

НАУКОВІ ОСНОВИ ФОРМУВАННЯ ТА ОПТИМІЗАЦІЯ ПАЛИВНО-ЕНЕРГЕТИЧНИХ БАЛАНСІВ

УДК 620.002.8:339.1

О.Є. МАЛЯРЕНКО, канд. техн. наук, Т.О. ЄВТУХОВА
Інститут загальної енергетики НАН України, м. Київ

УРАХУВАННЯ ЦІНОВОГО ФАКТОРА ПРИ ПРОГНОЗУВАННІ СПОЖИВАННЯ ВУГЛЕВОДНІВ НА КОРОТКОСТРОКОВУ ПЕРСПЕКТИВУ В УМОВАХ ГЛОБАЛІЗАЦІЇ

Розглянуто метод прогнозування споживання палива з урахуванням цінового фактора. Проаналізовано вплив коефіцієнтів еластичності енергоспоживання по доходах та ціновій еластичності на прогнозні рівні енергоспоживання на прикладі нафти і природного газу. Запропоновано замість коефіцієнта цінової еластичності використовувати коефіцієнт споживної вартості, який краще враховує ціновий вплив на прогнозні рівні споживання палива.

Ключові слова: прогнозування споживання палива, коефіцієнти еластичності по доходах, цінової еластичності, споживної вартості.

В умовах глобалізації світової економіки формуються світові ринки палива (газу, нафти), відбуваються якісні структурні зрушення у сфері економіки, зникає жорстке розділення на національні та зовнішньоекономічні фактори розвитку. Глобалізація найбільше всього проявляється у фінансовій сфері (доступ до кредитів МВФ, міжнародних банків), торгівлі (вступ до СОТ, вільне переміщення товарів), інформаційних технологіях (вільний доступ до інформації). Ми розглядаємо глобалізацію як процес, що сприяє відкритості ринків товарів і ресурсів, у тому числі енергетичних (ринок нафти, природного газу та ін.), вирівнюванню внутрішніх і зовнішніх цін на енергоресурси – $C_{вн} \approx C_{імп}$, формує міжнародний розподіл виробництва і праці, що, як наслідок, сприяє впровадженню нових інноваційних розробок, технологій, устаткування, появі фінансової можливості модернізації обладнання шляхом залучення іноземних інвестицій та висококваліфікованих фахівців.

Прогнозування рівнів енергоспоживання за видами палива та енергії є самостійна задача, яка знаходить практичне вирішення при визначенні потреби у паливно-енергетичних ресурсах (ПЕР) окремих господарчих суб'єктів, регіонів і країни в цілому і може використовуватись під час розробки прогнозних паливно-

енергетичних балансів, як зведеного енергетичного, так і продуктових.

Моделі прогнозування енергоспоживання почали розроблятися в Інституті загальної енергетики (Інституті проблем енергозбереження) НАН України ще 25 років тому. Зокрема, відомі такі моделі: модель оптимізації республіканського паливно-енергетичного комплексу та його галузевих систем [1], що включала побудову перспективного паливно-енергетичного балансу УРСР; модель прогнозування обсягів споживання електричної енергії до 2030 р. з урахуванням потенціалу енергозбереження [2]; модель прогнозування енергоспоживання за окремими видами енергоресурсів для процесів нафтопереробки [3], методичні засади яких було використано під час розробки діючої Енергетичної стратегії України до 2030 року. Однією з останніх розробок ІЗЕ НАН України є модель розвитку енергетики в умовах лібералізації і глобалізації світової економіки та інтернаціоналізації екологічних обмежень [4], в якій розглядається оптимізаційна задача визначення потреби ПЕР при врахуванні гранично-прийнятних цін на енергоресурси, обмежень по викидах в атмосферу та глобальних цілей розвитку економіки та енергетики за критерієм оптимальності прогнозу розвитку економіки й енергетики країни.

Відомими у світі є моделі перспективної оцінки попиту на енергію, що розроблені

© О.В. СТОГНІЙ, М.І. КАПЛІН, Т.Р. БІЛАН, 2012

МАGATE: так звані MAED, WASP і ENPER-баланс [5]. Програма енергетичних оцінок ENPER-баланс, яка найбільш широко використовується у країнах, що розвиваються, надає можливість багатосторонньо оцінювати стратегії розвитку енергосистем та включає в себе такі модулі: оцінки попиту на енергію (MAED), визначення цін, що забезпечують рівновагу попиту та пропозиції і складання балансу попиту і пропозиції на енергію в ринкових умовах; оптимізації розвитку електроенергетичного сектору (WASP), оцінки навантажень певної енергосистеми на довкілля.

Всі згадані вище наукові розробки з прогнозування енергоспоживання враховують певні чинники, що впливають на визначення рівнів енергоспоживання: або потенціали енергозбереження, або оптимальний розвиток галузей ПЕК за критерієм мінімуму приведених витрат, або вплив гранично-прийнятних цін на енергоресурси та екологічні обмеження, але не узагальнюють усі перелічені фактори.

Метою наших досліджень є створення моделі, яка б дозволяла отримувати прогнозні рівні енергоспоживання первинних енергоресурсів з урахуванням процесів глобалізації (через ціновий фактор), враховувала б зміни у потенціалах енергозбереження при зміні цін на імпорتنі енергоносії, ґрунтувалася б на реально діючих у країні методологіях формування статистичних спостережень за видами економічної діяльності (ВЕД), враховувала б оптимальні зміни у структурі виробництва економіки країни, а також корелювалася би з прогнозними макроекономічними показниками розвитку економіки та соціальної сфери країни в цілому.

Наукова новизна отриманих результатів полягає у розробці математичної моделі розрахунку прогнозних рівнів енергоспоживання з урахуванням впливу цінового фактора та сумарного потенціалу енергозбереження.

Структурну схему запропонованої моделі прогнозування рівнів енергоспоживання наведено на рис.1. Прогноз споживання ПЕР при N-й структурі економіки країни визначається за функцією:

$$E_N^t = P_j^t - \Delta\Pi_{cmp}^t - \sum_{i=1}^I \gamma_{M_i}^t \Delta\Pi_{mex_{M_i}}^t - \sum_{q=1}^Q \gamma_{соц_q}^t \Delta\Pi_{mex_{соц_q}}^t \quad (1)$$

де P_j^t – попит на j -й енергоресурс у t -му році;

$\Delta\Pi_{cmp}^t$ – потенціал енергозбереження від структурних зрушень в економіці;

$\gamma_{M_i}^t, \gamma_{соц_q}^t$ – відповідно економічнодоцільна частка технічно можливого потенціалу енергозбереження у матеріальній ($\Delta\Pi_{mex_{M_i}}^t$) та соціальній ($\Delta\Pi_{mex_{соц_q}}^t$) сферах економіки;

I – види економічної діяльності матеріальної сфери економіки, q – види економічної діяльності соціальної сфери економіки.

Схема (див. рис.1) включає в себе блок визначення попиту на енергоресурси (P_j^t) залежно від прогнозу цін на енергоресурси (C_j^t)

і темпів росту ВВП ($\frac{V_{ВВП}^t}{V_{ВВП}^0}$), блок визначення потенціалів енергозбереження від структурних зрушень в економіці ($\Delta\Pi_{cmp}^t$) та економічно доцільного потенціалу енергозбереження у виробничій ($\sum_{i=1}^I \gamma_{M_i}^t \Delta\Pi_{mex_{M_i}}^t$) і соціальній сферах

($\sum_{i=1}^I \gamma_{соц_q}^t \Delta\Pi_{mex_{соц_q}}^t$), а також вплив співвідношення цін $C_{вн}$ і $C_{імп}$ на внутрішньому і зовнішньому ринках на впровадження певних заходів з енергозбереження: якщо $\frac{C_{вн_i}}{C_{імп_i}} < 1$ –

впровадження енергозберігаючих заходів, в основному у соціальній сфері, комунальному господарстві, та маловитратних заходів у сфері

виробництва; $\frac{C_{вн_i}}{C_{імп_i}} \approx 1$ – активне впровадження

енергозберігаючих заходів, проектів з модернізації виробництва, які дадуть значний ефект для покриття зростаючих цін, деякі структурні зрушення в економіці на рівні окремих енер-

гоємних виробництв; $\frac{C_{вн_i}}{C_{імп_i}} > 1$ – структурна пе-

ребудова економіки на рівні видів економічної діяльності (ВЕД) і секторів під час впровадження технологічного енергозбереження у

виробництві продукції за ВЕД. Для оцінки частки впровадження технічно можливого

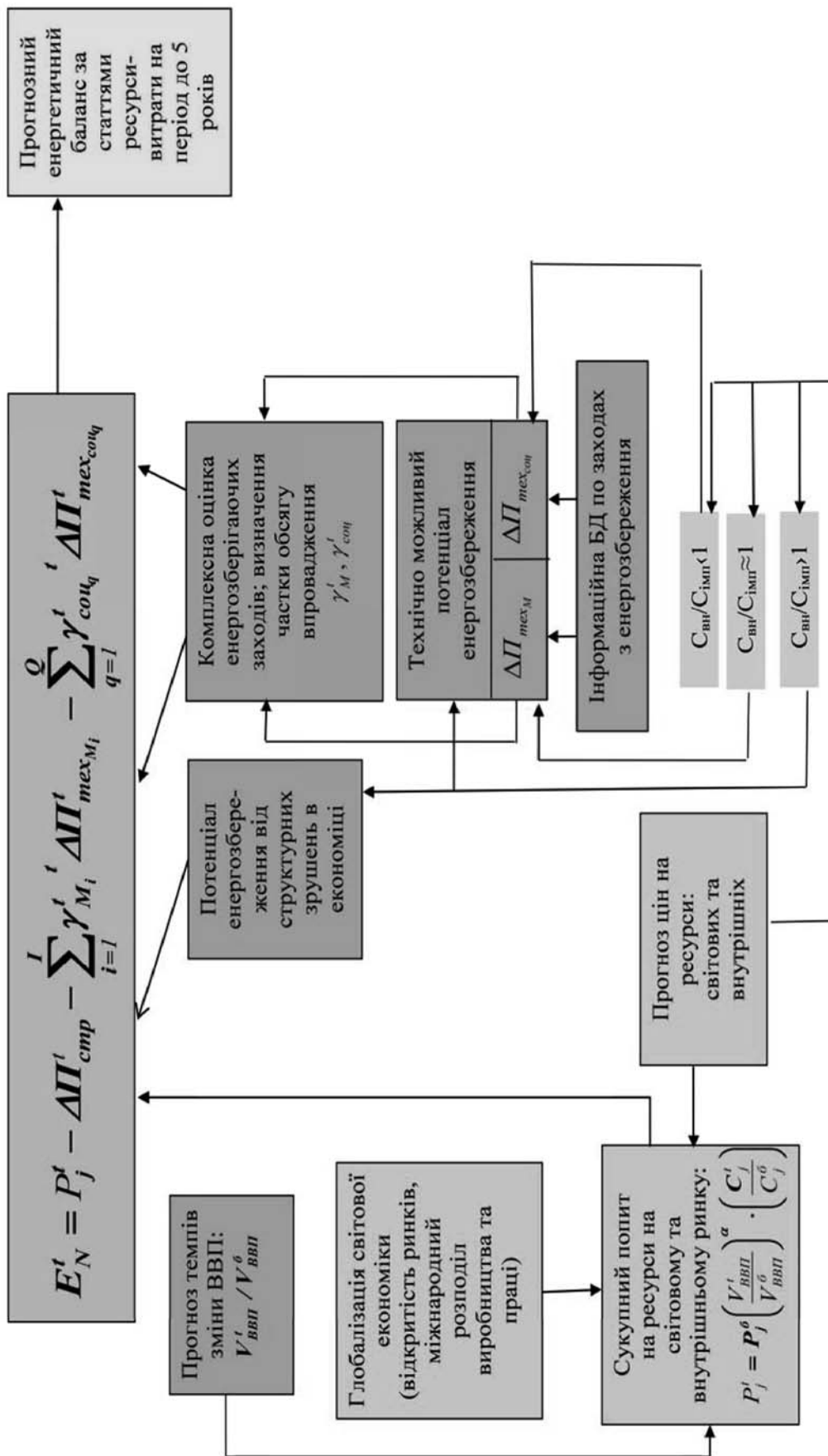


Рис. 1. Структурна схема моделі розрахунку прогнозних рівнів споживання ПЕР

потенціалу енергозбереження використовуються методика комплексної оцінки енергозберігаючих заходів та оцінки доцільності впровадження реконструкції або модернізації технологічного обладнання [6,7], яка включає розрахунок економічного ефекту від впровадження енергозберігаючого заходу та еколого-економічну оцінку заходу. Схема також вміщує інформаційну базу даних (БД) по заходах з енергозбереження за видами економічної діяльності, з якої за критерієм мінімізації енергоємності виробництва продукції вибираються заходи для розрахунку технічно можливого потенціалу енергозбереження у матеріальній і соціальній сферах економіки. На основі комплексної оцінки енергозберігаючих заходів визначається економічно доцільна частка технічного потенціалу енергозбереження у році t .

При стагнації економіки, без структурних і технологічних змін в секторах економіки і без урахування зміни цін на енергоресурси, потреба в j -му виді ПЕР визначається за відомою формулою:

$$E_j^t = e_{\text{ВВП}_j}^{\delta} \cdot V_{\text{ВВП}}^t, \quad (2)$$

де $e_{\text{ВВП}_j}^{\delta}$ – енергоємність ВВП у базовому році;

$V_{\text{ВВП}}^t$ – прогноз ВВП у t -му році.

Прогноз обсягу ВВП визначається з урахуванням різних сценаріїв розвитку країни та темпів зміни ВВП, що розробляються профільними установами і фахівцями з макроекономічних досліджень.

Методичні підходи до урахування цінового фактора під час прогнозування енергоспоживання наведено в роботах [8, 9]. Розрахунок перспективного попиту на енергоресурси в цих роботах визначається з використанням модифікованої виробничої функції, що враховує цінову та доходну еластичність енергоспоживання і коефіцієнт автономного технічного прогресу:

$$c_{i-j}^t = c_{i-j}^{t-1} \left(\frac{y_i^t}{y_i^{t-1}} \right)^{\alpha} \left(\frac{P_{i-j}^t}{P_{i-j}^{t-1}} \right)^{\beta} (1 - k_i), \quad (3)$$

де t – інтервал часу (рік); c_{i-j}^t та c_{i-j}^{t-1} – енергоспоживання, відповідно, у рік t та $t-1$; y_i^t та y_i^{t-1} – виробництво продукції (послуг) окремим сектором-споживачем енергії, відповідно, у рік t та $t-1$; P_{i-j}^t та P_{i-j}^{t-1} – ціни на

окремий вид енергоресурсу для окремого сектора-споживача енергії, відповідно, у рік t та $t-1$; k – коефіцієнт автономного технічного прогресу для окремого сектора-споживача енергії; α – еластичність енергоспоживання по доходах споживача; β – цінова еластичність енергоспоживання.

Розрахунок коефіцієнтів еластичності α на перспективу до 2020 р. за секторами економіки за формулою (2) наведено у [9].

Ми використали дані фахівців Інституту економіки і прогнозування НАН України до врахування цінового фактора, але з принциповою модифікацією змісту складових виробничої функції за формулою (3) для рівня країни у вигляді:

$$P_j^t = P_j^{\delta} \left(\frac{V_{\text{ВВП}}^t}{V_{\text{ВВП}}^{\delta}} \right)^{\alpha} \left(\frac{C_j^t}{C_j^{\delta}} \right)^{\beta} (1 - \gamma^t), \quad (4)$$

де $V_{\text{ВВП}}^t$ та $V_{\text{ВВП}}^{\delta}$ – валовий внутрішній продукт у прогнозованому та базовому роках; t – прогнозний рік, δ – базовий рік; P_j^t та P_j^{δ} – потреба в j -му енергоресурсі, відповідно, у t -му і базовому роках; C_j^t та C_j^{δ} – ціни на j -й вид енергоресурсу, відповідно, у рік t та δ ; γ^t – коефіцієнт, що визначає економічно доцільну частку технічно можливого потенціалу енергозбереження у t -му році; α – еластичність енергоспоживання по доходах споживача; β – цінова еластичність енергоспоживання.

Методику дослідження прогнозованої потреби у ПЕР покажемо на прикладі потреби у нафті і природному газі з урахуванням прогнозних цін на ці види палива. Фактична потреба в i -му енергоресурсі у базовому році для сирової нафти (потреба для переробки у нафтопродукти) розраховувалась за балансовою формулою:

$$P_{\text{наф}}^{\delta} = P_{\text{кс наф}}^{\delta} + P_{\text{сир наф}}^{\delta} + P_{\text{втр наф}}^{\delta} + P_{\text{кс нафпр}}^{\delta} + P_{\text{пер нафпр}}^{\delta} + P_{\text{сир нафпр}}^{\delta} + P_{\text{втр нафпр}}^{\delta} \quad (5)$$

або

$$P_{\text{наф}}^{\delta} = P_{\text{кс наф}}^{\delta} + P_{\text{пер наф}}^{\delta} + P_{\text{сир наф}}^{\delta} + P_{\text{втр наф}}^{\delta} + P_{\text{имп нафпр}}^{\delta} - P_{\text{екс нафпр}}^{\delta}, \quad (6)$$

де $P_{\text{кс наф}}^{\delta}$, $P_{\text{кс нафпр}}^{\delta}$ – витрата нафти і нафтопродуктів для кінцевого споживання; $P_{\text{пер наф}}^{\delta}$, $P_{\text{пер нафпр}}^{\delta}$ – витрата нафти і нафтопродуктів на перетворення в інші види палива та енергії; $P_{\text{сир наф}}^{\delta}$, $P_{\text{сир нафпр}}^{\delta}$ – витрата нафти і нафто-

продуктів на неенергетичні цілі; $P_{втр\ наф}^b$ – втрати нафти і нафтопродуктів під час транспортування, розподілу і зберігання; $P_{імт\ нафпр}^b$ – надходження нафтопродуктів по імпорту для покриття потреби; $P_{екс\ нафпр}^b$ – обсяг експорту нафтопродуктів.

Розрахункову потребу у нафті за ретроспективний період (2001–2008 рр.) оцінено за формулою (5) та визначено похибку між фактичним споживанням нафти і розрахованою потребою з урахуванням зміни цін на нафту за той самий період. Коефіцієнт еластичності енергоспоживання по доходах – α взято за розрахунками [9] ($\alpha_1 = 0,6$; $\alpha_2 = 0,9$). Найкращий результат з двох варіантів дає $\alpha_1 = 0,6$.

Також було досліджено величину коефіцієнта цінової еластичності – β , який розраховано за формулою [10]:

$$\beta = \frac{P_1 - \frac{P_2}{C_1} + P_2}{C_1 - \frac{C_2}{C_1} - C_2}, \quad (7)$$

де P_1, P_2 – попит на енергоресурс у попередньому і поточному роках; C_1, C_2 – ціни на енергоресурс у попередньому і поточному роках.

Визначальними факторами ринкової економіки є: вартість товару та співвідношення попиту і пропозиції, зумовлене, передусім, споживною вартістю товару. Таку залежність коливань ринкової ціни наведено на рис. 2. Зміни ціни на нафту C відбуваються навколо значень суспільної вартості нафти – прямої B .

Значення відхилення кривої C від прямої B ($+\Delta$ або $-\Delta$), тобто відхилень ціни від вартості на нафту, зумовлюється відхиленням кількісного обсягу споживних вартостей на ринку (крива C) відносно прямої P , що визначає платоспроможний попит на нафту. Значення кількісного надлишку « $+\Delta$ » над кривою C показує, що під час зростання ціни на нафту попит на ринку знижується, а « $-\Delta$ » – навпаки, тобто при зменшенні ціни на нафту зростає попит.

Серед основних факторів, що визначають еластичність попиту на ПЕР за ціною, можна виділити два найвпливовіших: наявність і доступність самих товарів та їх заміників на ринку (якщо не існує гідних заміників будь-якого товару, то ризик зниження попиту внаслідок появи його аналогів мінімальний) та інфляційні процеси в економіці.

Нафта має небагато товарів гідних заміників (зокрема, газовий конденсат), тому цінова еластичність нафти досить низька. З рис. 2, на якому зображено дві криві, видно, що збільшення ціни від C_1 до C_2 приводить до відносно слабкого падіння попиту. Показник цінової еластичності нафти, розрахований за формулою (7), у 2008–2009 рр. становив 0,99; у 2009–2010 рр. – 1,04. Цінова еластичність попиту на нафту у точці короткострокової рівноваги (2008 р.) становила 0,05.

Розраховані значення свідчать про те, що попит на нафту не є еластичним до ціни, тому,



Рис. 2. Графічна залежність попиту на нафту від ціни для визначення цінової еластичності

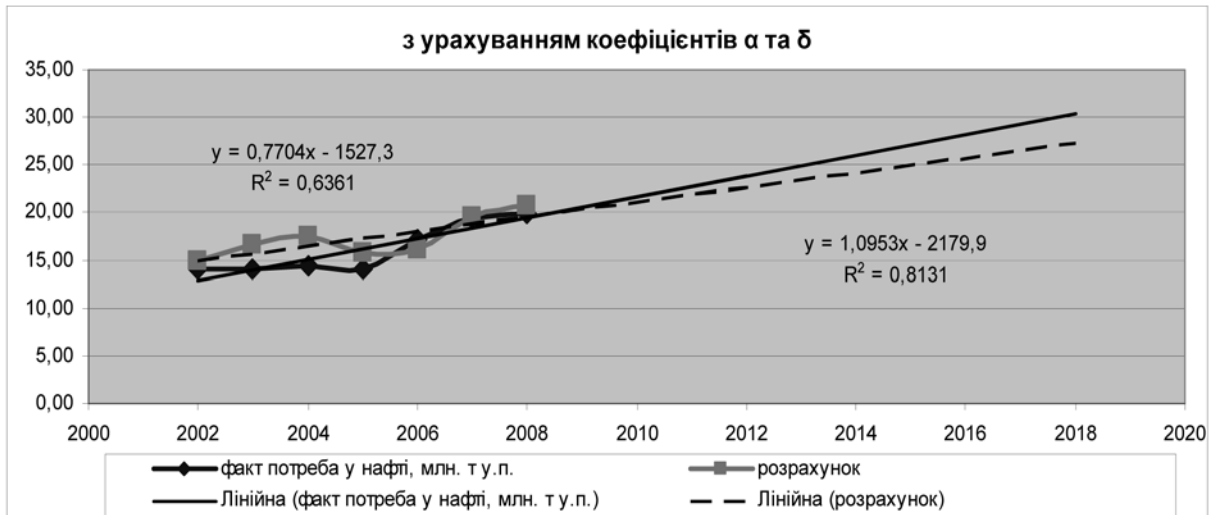


Рис. 3. Фактична і розрахункова потреба у сирої нафті (млн т) та відповідні тренди на перспективу з урахуванням коефіцієнтів $\alpha_1 = 0,6$ і $\delta = 0,12$

на нашу думку, має бути інший показник, що враховує вплив підвищення цін на нафту на обсяги її прогнозного споживання. Тому ми пропонуємо замінити β коефіцієнтом споживної вартості, що визначає здатність товару або послуги задовольняти певні потреби і розраховується за формулою [11]:

$$\delta = \frac{P_i^t - P_i^\delta}{P_i^t} / \frac{C_i^t - C_i^\delta}{C_i^t}, \quad (8)$$

де $P_i^t = e^{\delta_{ВВП_i}} \cdot V_{ВВП}^t$.

Коефіцієнт споживної вартості для нафти, розрахований за формулою (8), за період 2002–2008 рр. становив величину $\delta = 0,12$ (див.

рис. 3). Цей коефіцієнт розраховано нами з урахуванням зміни фактичних світових цін на сиру нафту (з 28,5 дол. США/бар. у 2000 р. до 78,2 дол. США/бар. у 2010 р.) і фактичних обсягів споживання нафти (13,8–19,9 млн т/рік). Урахування двох коефіцієнтів: еластичності по доходах (α) і споживної вартості (δ) дає функціональну залежність, наведену на рис. 3. Як видно з цього графіка, попит на сиру нафту (потреба) в Україні буде збільшуватись при заданому темпі зростання ВВП та ціни (за темпами ретроспективного періоду) до 32 млн т/рік у 2020 р.

Аналогічно виконано дослідження з розрахунку потреби у природному газі за ретроспективу і обчислено показник споживної вартості

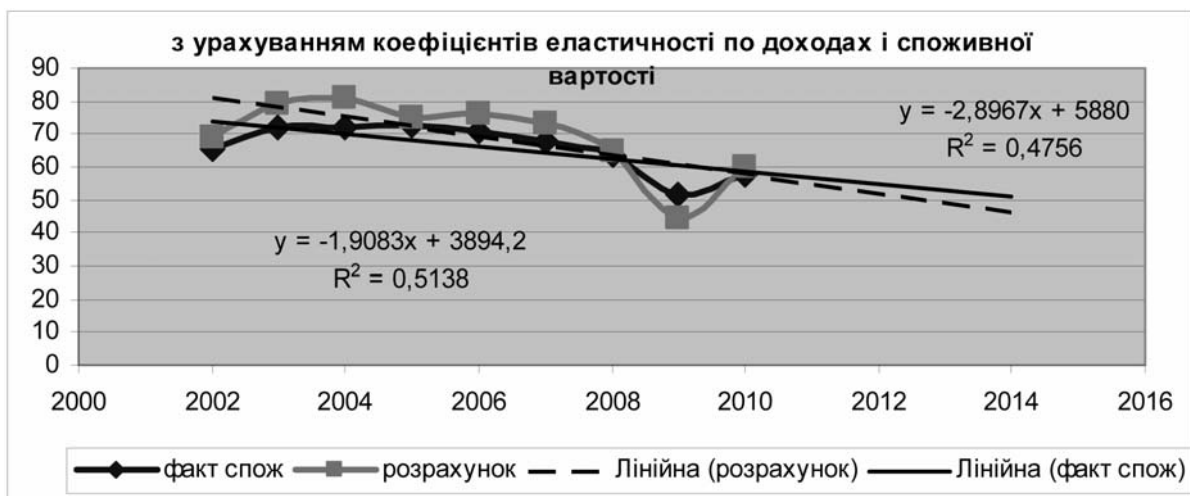


Рис. 4. Фактична і розрахункова потреба у природному газі (млрд м³) на перспективу з урахуванням коефіцієнтів еластичності по доходах – $\alpha_1 = 0,6$ і споживної вартості – $\delta = 0,32$

$\delta = 0,32$. Отриману розрахункову залежність прогнозного попиту (потреби) на природний газ з урахуванням коефіцієнтів еластичності по доходах ($\alpha_1 = 0,6$) і споживної вартості ($\delta = 0,32$) показано на рис. 4.

Графіки залежностей, наведених на рис. 4, вказують на тенденцію до зниження споживання природного газу до 50 млрд м³ вже у 2016 р. при заданих темпах зміни ВВП та ціни (взятих за темпами ретроспективного періоду за 2001–2008 рр.).

Останній добуток формули (3) – врахування потенціалу енергозбереження – пропонується розраховувати за іншим методичним підходом (рис. 1) [6]. Припускаючи, що попит не враховує обсягів енергозбереження, формула (3) набуде вигляду:

$$P_j^t = P_j^\delta \left(\frac{V_{ВВП}^t}{V_{ВВП}^\delta} \right)^\alpha \left(\frac{C_j^t}{C_j^\delta} \right)^\delta, \quad (9)$$

де P_j^t та P_j^δ – попит на j -й вид енергоресурсу, відповідно, у t -му і базовому роках; $V_{ВВП}^t$ та $V_{ВВП}^\delta$ – валовий внутрішній продукт у прогнозованому та базовому роках; t – прогнозований рік, δ – базовий рік; C_j^t та C_j^δ – ціни на j -й вид енергоресурсу, відповідно, у рік t та δ ; α – еластичність енергоспоживання по доходах; δ – коефіцієнт споживної вартості.

Прогнозні рівні енергоспоживання з урахуванням попиту та загального потенціалу енергозбереження (від структурних і технологічних змін у виробничій і соціальній сфері) будемо визначати за виразом:

$$E_j^t = P_j^\delta \left(\frac{V_{ВВП}^t}{V_{ВВП}^\delta} \right)^\alpha \left(\frac{C_j^t}{C_j^\delta} \right)^\delta - \Delta\Pi_{стр}^t - \sum_i \gamma_m \Delta\Pi_{тех_m} - \sum_q \gamma_{соц} \Delta\Pi_{тех_соц}, \quad (10)$$

де друга, третя і четверта складова формули (10) – відповідно, потенціал енергозбереження від структурних змін в економіці, економічно доцільний технологічний потенціал енергозбереження у виробничій та соціальній сферах країни.

ВИСНОВКИ

Таким чином, врахування цінового фактора при прогнозуванні рівнів споживання енергоресурсів на прикладі нафти і природ-

ного газу показало, що коефіцієнт цінової еластичності вибраних видів палива за останні роки був близьким до одиниці й суттєво не впливав на визначення обсягів їх прогнозного попиту. Тому у роботі запропоновано замінити коефіцієнт цінової еластичності коефіцієнтом споживної вартості, який корегує величину прогнозного попиту на більш реальні обсяги прогнозованого споживання видів палива. Запропонований підхід є доцільним лише на короткострокову перспективу до 1–5 років, оскільки потребує прогнозу цін на енергоресурси, який на дальню перспективу достовірним бути не може.

1. *Оптимизация республиканского топливно-энергетического комплекса и его отраслевых систем* / М.Н. Кулик, А.И. Юфа, В.Н. Дунаев и др. ; под ред. В.Е. Тонкаля. – К.: Наукова думка, 1992. – 216 с.
2. *Гнідий М.В.* Прогноз споживання електричної енергії в економіці України на період до 2030 року / М.В. Гнідий, Т.П. Агеєва // Тези доповідей XII Міжнародної конференції «Ресурсоенергозбереження у ринкових відносинах». – К. : НДЦ «Нафтохім», 2005. – С.17–20.
3. *Гнідий М.В.* Прогнозування енергоспоживання в процесах нафтопереробки / М.В. Гнідий, О.Є. Малярєнко /Тези доповідей XII Міжнародної конференції «Ресурсоенергозбереження у ринкових відносинах». – К. : НДЦ «Нафтохім», 2005. – С.21–27.
4. *Костюковский Б.А.* Теоретико-методологические основы прогнозирования развития энергетики в условиях либерализации и глобализации мировой экономики и интернационализации экологических ограничений / Б.А. Костюковский, Е.А. Рубан-Максимец, Д.П. Сас, М. В. Парасюк // Проблемы загальної енергетики. – 2009. – №19. – С. 31–38.
5. *Создание* потенциала устойчивого энергетического развития //Материалы МАГАТЭ.
6. *Гнедой Н.В.* Энергоэффективность и определение потенциала энергосбережения в нефтепереработке / Н.В. Гнедой, Е.Е. Малярєнко. – К.: Наукова думка, 2008. – 182 с.

7. Білодід В.Д. Показники енергетичної ефективності для оцінки інновацій у промислових технологіях / В.Д. Білодід, О.Є. Маляренко, В.В. Станиціна // Проблеми загальної енергетики. – 2009. – №20. – С. 45–50.
8. Подолець Р.З. Ефективність та оптимізація енергетичного балансу України: Автореф. дис. ... канд. екон. наук.– Київ: Інститут економіки та прогнозування НАН України, 2005. – 20 с.
9. Лір В.Е. Економічний механізм реалізації політики енергоефективності в Україні /

В.Е. Лір, У.Є. Письменна. – Київ: Інститут економіки та прогнозування НАН України, 2010. – 208 с.

10. Філімоненко О.С. Фінанси підприємств. Навчальний посібник. – К.: Ельга. Ніка-Центр, 2002. – 359 с.

11. Енергетичний баланс України: моделювання і прогнозування: / Р.З. Подолець. – Київ: Інститут економіки та прогнозування НАН України, 2007. – 173 с.

Надійшла до редакції 31.05.2012 р.