.dw.com/p/3CEUk> (дата звернення: 09.07.2021).

Надійшла до редколегії: 22.07.2021