

УДК 620.9

Олена Малярєнко, канд. техн. наук, ст. наук. співр., <https://orcid.org/0000-0001-5882-916X>
Інститут загальної енергетики НАН України, вул. Антоновича, 172, Київ, 03150, Україна
e-mail: malyarenlena@gmail.com

МЕТОДИЧНИЙ ПІДХІД ДО ПРОГНОЗУВАННЯ СПОЖИВАННЯ ПАЛИВА В КРАЇНІ ЗА УМОВИ ОБМЕЖЕНОГО ДОСТУПУ ДО СТАТИСТИЧНОЇ ІНФОРМАЦІЇ

Анотація. У статті запропоновано методичний підхід до прогнозування енергоспоживання з використанням існуючих форм статистичної звітності з енергетики, що застосовуються для формування показників енергетичної ефективності базового року, відносно якого здійснюється прогноз. Методологічні підходи до прогнозування енергоспоживання протягом тридцяти років змінювались неодноразово. Наявність форм статистичної звітності по споживанню палива та енергії за видами виробленої продукції та наданих послуг дозволяла здійснювати аналіз енергоефективності та прогнозувати енергоспоживання на рівні виробничих процесів та наданих послуг. Перехід після 2015 р. на форму статистичної звітності за класифікацією по видах економічної діяльності змусив дослідників змінити методичний підхід до формування показників енергетичної ефективності базового року та розрахункову модель: замість питомих витрат палива, електричної та теплової енергії на одиницю продукції почали використовувати показники енергоємності валової доданої вартості секцій економіки за класифікатором. Відсутність і цієї інформації з 2021 р. та формування статистичних спостережень зі споживання палива та енергії за напрямками витрат змусило ще раз переглянути методологію до обчислення прогнозних обсягів споживання енергетичних ресурсів. Метою статті є створення методичного підходу до формування розрахункової моделі прогнозування споживання палива (на прикладі прогнозу споживання вугілля), що ґрунтується на наявних формах статистичної звітності з енергетики. Надано розрахункову модель прогнозування енергоспоживання за напрямками витрат: перетворення, кінцеве споживання, власне споживання енергетичним сектором, неенергетичне споживання, втрати. Виділено особливості визначення споживання для енергетичних та виробничих секцій промислового сектору. Виконано прогноз вугілля за напрямками витрат для сценаріїв повосенного відродження України до 2030 р.

Ключові слова: прогноз, споживання, паливо, вугілля, статистичні спостереження, методичний підхід.

1. Постановка проблеми та аналіз останніх досліджень і публікацій

Визначення потреби в обсягах споживання енергоресурсів є дуже актуальною задачею, вирішення якої необхідне для виживання населення України та функціонування її економіки під час та після війни.

Для визначення прогнозної потреби зазвичай використовують математичні моделі, що імітують процес використання енергоресурсу в технологічних процесах, домогосподарствах, на рівні регіонів, видів економічної діяльності (секторів економіки), по країні в цілому. Вибір показників для такої моделі напряму залежить від статистичних даних, що є у широкому доступі на сайті Державної

© Малярєнко О., 2026



Це стаття відкритого доступу за ліцензією CC0 1.0 Universal
<https://creativecommons.org/publicdomain/zero/1.0>

статистичної служби, оскільки за ними обраховують показники енергоефективності базового року, відносно якого обчислюється прогноз. До 2015 р. існувала форма статистичної звітності по використанню палива та енергії за видами виробленої продукції та наданих послуг. Пізніше статистична звітність формувалась тільки за секціями КВЕД, його розділами, класами та групами на рівні країни та регіонів. Після 2020 р. маємо доступ лише до звітності по використанню енергоресурсів по країні та за регіонами з деталізацією за напрямками використання [1].

Зміна формування і надання статистичної інформації потребувала внесення змін до математичної моделі прогнозного попиту на енергоресурси та формування методичного підходу до залучення доступних статистичних даних у розрахункову математичну модель.

Теоретичні основи прогнозних досліджень в енергетиці базуються на методах моделювання систем енергетики з використанням імітаційних та оптимізаційних моделей для дослідження внутрішніх та зовнішніх зв'язків паливно-енергетичного комплексу на різних ієрархічних рівнях економіки. Створенням моделей енергетичних систем в Інституті загальної енергетики (ІЗЕ) НАН України займались М.М. Кулик [2], М.І. Каплін, В.М. Макаров, Т.Р. Білан [3–5], О.С. Маляренко, Н.Ю. Майстренко, В.В. Станиціна, В.В. Горський [2, 6–8]. Моделями прогнозного попиту також займались українські учені в Інституті економіки і прогнозування НАН України [9, 10] та в НТУУ «Київський політехнічний інститут ім. Ігоря Сікорського» [11]. Чимало робіт іноземних дослідників присвячені теоретичним та прикладним аспектам енергетичного моделювання. Літературний огляд цих робіт, зокрема щодо прогнозування попиту на енергоресурси з урахуванням різних факторів впливу, представлений у публікації [12].

Доцільно розглянути деякі моделі, що комплексно аналізують фактори впливу на енергоспоживання. У роботі китайського науковця [13] використано регіональну модель для системи електрозабезпечення Китаю. Математична емпірична модель індійських учених аналізує взаємозв'язок інтенсивності викидів вуглецю у прогнозованому році з енергоемністю, обсягами відновлюваних джерел енергії, використаними природними ресурсами, економічним зростанням в Індії [14]. Модель перспективного прогнозу довгострокових енергетичних систем (POLES) [15] Об'єднаного дослідницького центру в Данії використовується більше двох десятиліть як аналітичний інструмент для створення енергетичних сценаріїв, які інформують про компроміси енергетичної політики для сталого енергетичного розвитку як на світовому рівні, так і на рівні ЄС. Нещодавно випущено версію POLES-JRC — імітаційну модель, розроблену для аналізу енергетичної та кліматичної політики. POLES-JRC моделює динаміку технології та дотримується парадигми моделювання дискретного вибору в процесі прийняття рішень. Він визначає частки ринку (портфельний підхід) конкуруючих варіантів (технологій, видів палива) на основі їх відносної вартості та ефективності, враховуючи елементи, що не пов'язані з витратами, як-от переваги чи вибір політики. Дослідження німецьких вчених (К. Ріпп, Ф. Штайнке) з Дармштадтського технічного університету [16] присвячено моделюванню в часі викидів CO₂ різними технологіями виробництва енергії в мультимодальних енергетичних системах зі зберіганням енергії в накопичувачах та впливу змін в електроенергетичній системі на ці викиди. Це дослідження стає дуже актуальним для України, особливо у воєнний період, для розвитку нової системи генерації енергії.

Метою наукової статті є розвиток методів довгострокового прогнозування енергоспоживання та формування методичного підходу до прогнозування споживання палива за умов обмеженого доступу до статистичної інформації, необхідної для формування показників енергоефективності базового року.

Досягнення цієї мети потребувало оновлення існуючої математичної моделі прогнозування споживання енергоресурсів для застосування доступної статистичної інформації.

2. Методи та матеріали

Економіко-математичні моделі прогнозування споживання палива використовувались в Інституті загальної енергетики НАН України як багаторівневі математичні моделі (рівні країни, видів економічної діяльності – дворівнева; рівні країни, регіонів, видів економічної діяльності в регіонах або країни, регіонів, місцевого рівня (міст регіону) – трирівневі) [2, 6–7], в яких прогнозування споживання

енергоресурсів виконувалось нормативним методом на відповідному ієрархічному рівні за показниками енергоємності валового внутрішнього продукту – ВВП (верхній рівень), енергоємності валової доданої вартості секції за КВЕД – ВДВ або валового регіонального продукту регіону – ВРП (середній рівень), енергоємності ВДВ розділу класу у рамках секції або випуску продукції – ВП (нижній рівень) та відповідних прогнозів ВВП, ВДВ, ВРП, ВП, прогнозних оцінок щодо зміни енергоспоживання за зміни структури економіки (потенціал енергозбереження за структурних змін), щодо обсягів технологічного енергозбереження та обсягів заміщення одного виду дефіцитного чи неекологічного палива (енергоресурсу, виробленого з палива) альтернативним видом. Отримані на різних ієрархічних рівнях прогнози узгоджувались векторним методом [2]. Показники енергоємності базового року обчислювались за формами статистичної звітності 11-МТП (електроємність ВВП та ВДВ секцій економіки, теплоємність ВВП та ВДВ секцій економіки), 4-МТП (паливоємність, вуглеємність, газоємність, нафтопродуктоємність ВВП та ВДВ секцій за КВЕД), а останнім часом за Енергетичним балансом 2020 р. для рівня країни та за статистичними формами звітності за регіонами України.

Прогнозні обсяги споживання енергоресурсу для рівня країни у наукових працях ІЗЕ НАН України визначались за рівнянням [2, 6, 7]:

$$E_{tj}^{TOP} = e_{6j}^{BVP} \cdot V_{tj}^{BVP} \pm E_{tj}^{стрi} - \sum \Delta E_{tjn}^{техн} \pm \sum E_{tj-l}^{зам}, \quad (1)$$

де E_{tj}^{TOP} – прогноз споживання j -виду палива у t році на TOP-рівні (країна або регіон), тис. т у.п. (тис. т н.е.); e_{6j}^{BVP} – енергоємність ВВП j -виду палива (енергоресурсу) у базовому році 6 на TOP-рівні, кг у.п./грн (кг н.е./грн); V_{tj}^{BVP} – прогнозний обсяг ВВП країни у t році у постійних цінах (приведених до цін базового року), тис. грн; $\pm E_{tj}^{стрi}$ – структурний потенціал енергозбереження: сумарне зниження або збільшення споживання j -виду палива у t році шляхом зміни структури i -секцій економіки, тис. т у.п. (тис. т н.е.); $\sum \Delta E_{tjn}^{техн}$ – технологічний потенціал енергозбереження: зниження споживання j -виду палива у t році шляхом n технологічних змін, тис. т у.п. (тис. т н.е.); $\sum E_{tj-l}^{зам}$ – обсяги заміщення j -виду палива іншими низьковуглецевими видами l -палива або відновлюваних джерел енергії (електричної, теплової), що замінили вуглецеємне паливо у t році, тис. т у.п. (тис. т н.е.).

Для визначення обсягів прогнозного технологічного енергозбереження використовується «Удосконалена комплексна оцінка заходів з енергозбереження» [2, 17]. Структурний потенціал енергозбереження визначається за окремою методикою [2, 6]. Обидва види потенціалу енергозбереження визначаються за алгоритмом розрахунку «знизу-вгору» за найбільш енергоємними видами виробництва, що формують енергоспоживання за видом економічної діяльності згідно з КВЕД [18]. Прогнозування обсягів нижнього рівня визначалось за методикою і математичною моделлю, наведеною у працях [2, 6, 7]. Для населення – за методологією [8]. За видами економічної діяльності країни статистичні дані доступні лише до 2020 р., тобто наразі не є релевантними.

Згідно з актуальними формами статистичної звітності після 2021 р. маємо дані за напрямами витрат палива за ретроспективний період у розрізі інформації, що представлена фрагментом у табл. 1. Ці дані є обмеженими загальними обсягами використання по країні та регіонах з розбивкою за напрямами витрат.

Виходячи з наявних статистичних даних, що є у відкритому доступі, були внесені зміни у розрахункову модель прогнозного попиту на паливо на верхньому рівні (країна).

Змінений методичний підхід до прогнозування попиту на паливо для рівня країни (E_t^{TOP}) визначається за наступним алгоритмом:

$$E_t^{TOP} = E_t^{перет} + E_t^{вл ен} + E_t^{неен} + E_t^{кін сп} + E_t^{втр}, \quad (2)$$

де $E_t^{перет}$ – обсяги палива на перетворення в інші види палива (вугілля – у вугільні брикети, кокс, коксовий газ; нафта і газовий конденсат – у моторні та котельні палива, мастила, нафтохімічні

продукти; газ – у стиснений газ; торф – у торф’яні брикети; біопаливо – гранули, пелети, тріска; ін.); $E_t^{вл ен}$ – власне споживання палива енергетичним сектором (на власні потреби енергетичних підприємств); $E_t^{неен}$ – неенергетичне використання палива як сировини і матеріалів; $E_t^{кін сп}$ – кінцеве споживання палива (спалювання у котельних установках та двигунах внутрішнього згоряння); $E_t^{втр}$ – втрати палива при транспортуванні і зберіганні.

Таблиця 1. Фрагмент форми статистичних даних по використанню окремих видів палива (без моторного) в Україні у 2023 р. [1]

Паливо та його види	Використання палива, од. вим.	На перетворення в інші види палива та енергії	Кінцеве споживання	Коефіцієнт переводу в т у.п.	% до палива всього
Паливо-всього, тис. т у.п.	54496,97	26897,16	23882,69	1	100
Вугілля кам’яне, тис. т	18107	16631,60	1310,88	0,87	28,91
Торф паливний, тис. т	297,48	288,02	Н. д.	0,41	0,23
Газ природний, млн м ³	21393,67	8065,44	11135,68	0,14	44,86
Нафта сира, тис. т	67,45	51,15	4,57	1,43	0,18
Газовий конденсат, тис. т	152,65	145,03	2,33	1,43	0,40
Мазут паливний, тис. т	247,52	241,76	4,05	1,38	0,63
Пропан і бутан скраплені, тис. т	122,54	0,64	121,32	1,57	0,35
Паливні брикети та гранули з деревини, тис. т	361,55	272,84	88,55	0,59	0,39
Стружка і тріска деревні, тис. т	971,87	881,02	87,93	0,37	0,66
Дрова для опалення, тис. щільн. м ³	3149,59	1487,32	1645,85	0,36	2,08
Інше тверде біопаливо рослинного походження, тис. т	2132,11	1917,06	213,84	0,8	3,13
Біогаз, млн м ³	340,19	330,63	Н. д.	0,71	0,44
Інші види палива (у т.ч. моторного разом)					17,73

На основі статистичних даних, приклад яких наведено у табл. 1, аналізується структура споживання палива за напрямками витрат. Виділяються ті напрями, сума яких становить 80-90 %, наприклад: для вугілля – Перетворення становить 91,9 %, а Кінцеве споживання – 7,2 %. Для природного газу – Перетворення – 37,7 %, а Кінцеве споживання – 52,1 %. Тобто тенденції споживання палива дуже різні.

Прогнозні обсяги кінцевого споживання j -виду палива в i -секції економіки ($E_t^{кінц сп ij}$) та власного споживання енергетичним сектором ($E_t^{вл ен D j}$ – є кінцевим споживанням для секції D «Постачання електроенергії, газу, пари та кондиційованого повітря») становить споживання: $\sum_{i+D} E_t^{спож i+D}$, яке з урахуванням впливу структурних змін $E_t^{стр}$ визначається так:

$$\sum_{i+D} E_t^{спож i+D, j} = E_t^{вл ен D j} + E_t^{кінц сп ij} = e_6^{ВДВ i j} \cdot V_t^{ВДВ i} \pm E_t^{стр i j}, \quad (3)$$

де $e_6^{ВДВ i j}$ – енергоємність ВДВ i -секції економіки за КВЕД за j -видом палива у базовому році

$$e_6^{ВДВ i j} = \frac{E_6^{ВДВ i j}}{V_6^{ВДВ i}}, \quad (4)$$

$V_t^{ВДВ i}$ – прогнозні обсяги ВДВ i -секції КВЕД; $E_t^{стр i j}$ – зміна обсягів споживання палива внаслідок структурних змін в економіці визначається так:

$$E_t^{стр i j} = e_6^{ВДВ i j} (V_6^{ВДВ i} - V_t^{ВДВ i}). \quad (5)$$

Енерговитрати на перетворення визначають наступним чином:

$$E_t^{перет} = E_t^{пром} + E_t^{ен сек}. \quad (6)$$

Споживання палива Промисловим сектором на перспективу визначається за формулою:

$$E_t^{\text{пром}} = e_6^{\text{вир}} V_t^{\text{вир}} - \sum_n E_{tn}^{\text{техн}} - \sum_l E_t^{\text{зам}}, \quad (7)$$

зокрема для металургійного виробництва [19]:

$$E_t^{\text{мет}} = e_{ti}^{\text{сталь}} (1 - k_{ti}^{\text{брухт}}) V_t^{\text{сталь}} n_{ti}.$$

Споживання палива Енергетичним сектором (секція D за КВЕД) на перспективу є оцінкою можливих обсягів виробництва електроенергії на ТЕС / ТЕЦ чи теплової енергії в котельні / ТЕЦ за визначеною (прийнятою) встановленою потужністю (ел/теп) та коефіцієнтом використання встановленої потужності – КВВП (приймається як ретроспективний або прогнозний показник, якого бажано досягти).

Прогнозна оцінка можливого виробництва електроенергії на теплових електростанціях:

$$W_t^{\text{ен}} = P_6^{\text{вст}} \text{КВВП}_t^{\text{ТЕС}} \cdot 8760, \text{ ГВт*год.}$$

Прогнозна потреба у паливі для виробництва електроенергії на теплових електростанціях:

$$E_t^{\text{пал}} = W_t^{\text{ен}} \cdot 3,6 / \eta_{\text{ТЕС}}, \text{ ГДж.}$$

Прогнозна оцінка можливого виробництва теплової енергії в котельнях:

$$Q_t^{\text{ен}} = P_6^{\text{вст}} \text{КВВП}_t^{\text{кот}} \cdot 8760, \text{ ГДж.}$$

Прогнозна потреба у паливі для виробництва теплової енергії в котельнях:

$$E_t^{\text{пал}} = Q_t^{\text{ен}} / \eta_{\text{кот}}.$$

Як видно з табл. 1, на перетворення витрачається більша частина спожитого вугілля, торфу, нафти сирової, газового конденсату, паливного мазуту, паливних брикетів і гранул з деревини, стружки і тріски деревної, майже половина дров, іншого рослинного твердого біопалива, біогазу. Природного газу на перетворення витрачається трохи більше третини від споживання. Решта палив в більшості використовуються у секторі кінцевого споживання на приготування їжі, опалення приміщень, ін. Моторне паливо (бензин, дизель, рідке біопаливо) зазвичай використовується як моторне паливо у напрямі витрат кінцевого споживання. Структура спожитого палива розподіляється наступним чином: вугілля – 29 %, природний газ – 45 %, нафтове паливо (для енергетики) – 1,6 %, тверде біопаливо – 6,3 %, біогаз – 0,4 %, інше паливо (у т. ч. моторне) – 17,7 %.

3. Результати моделювання

Розглянемо запропонований методичний підхід до обрахунку прогнозного споживання палива на прикладі вугілля. Оновлений варіант математичної моделі прогнозування попиту враховує вплив зміни структури економіки, обсяги впровадження технологічного потенціалу енергозбереження та оцінку обсягів заміщення вуглецеємного палива (вугілля, важкі нафтопродукти) на менш вуглецеємне або нейтральне (природний та очищені штучні горючі гази (біогаз, звалищний газ), тверде біопаливо).

Згідно з табл. 1 на перетворення використовується 91,85 % використаного вугілля для потреб енергетики та чорної металургії. Для оцінки потреби у вугіллі теплових електростанцій було обрано перелік електростанцій, які знаходяться на підконтрольній Україні території та працюють або можуть

бути відновлені, враховуючи наявні ресурси вугілля у західній частині України. Екологічні питання і відмова від вугільної генерації має розглядатись з урахуванням ресурсних, економічних та соціальних факторів (робота для населення, забезпечення регіону місцевими видами палива) виживання під час війни та для повоєнного відродження, тому не виключається можливість відновлення вугільних ТЕС та їхня повільна заміна після 2035 р. З урахуванням цього були сформовані сценарії відродження вугільних ТЕС за умови технічної можливості (перенесення типового обладнання з іншої країни, незначні пошкодження, що не зачепили основного енергогенерувального обладнання, ін.). Оцінено і прийнято для розрахунку, що наразі працює 4,12 ГВт встановленої потужності вугільних ТЕС і ТЕЦ. Консервативний сценарій буде продовжувати розвивати тенденції, що вже склались, із певним урахуванням екологічних зобов'язань. Оскільки в публікації заступника міністра енергетики планувалось поступове закриття вугледобувних та суміжних підприємств, то можна передбачити, що зі зруйнованих ТЕС відновлюватимуться лише газові [20], тобто приймаємо за консервативним сценарієм, що вугільні енергетичні потужності відновлюватись не будуть. Сценарій *помірного відродження* включає ТЕС консервативного сценарію (4120 МВт) та відновлення двох ТЕС західних регіонів України, де є видобуток вугілля. Прийmemo, що ці відновлені ТЕС будуть працювати на газовому вугіллі з 10 % домішок біопалива. Сумарна потужність вугільних ТЕС за цим сценарієм може становити до 7,0 ГВт.

За публічними даними за 2021 р. [21], усереднений коефіцієнт використання встановленої потужності (КВВП) для ТЕС ГК становив 19,46 %. За даними міжнародної енергетичної статистики [22], електрогенерація вугільними ТЕС у 2023 р. становила 21,6 ТВт*год. При цьому за цим джерелом виробництво вугілля у 2023 р. становило 23,3 млн т (0,51 EJ), а споживання – 22,4 млн т (0,49 EJ). За даними ж Держстату [1], використано у 2023 р. 18,1 млн т вугілля. Споживання вугілля у 2023 р. оцінено як різниця між обсягами «Використано», за даними Держстату, та обсягами «Використано на перетворення в інші види палива та енергії» й «Використано як сировина»:

$$B_{2023} = 18107 - 16631,6 - 7,2 = 1468,20 \text{ тис. т вугілля,}$$

тобто 1468,20 тис. т вугілля спожито як кінцеве споживання та власні потреби енергетичного сектору.

За рівня ВВП₂₀₂₃ = 4098,2 млрд грн (в цінах 2021 р.) і ВДВ₂₀₂₃ = 3590 млрд грн вуглеємність ВДВ визначена як

$$e_{2023}^{ВДВ} = B_{2023} / ВДВ_{2023} = 0,0004 \text{ т/млн грн.}$$

За 2025 р. оцінено генерацію електроенергії з таких міркувань: 9 міс. працювало 7,0 ГВт потужностей електрогенерації, 3 міс. – 4,12 ГВт потужності. КВВП приймаємо як у 2021 р. (для пікового та напівпікового режимів). Сумарно за рік вироблено 10,7 ГВт*год електрики вугільною електрогенерацією (оціночні дані).

У чорній металургії використовується кокс, вироблений коксохімічними заводами з коксівного вугілля, та енергетичне вугілля, яким був раніше заміщений природний газ (пиловугільне вдування палива) для його економії [19].

Згідно з методичним підходом прийmemo прогностні значення ВВП і ВДВ за різних структур економіки відповідно до даних джерела [23] (табл. 2).

Таблиця 2. Фактична та прогнозна валова додана вартість у цінах 2021 р.
за різних структур економіки, млрд грн

Показники /Укрупнені ВЕД	2023 факт	2025	2025	2030	2030
Вид структури економіки	базова	базова	прогноз	базова	прогноз
Сільське господарство	311,5	328,5	324,1	343,2	451,6
Промисловість-разом, у т.ч.	721,3	760,6	756,3	794,8	1029,7
Добувна промисловість	176,2	185,8	177,2	194,2	216,8
Переробна промисловість	340,1	358,7	367,4	374,8	623,2
Постачання електроенергії та ін. Водопостачання	204,9	216,1	211,8	225,8	189,7
Транспорт та ін.	180,3	190,2	203,1	198,7	316,1
Інші ВЕД	2389,2	2519,6	2433,2	2632,9	2081,9
ВДВ-разом	3602,3	3798,9	3716,8	3969,6	3879,3
% ВДВ до ВВП за різних структур	87,9	87,9	86	87,9	85,9
ВВП	4098,2	4321,8	4321,8	4516,1	4516,1

За вуглеємністю базового 2023 р. $e_{2023}^{ВДВ} = 0,0004$ т/млн грн та даними прогнозного ВДВ обчислено прогноз споживання вугілля (без обсягів перетворення і споживання як сировини) без урахування обсягів можливого заміщення вугілля альтернативними видами палива (табл. 3).

Таблиця 3. Прогноз споживання вугілля по країні (ТОР-рівень) за різних структур економіки без урахування обсягів його заміщення та оцінка структурних змін (структурний потенціал енергозбереження), тис. т

Показники	2023 факт	2025	2030
за базовою структурою економіки	1468,2	1548,3	1617,9
за прогнозовою структурою економіки	1468,2	1514,8	1581,1
Структурний потенціал енергозбереження в економіці – E_t^{cmp}	0	33,5	36,8

Оскільки статистичних даних за видами економічної діяльності після 2020 р. не надавалось, оцінити структурні зрушення за ВЕД неможливо. Тому у табл. 3 наведено оцінку структурного потенціалу енергозбереження на рівні країни. Також неможливо обчислити прогнози споживання вугілля за ВЕД, однак, згідно з Енергетичним балансом України за 2020 р., найбільшими споживачами вугілля є енергетичний сектор (ТЕС – основний споживач і ТЕЦ – деякі електроцентралі) та чорна металургія. Проведену оцінку потреби у вугіллі в цих напрямках витрат (перетворення в інші види палива та енергії) представлено в табл. 4.

Таблиця 4. Прогноз використання вугілля на перетворення по країні (ТОР-рівень) без обсягів заміщення альтернативними видами палива (консервативний сценарій) та із частковим заміщенням вугілля біопаливом за сценаріями помірного відродження 1-2, тис. т

Сценарії / Показники	2023 факт	2025 оцінка	2030 прогноз
На електрогенерацію на ТЕС і ТЕЦ за сценаріями, у т.ч.			
Консервативний: КВВП=19,46 %; $\eta = 0,35$	9478,3	4319,7	2833,9
Помірного відродження 1: КВВП=40 %; $\eta = 0,37$	9478,3	4319,7	5617,3
Помірного відродження 2: КВВП=40 %; $\eta = 0,37$ + кофайринг (вугілля+10 % біопалива)	9478,3	4319,7	5055,5
На виробництво продукції чорної металургії, у т.ч.			
	2024 факт	2025 оцінка	2030 прогноз
Консервативний:			
коксівне вугілля	3734,7	3734,7	3824,9
енергетичне вугілля	1215,9	1215,9	1215,9
Помірного відродження:			
коксівне вугілля	3734,7	3734,7	3824,9
енергетичне вугілля	1215,9	1215,9	1215,9
Разом споживання по країні			
Консервативний сценарій	14428,9	9270,3	7874,7
Сценарії Помірного відродження 1-2	14428,9	9270,3	10658-10096

4. Висновки

Оновлено методичний підхід щодо прогнозування попиту на паливо на основі доступної статистичної інформації на рівні країни за напрямками витрат. Цей підхід, на відміну від існуючого (за видами економічної діяльності або за видами виробництва), враховує реальні статистичні дані, що є у відкритому доступі – використання палива та енергії за напрямками витрат. На прикладі прогнозування потреби у вугіллі показано, як можна застосувати існуючу статистичну інформацію як вихідні дані для прогнозування споживання ПЕР на рівні країни.

Для оцінки обсягів можливого використання вугілля застосовано сценарний підхід, який ґрунтується в енергетичній сфері на припущеннях щодо можливого відродження вугільних ТЕС, які не зазнали значних руйнувань, та з огляду на власний видобуток газового вугілля у західних регіонах України; у металургійному виробництві – на аналізі реальної ситуації на металургійних підприємствах. Відродження національної економіки потребуватиме значних енергетичних ресурсів та виробництва металу. Після відновлення соціальної та виробничої сфер економіки доцільно розглядати заміщення

вугілля в енергетиці іншими, більш екологічними, видами твердого палива або технологіями, що зменшують викиди в атмосферу.

Фінансування роботи. Наукове дослідження здійснено в рамках виконання наукової роботи «Розвиток системи математичних моделей довгострокового прогнозування споживання основних видів паливно-енергетичних ресурсів в економіці країни з урахуванням діючих екологічних обмежень» (ДР № РК0122U000178) у 2025 р. за бюджетним фінансуванням 1030.

Посилання

1. Використання палива за напрямками витрат в Україні. Статистичні дані за 2021–2023 pp.: офіц. сайт. URL: <https://www.ukrstat.gov.ua>; https://www.ukrstat.gov.ua/operativ/operativ2021/energ/pve/vyk_pal_2023.xls (дата звернення: 01.02.2026).
2. Кулик М.М., Маляренко О.Є., Майстренко Н.Ю., Станиціна В.В., Куц Г.О. Енергоефективність та прогнозування енергоспоживання на різних ієрархічних рівнях економіки: методологія, прогнозні оцінки до 2040 року. Київ, «Наукова думка», 2021. 234 с. ISBN 978-966-00-1739-9.
3. Каплін М., Білан Т., Новицький І. Моделювання енергозабезпечення країни за структурою даних продуктового енергетичного балансу в форматі міжнародної енергетичної агенції. *Проблеми загальної енергетики*. 2022. Вип. 1-2(68-69). С. 58–69. <https://doi.org/10.15407/pge2022.01-02.058>
4. Bilan T., Kaplin M., Makarov V., Perov M., Novitskii I., Zaporozhets A., Havrysh V., Nitsenko V. The Balance and Optimization Model of Coal Supply in the Flow Representation of Domestic Production and Imports: The Ukrainian Case Study. *Energies*. 2022. Vol. 15. Iss. 21. 8103. <https://doi.org/10.3390/en15218103>
5. Chernyavskyy M., Makarov V., Kaplin M., Bilan T., Yevtukhova T. Prospects for Coal-Fired Power Plants Fuel Supply in Ukraine. In V. Babak, A. Zaporozhets (Eds.). *Systems, Decision and Control in Energy VI. Studies in Systems, Decision and Control*. 2024. Vol. 561. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-031-68372-5_8
6. Майстренко Н.Ю., Маляренко О.Є., Горський В.В. Триетапний метод прогнозування рівнів енергоспоживання в економіці з урахуванням регіональних потенціалів енергозбереження. *Проблеми загальної енергетики*. 2020. Вип. 3(62). С. 37–45. <https://doi.org/10.15407/pge2020.03.037>
7. Horskyi V.V., Maliarenko O.Y., Maistrenko N.Y., Teslenko O.I., Kuts H.O. Modified three-stage model for forecasting the demand for energy resources at various hierarchy levels of the economy. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. 2022. Vol. 1049(1). 012054. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/1049/1/012054>
8. Горський В. Прогнозування обсягів електроспоживання в Україні з урахуванням міграції населення внаслідок воєнних дій. *Системні дослідження в енергетиці*. 2024. №3(79). С. 35–45. <https://doi.org/10.15407/srenergy2024.03.035>
9. Точилін В.О., Подолець Р.З., Дячук О.А., Олександренко Ю.А. Прикладна економіко-математична модель «Times-Україна» для оптимізації енергетичних потоків та прогнозування енергетичного балансу України. *Наука та інновації*. 2010. Т. 6. № 2. С. 48–66. URL: <https://nasplib.isoftware.kiev.ua/items/800ac0fd-feec-4a29-b022-595cb8188001> (дата звернення: 05.02.2026).
10. Heyets V.M., Podolets R.Z., Diachuk O.A. Post-war economic recovery of Ukraine in the imperatives of low-carbon development. *Science and Innovation*. 2022. Vol. 18. No. 6. P. 3–16. <https://doi.org/10.15407/scine18.06.003>
11. Сегеда І.В., Кривда Д.О., Кривда О.В. Система прогнозування споживання електроенергії на основі температурних даних. *Вісник Херсонського національного технічного університету*. 2025. №1(92). Ч. 2. С. 194–203. <https://doi.org/10.35546/kntu2078-4481.2025.1.2.26>
12. Maliarenko O., Maistrenko N., Matushkin D., Kobernyk V. Taking into Account Environmental Constraints in Mathematical Models for Long-Term Energy Consumption Forecasting: Global Review of Recent Advances. In V. Babak, A. Zaporozhets (Eds.). *Systems, Decision and Control in Energy VII. Studies in Systems, Decision and Control*. Vol. 596. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-031-90462-2_5
13. Чао Л. Моделі прогнозування споживання електроенергії в КНР на довгострокову перспективу. *Вісник ОНУ імені І.І. Мечникова*. 2016. Т. 21. Вип. 5(47). С. 26–32. URL: http://visnyk-onu.od.ua/journal/2016_21_5/06.pdf. (дата звернення: 05.02.2026).
14. Oktay Ö., Obekpa H. O., Alola A. A. Examining the nexus of energy intensity, renewables, natural resources, and carbon intensity in India. *Energy & Environment*. 2023. Vol. 36. Iss. 1. <https://doi.org/10.1177/0958305X231169706>
15. Després J., Keramidas K., Schmitz A., Kitous A., Schade B., Diaz Vazquez A., Mima S., Russ H., Wiesenthal T. POLES-JRC model documentation. EUR 29454 EN. Publications Office of the European Union, Luxembourg, 2018. <https://doi.org/10.2760/814959>
16. Ripp C., Steinke F. Modeling Time-dependent CO2 Intensities in Multi-modal Energy Systems with Storage. 2024. URL: <https://arxiv.org/pdf/1806.04003.pdf>. (Last accessed: 01.02.2026).
17. Маляренко О.Є., Іваненко Н.П., Судариков О.А. Удосконалена комплексна оцінка заходів з енергозбереження. Свідцтво про реєстрацію авторського права на твір № 125029 від 25.03.2024 р.
18. Державна служба статистики України. Класифікація видів економічної діяльності (КВЕД-2010). URL: https://kved.ukrstat.gov.ua/KVED2010/kv10_i.html (дата звернення: 01.02.2026).

19. Таранець К.В., Тесленко О.І. Вплив низьковуглецевої технологічної трансформації чорної металургії на споживання електроенергії. *Вісник Херсонського національного технічного університету*. 2024. №4(91). С. 153–159. <https://doi.org/10.35546/kntu2078-4481.2024.4.19>
20. Офіс реформ Кабінету Міністрів України. Дайджест відновлення України. № 135. Щотижневий огляд медіа, офіційних заяв та думок експертів на тему відновлення України. 14-20 жовтня 2024 року. URL: https://rdo.in.ua/sites/default/files/pdf/digest135_ukr.pdf (дата звернення: 20.02.2026).
21. Всеукраїнська Енергетична Асамблея. КВВП в ОЕС України. URL: <https://uaea.com.ua/dysp/icuf.html> (дата звернення: 01.02.2026).
22. World Energy Review 2024. 328 p. URL: <https://share.google/fOKdxD3imVbW9VSIL> (Last accessed: 01.02.2026).
23. Майстренко Н. Визначення прогностичних обсягів попиту на електроенергію у воєнний та повоєнний час в Україні на базі макроекономічних факторів розвитку її економіки. *Системні дослідження в енергетиці*. 2026. № 1(85). С. 117–126. <https://doi.org/10.15407/srenergy2026.01.117>

References

1. Fuel use by expenditure areas in Ukraine. Statistical data for 2021–2023 [Official site]. Retrieved February 1, 2026, from <https://www.ukrstat.gov.ua>; https://www.ukrstat.gov.ua/operativ/operativ2021/energ/pve/vyk_pal_2023.xls [in Ukrainian].
2. Kulyk, M.M., Maliarenko, O.Ye., Maistrenko, N.Yu., Stanytsina, V.V. & Kuts, H.O. (2021). *Energy efficiency and forecasting of energy consumption at different hierarchical levels of the economy: methodology, forecast estimates until 2040*. Kyiv: «Naukova dumka». ISBN 978-966-00-173. [in Ukrainian].
3. Kaplin, M., Bilan, T. & Novytskyi I. (2022). Modeling of country energy supply by structure of product energy balance data in the format of the international energy agency. *The Problems of General Energy*, 1-2(68-69), 58–69 [in Ukrainian]. doi.org/10.15407/pge2022.01-02.058
4. Bilan, T., Kaplin, M., Makarov, V., Perov, M., Novitskii, I., & Zaporozhets, A. (2022). The Balance and Optimization Model of Coal Supply in the Flow Representation of Domestic Production and Imports: The Ukrainian Case Study. *Energies*, 15(21), 8103. <https://doi.org/10.3390/en15218103>
5. Chernyavskyy, M., Makarov, V., Kaplin, M., Bilan, T., & Yevtukhova, T. (2024). Prospects for Coal-Fired Power Plants Fuel Supply in Ukraine. In V. Babak, A. Zaporozhets (Eds.), *Systems, Decision and Control in Energy VI. Studies in Systems, Decision and Control*, 561. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-031-68372-5_8
6. Maistrenko, N.Yu., Maliarenko, O.Ye. & Horskyi V.V. (2020). Three-stage method of forecasting energy consumption levels in the economy with regard for regional energy saving potentials. *The Problems of General Energy*, 3(62), 37–45 [in Ukrainian]. <https://doi.org/10.15407/pge2020.03.037>
7. Horskyi, V.V., Maliarenko, O.Y., Maistrenko, N.Y., Teslenko, O.I. & Kuts, H.O. (2022). Modified three-stage model for forecasting the demand for energy resources at various hierarchy levels of the economy. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 1049(1), 012054. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/1049/1/012054>
8. Horskyi, V. (2024). Forecasting electricity consumption volumes in Ukraine considering population migration due to military actions. *System Research in Energy*, 3(79), 35–45 [in Ukrainian]. <https://doi.org/10.15407/srenergy2024.03.035>
9. Tochilin, V., Podolets, R., Diachuk, O., & Oleksandrenko, Yu. (2010). Application economic-mathematical model «Times-Ukraine» for energy flow optimization and forecasting of energy balances of Ukraine. *Science and Innovation*, 6(2), 48–66. Retrieved February 5, 2026, from <https://nasplib.isofts.kiev.ua/items/800ac0fd-feec-4a29-b022-595cb8188001> [in Ukrainian].
10. Heyets, V.M., Podolets, R.Z., & Diachuk, O.A. (2022). Post-war economic recovery of Ukraine in the imperatives of low-carbon development. *Science and Innovation*, 18(6), 3–16. <https://doi.org/10.15407/scine18.06.003>
11. Sehed, I.V., Kryvda, D.O., & Kryvda, O.V. (2025). System for forecasting electricity consumption based on temperature data. *Visnyk of Kherson National Technical University*, 2, 1(92), 194–203 [in Ukrainian]. <https://doi.org/10.35546/kntu2078-4481.2025.1.2.26>
12. Maliarenko, O., Maistrenko, N., Matushkin, D., & Kobernyk, V. (2024). Taking into Account Environmental Constraints in Mathematical Models for Long-Term Energy Consumption Forecasting: Global Review of Recent Advances. In V. Babak, A. Zaporozhets (Eds.), *Systems, Decision and Control in Energy VII. Studies in Systems, Decision and Control*, 596. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-031-90462-2_5
13. Chao, L. (2016). Models of forecasting of electricity consumption in China for the long term. *Odesa National University Herald*, 21, 5(47), 26–32. Retrieved February 5, 2026, from http://visnyk-onu.od.ua/journal/2016_21_5/06.pdf. [in Ukrainian].
14. Oktay, Ö., Obekpa, H. O., & Alola, A. A. (2023). Examining the nexus of energy intensity, renewables, natural resources, and carbon intensity in India. *Energy & Environment*, 36(1). <https://doi.org/10.1177/0958305X231169706>
15. Després, J., Keramidis, K., Schmitz, A., Kitous, A., Schade, B., Diaz Vazquez, A., Mima, S., Russ, H., & Wiesenhal, T. (2018). *POLES-JRC model documentation*. EUR 29454 EN. Publications Office of the European Union, Luxembourg. <https://doi.org/10.2760/814959>
16. Ripp, C., & Steinke, F. (2019). Modeling Time-dependent CO2 Intensities in Multi-modal Energy Systems with Storage. Retrieved February 1, 2026, from <https://arxiv.org/pdf/1806.04003.pdf>.

17. Maliarenko, O.Ye., Ivanenko, N.P., & Sudarykov, O.A. (2024). Improved comprehensive assessment of energy saving measures. *Svidoststvo pro reiestratsiiu avtorskoho prava na tvir* № 125029 vid 25.03.2024 r. [in Ukrainian].
18. State Statistics Service of Ukraine. *Classification of economic activities (KVED-2010)*. Retrieved February 1, 2026, from https://kved.ukrstat.gov.ua/KVED2010/kv10_i.html [in Ukrainian].
19. Taranets, K.V., & Teslenko, O.I. (2024). Impact of low-carbon technological transformation of ferrous metallurgy on electricity consumption. *Visnyk of Kherson National Technical University*, 4(91), 153–159 [in Ukrainian]. <https://doi.org/10.35546/kntu2078-4481.2024.4.19>
20. Reforms Delivery Office of the Cabinet of Ministers of Ukraine. (2024, October 14–20). *Ukraine Recovery Digest* No. 135. Weekly review of media, official statements, and expert opinions on the topic of Ukraine's recovery. Retrieved February 20, 2026, from https://rdo.in.ua/sites/default/files/pdf/digest135_ukr.pdf. [in Ukrainian].
21. All-Ukrainian Energy Assembly. *KVVP in the Unified Energy System of Ukraine*. Retrieved February 1, 2026, from <https://uaea.com.ua/dysp/icuf.html> [in Ukrainian].
22. World Energy Review (2024). Retrieved February 1, 2026, from <https://share.google/fOKdxD3imVbW9VSIL>
23. Maistrenko, N. (2026). Determination of forecasted demand for electricity in war and post-war times in Ukraine based on macroeconomic factors of the development of its economy. *System Research in Energy*, 1(85), 117–126 [in Ukrainian]. <https://doi.org/10.15407/srenergy2026.01.117>

A METHODOLOGICAL APPROACH TO FORECASTING FUEL CONSUMPTION IN THE COUNTRY UNDER CONDITIONS OF LIMITED ACCESS TO STATISTICAL INFORMATION

Olena Maliarenko, PhD (Engin.), Senior Researcher Scientist,

<https://orcid.org/0000-0001-5882-916X>

General Energy Institute of NAS of Ukraine, 172, Antonovycha St., Kyiv, 03150, Ukraine

e-mail: malyarenlena@gmail.com

Abstract. *The article proposes a methodological approach to forecasting energy consumption using existing forms of statistical reporting on energy, which are used to form energy efficiency indicators for the base year, for which the forecast is made. Methodological approaches to forecasting energy consumption have changed more than once over the past thirty years. The availability of statistical reporting forms on fuel and energy consumption by types of products produced and services provided allowed for energy efficiency analysis and forecasting energy consumption at the level of production processes and services provided. The transition after 2015 to a form of statistical reporting by classification by types of economic activity forced researchers to change the methodological approach to forming energy efficiency indicators for the base year and the calculation model: instead of specific fuel, electric and thermal energy consumption per unit of output, they began to use energy intensity indicators of gross added value of sections of the economy according to the classifier. The absence of this information from 2021 and the formation of statistical observations on fuel and energy consumption by expenditure areas forced us to once again review the methodology for calculating the forecast volumes of energy resource consumption. The purpose of the article is to create a methodical approach to forming a calculation model for forecasting fuel consumption (using the example of a coal consumption forecast), based on existing forms of statistical reporting on energy. A calculation model for forecasting energy consumption by expenditure areas is provided: transformation, final consumption, own consumption by the energy sector, non-energy consumption, losses. The features of determining consumption for the energy and production sections of the Industrial sector are highlighted. A coal forecast by expenditure areas is made for scenarios of the post-war revival of Ukraine until 2030.*

Keywords: forecast, consumption, fuel, coal, statistical observations, methodical approach.

Дата першого надходження статті до журналу: 10.03.2026

Дата прийняття статті до друку після рецензування: 27.05.2026

Дата публікації (оприлюднення): 30.05.2026