

УДК 620.9

**Олена Маляренко**, к.т.н., ст. н. співр., <https://orcid.org/0000-0001-5882-916X>  
Інститут загальної енергетики НАН України, вул. Антоновича, 172, Київ, 03150, Україна  
e-mail: [info@ieenergy.kiev.ua](mailto:info@ieenergy.kiev.ua)  
Автор-кореспондент: [malyarenlena@gmail.com](mailto:malyarenlena@gmail.com)

## ПРОГНОЗ СПОЖИВАННЯ НАФТОПРОДУКТІВ В УКРАЇНІ ЗА ОСНОВНИМИ ВИДАМИ ЕКОНОМІЧНОЇ ДІЯЛЬНОСТІ

**Анотація.** У статті представлено математичну модель прогнозування попиту на нафтопродукти комплексним методом з виділенням особливостей збору та підготовки вихідних даних для прогнозування їх споживання. Математична модель дозволяє прогнозувати споживання нафтопродуктів у країні (TOP-рівень) та видах економічної діяльності (DOWN-рівень) для транспортних перевезень та на перетворення в електричну та теплову енергію. Метою дослідження є обчислення прогнозу нафтопродуктів для подальшого складання балансу нафтопродуктів, уточнення методичних підходів з формування вихідних даних та прогновної оцінки потреби нафтопродуктів в енергетичному секторі за умови руйнування енергетичних об'єктів внаслідок військових дій росії проти України. Відзначено доцільність прогнозування загального обсягу споживання нафтопродуктів по країні та укрупнених видах економічної діяльності, оскільки структура споживання нафтового палива значно змінюється в залежності від цін на його види та доступні транспортні засоби. Для прогнозування нафтопродуктів на TOP та DOWN рівнях використано нормативний метод. Отримані на двох рівнях прогнози при значних розходженнях результатів звичайно узгоджувались за векторним методом Кулика. Оскільки форма статистичної звітності за видами економічної діяльності за 2020 р. Держстатом не надана, вихідні дані по секторам економіки формувались із Енергетичного балансу України за 2020 р. Тому отримані прогнози мають збіжність близько 1% і не потребують узгодження. Обчислено варіанти прогнозного попиту на нафтопродукти разом до 2040 р. на рівнях країни і видів економічної діяльності за різних структур економіки: базового 2020 р. та прогновної. Оцінено структурний і технологічний потенціали енергозбереження при споживанні нафтопродуктів. Очікується збільшення споживання нафтопродуктів в енергетичному секторі для відновлення економіки країни у повоєнний період.  
**Ключові слова:** прогноз, споживання, нафтопродукти, структура економіки, потенціал енергозбереження.

### 1. Вступ

Забезпечення економіки країни нафтопродуктами має величезне значення, оскільки транспортний сектор будь-якої країни, сільськогосподарська техніка поки що споживають в основному бензин, дизельне паливо, гас, зріджений газ, тобто нафтопродукти. При нестачі природного газу в холодний зимовий період в котельнях та на теплових електростанціях може застосовуватись мазут або дизельне паливо як резервні. На електростанціях, що спалюють вугілля, мазут використовують також як додаткове більш калорійне паливо при пусках котельних агрегатів. Тому сфери застосування нафтопродуктів – це транспортний сектор, сільське господарство, енергетичний сектор та промислова енергетика.

Згідно з даними [1] протягом 2014-2020 рр. в Україні знизилось споживання паливних мазутів з 0,1 до 0,09 млн т та бензину (у т.ч. реалізованому

через АЗС) з 3,1 до 1,8 млн т, проте зросло споживання дизельного пального (у т.ч. проданого на АЗС) з 5,4 до 6,1 млн т та скрапленого газу (з урахуванням продажу через АЗС) протягом 2017–2020 рр. з 0,9 до 1,3 млн т. Очевидно, що це обумовлено високою ціною та доступністю купівлі вживаних автомобілів з Європи на дизелі.

За даними Державної служби статистики України загальне споживання нафтопродуктів в Україні зросло, а сирової нафти на переробку значно знизилось [2]. Згідно з даними [3], експорт продуктів нафтопереробки з України в січні-червні 2021 року збільшився в 1,8 рази – до 203 тис. т, у порівнянні з аналогічним періодом 2020 року. За даними цього ж джерела, в січні-червні 2021 р. на зовнішні ринки було відправлено 126,1 тис. т мазуту. З цього обсягу 114,7 тис. т припало на ресурс Кременчуцького НПЗ і 11,4 тис. т – на поставки державної компанії «Укргазвидобування». За підсумком червня 2021 р. на зовнішні ринки було відправлено 34,5 тис. т, що в тричі більше

© О. МАЛЯРЕНКО, 2022

більше показника червня 2020 р. Через початок повномасштабних воєнних дій загальний експорт товарів з України скоротився удвічі [4]. З даних по споживанню нафтопродуктів, приведених у продуктових балансах [5], структура їх споживання мінялась в залежності від зростання цін на пальне. Подорожчання бензинів стимулювало ввезення в Україну автотранспорту на дизелі та модернізацію двигунів з переходом з бензину на скраплений газ. Виходячи зі складної прогнозованості зміни цін на окремі види пального в статті розглянуто обсяги споживання нафтопродуктів разом в Україні та за видами економічної діяльності з урахуванням очікуваних змін у структурі економіки та невеликих обсягах енергозбереження, що в основному враховують зниження питомих витрат палива на виробництво електроенергії на ТЕС і ТЕЦ, втрат при транспортуванні та розподіленні нафтового палива. Попередній прогноз нафтопродуктів виконувався у 2015 р. та наведений у публікації [6]. Порівняння точності прогнозів із фактичними даними за 2020 р. з Енергетичному балансу за 2020 р. [5] показало, що похибку при прогнозуванні до 10% мають секція «Переробна промисловість», 11,8% «Транспорт», 14,8–16,8% по країні, а решта секцій економіки – суттєве розходження. Зрозуміло, що пандемія корона вірусу значно вплинула на економічні показники по всьому світу, тому доцільність перегляду прогнозів, виконаних більше 5 років тому, є очевидною. Воєнні дії в Україні після 24 лютого 2022 р. внесли значні корективи в обсяги споживання нафтопродуктів за напрямками використання, але статистична звітність з цих питань поки що відсутня.

## 2. Мета дослідження та використані методи прогнозування

Метою дослідження є обчислення прогнозу споживання нафтопродуктів для подальшого складання балансу нафтопродуктів, уточнення методичних підходів з формування вихідних даних та прогнозу оцінки потреби нафтопродуктів в енергетичному секторі за умови руйнування енергетичних об'єктів внаслідок військових дій росії проти України.

Проблемами прогнозування енергоспоживання присвячені роботи багатьох українських вчених, зокрема Кулика М.М., Піриашвілі Б.З., Розена В.П., Касьянкової Н.В., Подольця Р.З., Ліра В.Е., Нечаєвої Т.П., Лещенко І.Ч. та ін. [7–13].

В останні роки в інституті загальної енергетики НАН України акад. Куликом М.М. був розроблений та набув подальшого розвитку в роботах відділу ефективності енерговикористання та оптимізації енергоспоживання комплексний ме-

тод прогнозування попиту на енергетичні ресурси [14]. Цей метод має ще назву двоетапний, оскільки передбачає прогнозування енергоспоживання відомими методами (зазвичай нормативним або методом прямого рахунку) одночасно на двох ієрархічних рівнях економіки TOP та DOWN з подальшим узгодженням отриманих прогнозів векторним безітераційним методом Кулика [15]. Для прогнозування нафтопродуктів на двох рівнях використовувався нормативний метод. Потреба в узгодженні виникає при значній розбіжності статистичних даних по країні та видах економічної діяльності. Оскільки форма статистичної звітності 4-МТП за видами економічної діяльності за 2020 р. Державною службою статистики не надана, вихідні дані по секторам економіки формувались із Енергетичного балансу України за 2020 р. Потрібно зауважити, що Енергетичний баланс та продуктовий по нафтопродуктах мають відмінності у приведених даних, тому дані по країні та секторах брались з одного джерела – Енергетичного балансу України за 2020 р.

## 3. Математична модель прогнозування попиту на нафтопродукти

Для визначення прогнозного попиту на нафтопродукти можливо використовувати два підходи: окремо визначати попит на кожний з видів нафтопродуктів, а потім їх підсумовувати в однакових одиницях, як в енергетичному балансі за форматом Євростату, а можна зразу визначати попит на нафтопродукти разом, оскільки сумарна величина споживання нафтопродуктів є досить сталою, а змінюється лише структура споживання, особливо моторних палив, на що впливає в основному ціна на пальне. В цій роботі використано другий підхід.

На DOWN-рівні споживання нафтопродуктів обчислюється за двома напрямками використання: для транспортних потреб (спалювання у двигунах внутрішнього згоряння) та на перетворення в інші види енергії (електрику, тепло). Для  $i$ -их секцій економіки, в яких нафтопродукти використовуються за першим напрямом – транспортні потреби: сільське господарство, транспорт, частково всі види економічної діяльності за класифікатором (КВЕД), де є транспортні перевезення, прогноз споживання  $j$ -их нафтопродуктів визначається за формулою:

$$E_{грj}^i = \sum_i e_{ВДВ_j}^{\delta} V_{ВДВ_i}^i \mp \sum_i \Delta e_{ВДВ_j}^{\delta-i} V_{ВДВ_i}^i - \sum_i \Delta e_{ВДВ_j}^i V_{ВДВ_i}^i \pm E_{замj}^i \quad (1)$$

де  $e_{ВДВ_j}^{\delta}$  – енергоемність ВДВ  $i$ -ої секції економіки за  $j$ -им видом нафтопродукту у базовому році, кг н.е./грн;  $V_{ВДВ_i}^i$  – прогнозний обсяг ВДВ  $i$ -ої секції

економіки у  $t$ -му році у постійних цінах (приведених до цін базового року) згідно з [16], тис. грн.;  $\sum_i \Delta e_{ВДВ_j}^{\delta-t} \cdot V_{ВДВ_i}^t$  – сумарне зниження або збільшення енергоспоживання  $j$ -го виду нафтопродукту у  $t$ -му році шляхом зміни структури економіки та структури її секторів [17], кг н.е./грн;  $\sum_i \Delta e_{ВДВ_j}^t \cdot V_{ВДВ_i}^t$  – зниження споживання  $j$ -го виду нафтопродукту у  $t$ -му році шляхом технологічних змін, кг н.е./грн, [18];  $E_{зам_j}^t$  – обсяги заміщення  $j$ -го виду нафтопродукту іншими видами палива у  $t$ -му році, тис. т н.е. [18].

Потенціал енергозбереження від структурного фактору при визначенні прогнозного попиту для всіх видів нафтопродуктів обраховувався за зміною структури економіки в прогнозних роках. Обчислення технологічного потенціалу енергозбереження для кожного укрупненого ВЕД враховує скорочення споживання нафтопродуктів внаслідок зниження втрат при зберіганні, транспортуванні та розподіленні нафтопродуктів.

Для  $i$ -их секцій економіки за КВЕД, де переважно використовують нафтопродукти для перетворення в інші види енергії в енергетичних установках: секція D «Постачання електроенергії, газу, пари та кондиційованого повітря», С «Переробна промисловість», частково інші секції, прогнозні рівні споживання  $j$ -их нафтопродуктів визначаються в залежності від прогнозованої структури електро- та теплогенерувальних джерел та прогнозованої потреби економіки в електричній та тепловій енергії [19, 20]:

$$E_{інер_j}^t = \sum_j \left( \sum_f B_{елф_j}^t + \sum_m B_{тепmj}^t + B_{інj}^t \right) = k_{f_j} W_f^t b_{елj}^t + k_{mj} Q_m^t b_{тепj}^t + \sum k_{інj} B_{інj}^t, \quad (2)$$

де  $B_{елф_j}^t$  – витрати  $j$ -го виду нафтопродукту (дизельне паливо, мазут) на електрогенерацію  $f$ -го

типу (ТЕС, ТЕЦ, ін. електрогенератори на нафтовому паливі) у прогнозованому році  $t$ ;  $B_{тепmj}^t$  – витрати  $j$ -го виду нафтопродукту на теплогенерацію  $m$ -го типу (ТЕЦ, теплоцентралі, ін. теплогенератори на нафтовому паливі) у прогнозованому році  $t$ ;  $B_{інj}^t$  – інші потреби в  $j$ -их нафтопродуктах у секціях економіки;  $k_{f_j}$  – частка електроенергії, що вироблена електрогенерувальними потужностями з використанням  $j$ -го нафтового палива;  $W_f^t$  – обсяг електроенергії-брутто, виробленої електрогенерувальними потужностями  $f$ -го типу у році  $t$  за прогнозованою потребою електроенергії;  $b_{елj}^t$  – питомі витрати  $j$ -го виду нафтового палива на виробництво електроенергії в енергосистемі у  $t$ -му році;  $k_{mj}$  – частка теплової енергії, що вироблена теплогенерувальними потужностями з використанням  $j$ -го виду нафтового палива;  $Q_m^t$  – обсяг теплової енергії, виробленої теплогенеруючими потужностями  $m$ -го типу у  $t$  році за прогнозованою потребою теплової енергії;  $b_{тепj}^t$  – питомі витрати  $j$ -го виду палива на виробництво теплової енергії в системі централізованого тепlopостачання у  $t$ -му році;  $k_{інj}$  – частка  $j$ -го виду нафтового палива, що використана у секціях на інші потреби;  $B_{інj}^t$  – витрата нафтового палива на інші потреби у секціях у  $t$ -му році.

У виробництві «Переробка нафти» враховуються лише нафтопродукти (мазут, нафтозаводський газ), що спалюються у нагрівальних печах нафтопереробних заводів. Обсяги переробки сирової нафти мають враховуватись при визначенні потреби у нафті. Це окремий прогноз.

Сумарне споживання нафтопродуктів на нижньому рівні (укрупнені секції економіки) включає суму споживання за рівнянням (1) та (2):

$$E_{DOWN}^t = \sum_i \sum_j E_{гр_j}^t + \sum_i \sum_j E_{інер_j}^t. \quad (3)$$

Результати розрахунків за приведеним алгоритмом наведено у табл. 1.

**Таблиця 1.** Прогноз споживання нафтопродуктів за ВЕД до 2040 року (DOWN-рівень) за оновленим прогнозом ВДВ\* у постійних цінах 2016 р., тис. т н.е.

**Table 1.** Forecast of consumption of petroleum products by Type of economic activity until 2040 (DOWN level) according to the updated forecast of GVA at constant prices of 2016, thousand tons of oil

Показники	2015** факт	2020 факт	2025	2030	2035	2040
<b>Сільське господарство, лісове господарство та рибне господарство</b>						
Прогноз ВДВ за структурою економіки 2020 р. у цінах 2016 р., млрд грн	263,04	266,03	343,90	435,10	521,80	590,30
Прогноз ВДВ при структурних змінах у цінах 2016 р., млрд грн	263,04	266,03	317,00	451,70	597,70	681,60

Прогноз споживання нафтопродуктів за секцією, тис т						
I Споживання за структурою економіки. та нафтоємністю 2020 р.	1278,00	1016,00	1313,40	1661,71	1992,83	2254,44
II Споживання при структурних змінах в економіці та нафтоємністю 2020 р.	1278,00	1016,00	1210,67	1725,11	2282,70	2603,13
Економія та Перевитрати за рахунок структурних змін в економіці	0,00	0,00	102,74	-63,40	-289,87	-348,69
Технологічний потенціал енергозбереження	0,00	0,00	13,13	33,23	59,78	112,72
III.I Споживання з урахуванням технологічного потенціалу енергозбереження та при структурі 2020 р.	1278,00	1016,00	1300,27	1628,48	1933,00	2141,72
III.II Споживання при структурних і технологічних змінах	1278,00	1016,00	1197,54	1691,87	2222,92	2490,41
<b>Добувна промисловість та розроблення кар'єрів</b>						
Прогноз ВДВ за структурою економіки 2020 р. у цінах 2016 р., млрд грн	94,80	120,58	181,60	229,80	275,50	311,70
Прогноз ВДВ при структурних змінах у цінах 2016 р., млрд грн	94,80	120,58	153,90	163,60	172,80	158,50
Прогноз споживання нафтопродуктів за секцією, тис т						
I За структурою економіки та нафтоємністю 2020 р.	321,00	127,00	191,28	242,00	290,18	328,31
II При структурних змінах в економіці та нафтоємністю 2020 р.	321,00	127,00	162,10	172,32	182,00	166,94
Потенціал енергозбереження при структурних змінах	0,00	0,00	29,18	69,73	108,17	161,36
Технологічний потенціал енергозбереження	0,00	0,00	5,74	12,10	20,31	32,83
III.I Споживання з урахуванням технологічного потенціалу енергозбереження та при структурі 2020 р.	321,00	127,00	185,54	229,94	269,87	295,48
III.II Споживання при структурних і технологічних змінах	321,00	127,00	156,36	160,21	161,69	134,11
<b>Переробна промисловість</b>						
Прогноз ВДВ за структурою економіки 2020 р. у цінах 2016 р., млрд грн	239,10	292,88	372,40	471,20	565,00	693,30
Прогноз ВДВ при структурних змінах у цінах 2016 р., млрд грн	239,10	292,88	289,30	331,00	364,20	401,50
Прогноз споживання нафтопродуктів за секцією, тис т						
I За структурою економіки та нафтоємністю 2020 р. (без обсягів перетворення)	1358,00	1570,00	1996,29	2525,91	3028,74	3427,03
II При структурних змінах в економіці та нафтоємністю 2020 р. (без обсягів перетворення)	1358,00	1570,00	1550,82	1774,36	1952,33	2152,28
Потенціал енергозбереження при структурних змінах	0,00	0,00	445,47	751,56	1076,41	1274,75

Технологічний потенціал енергозбереження	0,00	0,00	99,81	176,81	302,87	514,00
III.I Споживання за структурою економіки 2020 р. та з технологічним потенціалом енергозбереження	1358,00	1570,00	1896,47	2349,10	2725,86	2912,97
III.II Споживання при структурних і технологічних змінах в економіці	1358,00	1570,00	1451,00	1597,54	1649,45	1638,22
<b>Постачання електроенергії, газу, пари та кондиційованого повітря; Водопостачання; каналізація, поводження з відходами</b>						
Прогноз ВДВ за структурою економіки 2020 р. у цінах 2016 р., млрд грн	83,09	56,7	96,5	122,0	146,3	165,6
Прогноз ВДВ при структурних змінах у цінах 2016 р., млрд грн	83,09	56,7	110,8	148,0	182,1	211,3
Прогноз споживання нафтопродуктів за секцією, тис т						
<i>Власне споживання енергетичним сектором без урахування обсягів нафтопродуктів на перетворення, тис. т</i>						
I За структурою економіки та нафтоємністю 2020 р. (власні потреби)	121,00	36,00	61,25	77,44	92,86	105,12
II При структурних змінах в економіці та нафтоємністю 2020 р. (власні потреби)	121,00	36,00	70,33	93,94	115,59	134,12
Потенціал енергозбереження при структурних змінах	0,00	0,00	-9,10	-16,50	-22,72	-29,00
<i>Потреба на перетворення, тис. т</i>						
Потреба для ТЕС	127,00	27,00	93,80	90,00	45,00	25,00
Технологічний потенціал енергозбереження при виробництві електроенергії на ТЕС	0,00	0,00	0,67	1,00	1,10	1,45
Потреба для ТЕЦ, в т. числі	158,00	57,00	176,00	150,00	100,00	50,00
-на виробництво електроенергії (0,328)	51,80	18,70	57,73	49,20	32,80	16,40
-на виробництво теплової енергії (0,672)	106,18	38,30	118,27	100,80	67,20	33,60
Технологічний потенціал енергозбереження при виробництві електроенергії на ТЕЦ	0,00	0,00	3,24	4,88	5,31	6,99
Сумарний технологічний ПЕЗ при виробництві електроенергії на ТЕС і ТЕЦ	0,00	0,00	3,91	5,88	6,42	8,44
Сумарна потреба у нафтопродуктах на виробництво електроенергії на ТЕС і ТЕЦ з урахуванням технологічного потенціалу енергозбереження	178,8	45,70	147,56	133,32	71,38	32,96
Потреба у нафтопродуктах на виробництво теплової енергії в котельних	141,00	34,00	58,00	48,00	40,00	30,00
Сумарна потреба у нафтопродуктах на виробництво теплової енергії на ТЕЦ і в котельних	247,18	72,30	176,14	148,80	107,20	63,60
Інші підприємства з перетворення	3,00	10,00	77,20	60,00	30,00	10,00

Разом потреба у нафтопродуктах для виробництва енергоносіїв (разом перетворення)	429,00	128,00	400,89	342,12	208,58	106,56
I. Споживання за структурою економіки 2020 р. та на перетворення в енергетичному секторі	550,00	164,00	462,15	419,56	301,45	211,67
II. Споживання за структурних змін та на перетворення в енергетичному секторі	550,00	164,00	471,23	436,10	324,17	240,68
III.I Споживання за структури 2020 р., на перетворення та технологічних змін	550,00	164,00	458,24	413,68	295,00	203,23
III.II Споживання за структурних змін, на перетворення та технологічних змін	550,00	164,00	467,32	430,19	317,76	232,24
<b>Транспорт, складське господарство, поштова та кур'єрська діяльність</b>						
Прогноз ВДВ за структурою економіки 2020 р. у цінах 2016 р., млрд грн	131,2	143,90	205,70	260,30	312,20	353,20
Прогноз ВДВ при структурних змінах у цінах 2016 р., млрд грн	131,2	143,90	215,4	307,6	387,6	428,0
Прогноз споживання нафтопродуктів за секцією, тис т						
I За структурою економіки та нафтоємністю 2020 р.	6302,0	6842,0	9778,43	12373,97	14841,15	16790,18
II При структурних змінах в економіці та нафтоємністю 2020 р.	6302,0	6842,0	10239,54	14622,48	18425,47	20345,98
Перевитрати за рахунок збільшення частки ВДВ в економіці	0,00	0,00	-461,11	-2248,52	-3584,31	-3555,79
Технологічний потенціал енергозбереження	0,00	0,00	205,26	410,52	547,36	684,20
III.I Споживання за структури 2020 р., на перетворення та технологічних змін	6302,0	6842,0	9573,17	11963,45	14293,79	16105,98
III.II Споживання за структурних змін, на перетворення та технологічних змін	6302,0	6842,0	10034,28	14211,96	17878,11	19661,78
<b>Інші ВЕД</b>						
Прогноз ВДВ за структурою економіки 2020 р. у цінах 2016 р., млрд грн	916,8	1256,00	1415,50	1791,10	2147,90	2430,10
Прогноз ВДВ при структурних змінах у цінах 2016 р., млрд грн	916,8	1256,00	1569,6	2021,00	2442,30	2816,10
Прогноз споживання нафтопродуктів за секцією, тис. т						
I За структурою економіки та нафтоємністю 2020 р.	253,00	159,00	179,19	226,73	271,90	307,62
II При структурних змінах в економіці та нафтоємністю 2020 р.	253,00	159,00	198,69	255,84	309,17	356,49
Перевитрати за рахунок збільшення частки ВДВ в економіці	0,00	0,00	-19,51	-29,10	-37,27	-48,86
Технологічний потенціал енергозбереження	0,00	0,00	4,77	9,54	12,72	15,90
III.I Споживання за структури 2020 р., на перетворення та технологічних змін	253,00	159,00	174,42	217,19	259,18	291,72

III. II Споживання за структурних змін, на перетворення та технологічних змін	253,00	159,00	193,92	246,30	296,45	340,59
<b>Разом за ВЕД</b>						
Сумарний прогноз споживання нафтопродуктів за секціями, тис. т						
I За структурною економіки та нафтоємністю 2020 р.	10062,0	9878,0	12024,26	15100,83	18000,39	20406,28
II При структурних змінах в економіці та нафтоємністю 2020 р.	10062,0	9878,0	13733,23	18809,35	23172,98	25351,44
III. I Споживання за структури 2020 р., на перетворення та технологічних змін	10062,0	9878,0	11791,45	14629,56	17353,79	19552,19
III. II Споживання за структурних змін, на перетворення та технологічних змін	10062,0	9878,0	13500,43	18338,10	22526,38	24497,35

\*Прогноз ВДВ у постійних цінах 2016 р. виконано канд. техн. наук Майстренко Н.Ю. в публікації [21].

\*\*ВДВ за 2015 р. надано у цінах 2015 р.

Потрібно зауважити щодо формування прогнозу споживання нафтопродуктів для енергетичного сектору. Оскільки існуючі прогнозні структури електро- і теплогенерувальних потужностей потребують перегляду внаслідок руйнувань діючих енергетичних об'єктів від ракетних обстрілів, для визначення прогнозного тренду були проаналізовані обсяги споживання нафтопродуктів за окремими напрямками за енергетичними балансами України за 2015-2020 рр. (таблиця 2).

Як видно з таблиці 2, нафтопродукти використовувались за минулий період як паливо-замінник, особливо це видно з динаміки споживання нафтопродуктів на ТЕС. Враховуючи невизначеність із обсягами поставок імпортного газу, можна очікувати зростання у 2025 р. споживання нафтопродуктів в енергетичному секторі. В усякому разі бажано мати такий резерв. Тому за прогнозні потреби нафтопродуктів на перетворення

на теплових електростанціях, теплоелектроцентралях та в котельних й інших підприємствах прийнято на 2025 р. середню за 5 років величину споживання нафтопродуктів із подальшим зниження попиту на них до рівня 2020 р.

Обчислення прогнозних рівнів споживання нафтопродуктів для рівня країни (ТОР-рівень)  $E_{Tj}^t$  виконується за прогнозними показниками енергоємності ВДВ країни та обсягів ВДВ країни:

$$E_{Tj}^t = e_{ВДВ_{Tj}}^{\delta} V_{ВДВ_{Tj}}^t \mp \Delta e_{ВДВ_{Tj}}^{\delta-t} V_{ВДВ_{Tj}}^t - \sum_{i=1}^I \Delta e_{ВДВ_{Tj}}^t V_{ВДВ_{Tj}}^t \pm \sum E_{замj}^t, \quad (4)$$

де  $e_{ВДВ_{Tj}}^{\delta}$  – енергоємність ВДВ  $j$ -го виду нафтопродукту на рівні країни у базовому  $\delta$  році;  $V_{ВДВ_{Tj}}^t$  – прогноз обсягів ВДВ країни, створених при  $s$ -ій прогнозній структурі економіки у  $t$ -му році;  $\Delta e_{ВДВ_{Tj}}^{\delta-t}$  – зміна енергоємності ВДВ країни  $j$ -го виду нафтопродукту у прогнозному році за структурної перебудови економіки відносно

**Таблиця 2.** Аналіз споживання нафтопродуктів на перетворення в енергетичному секторі за ретроспективний період, тис. т н.е.

**Table 2.** Analysis of the consumption of petroleum products for transformation in the energy sector for the retrospective period, thousand tons of oil.

Потреба	2015 р.	2017 р.	2018 р.	2019 р.	2020 р.	Середня за 5 років
ТЕС	127	64	132	119	27	94
ТЕЦ	158	471	156	37	57	176
Котельні	141	46	37	32	34	58
Інші підприємства з перетворення	3	120	118	135	10	77
Разом на перетворення	429	701	443	323	128	346,6

структури базового року;  $\Delta e_{ВДВ_{sj}}^i$  – зміна енергоємності ВДВ країни  $j$ -го виду нафтопродукту у прогнозованому році за технологічної перебудови економіки;  $E_{замj}^i$  – обсяги заміщення  $j$ -го виду нафтопродукту іншими видами палива внаслідок його дефіциту або високої ціни.

До рівняння (4) для вибору прогнозованої структури додається умова по енергоємності ВДВ країни:  $e_{ВДВ_{sj}}^i \leq e_{ВДВ_{sj}}^0$ .

Вплив структурних змін на рівні енергоспоживання країни визначаються другою складовою формули (4), яка може мати знак «+» при перевитратах економіки за певної структури або «-» при економії палива. Технологічний потенціал (складова 3) та обсяги заміщення визначаються тільки за окремими технологіями та підсумовуються. Результати розрахунку за рівнянням (4) наведено у табл. 3.

Отримані нормативним методом прогнози на TOP і DOWN рівнях мають незначні розходження в межах 1,13%. Такі незначні розбіжності можна узгоджувати.

#### 4. Результати прогнозування та їх обґрунтування

У табл. 1 і 3 наведено результати розрахунку прогнозів споживання нафтопродуктів до 2040 р. на двох рівнях: країна, види економічної діяльності, зкореговані відносно фактичного споживання нафтопродуктів у 2020 р. (за енергетичним балансом). Період 2019–2020 рр. відзначився ковід-пандемією, що призвела до падіння макроекономічних показників майже в усьому світі. У зв'язку з цим, в Інституті загальної енергетики НАН України канд. техн. наук Майстренко Н.Ю. на основі аналізу прогнозів провідних фінан-

**Таблиця 3.** Прогноз споживання нафтопродуктів в Україні за базовою та прогнозованою структурами ВВП\* до 2040 року з урахуванням потенціалів енергозбереження, тис. т н.е.

**Table 3.** Forecast of the consumption of petroleum products in Ukraine according to the basic and forecast structures of GDP until 2040, taking into account the energy saving potential, thousand t.e.

Показники	2015**	2020	2025	2030	2035	2040
Прогноз ВВП у цінах 2016 р., млрд. грн	1681,50	2509,80	3077,60	3894,10	4669,80	5283,50
Прогноз ВДВ за структурою економіки 2020 р. у цінах 2016 р., млрд грн	1681,50	2136,16	2615,60	3309,50	3968,70	4490,20
Прогноз ВДВ при структурних змінах у цінах 2016 р., млрд грн	1681,50	2136,16	2656,00	3422,90	4146,70	4697,00
I Споживання нафтопродуктів за ВЕД за структурою економіки та нафтоємністю 2020 р. з обсягами перетворення в енергетичному секторі	10062,00	10019,00	13924,63	17512,60	20865,70	23560,70
II Споживання нафтопродуктів за ВЕД за нафтоємністю ВДВ країни 2020 р. і прогнозній структурі з обсягами перетворення в енергетичному секторі	10062,00	10019,00	13798,00	19048,80	23615,30	26106,94
Економія/Перевитрати нафтопродуктів при структурних змінах в економіці, тис. т	0,0	0,0	126,68	-1536,20	-2749,60	-2546,24
Технологічний потенціал енергозбереження в економіці, тис. т	0,0	0,0	332,62	648,10	949,47	1368,15
III.I Споживання нафтопродуктів по країні за структури 2020 р. і технологічного енергозбереження, тис. т	10062,00	10019,00	13631,00	16905,50	19955,10	22230,76
III.II Споживання нафтопродуктів по країні з урахуванням структурного і технологічного енергозбереження, тис. т	10062,00	10019,00	13504,33	18441,74	22704,70	24777,00

\*Прогноз ВВП та ВДВ у постійних цінах 2016 р. виконано канд. техн. наук Майстренко Н.Ю. в публікації [21].

\*\*ВВП та ВДВ у 2015 р. надані у цінах 2015 р.



сових установ світу (Міжнародний валютний фонд, Всесвітній банк, ін.) було проведено корегування макроекономічних показників, надане у публікації [21]. Особливістю представленого у статті прогнозу є збільшення споживання нафтопродуктів на перспективу в енергетичному секторі України, оскільки внаслідок воєнних дій в Україні зруйновано близько 30% об'єктів енергетичної інфраструктури і держава повинна мати резерв необхідного палива. Ці обсяги були оцінені за тенденціями споживання нафтопродуктів за напрямками використання в секторі перетворення Енергетичних балансів України за 2015–2020 рр. (табл. 2). Оскільки енергетична інфраструктура руйнується агресором щодня, використовувати виконані в Інституті загальної енергетики НАН України прогнози структури електро- і теплогенерувальних потужностей наразі неможливо. Їх потрібно буде переглядати після закінчення війни. В секціях економіки закладений помірний технологічний потенціал енергозбереження, оскільки у воєнний час вкладати гроші в реконструкцію підприємств неможливо.

### Висновки

Виконано розрахунки прогнозних рівнів попиту на нафтопродукти на TOP та DOWN-рівнях, що проводились з використанням нормативного методу та з урахуванням окремого алгоритму для прогнозування попиту на нафтопродукти по секції «Постачання електроенергії та ін.», в якій на перетворення в інші види енергії враховано витрати нафтопродуктів за тенденцією споживання за останні п'ять років. Це обумовлено неможливістю використання існуючих прогнозів структур енергогенерувальних потужностей внаслідок військових дій, пошкодження та руйнування енергетичних об'єктів. Отримані на двох рівнях прогнози мають дуже близькі значення з похибкою близько 1%, що в певній мірі може оцінювати їх достовірність. Обчислені перевитрати нафтопродуктів внаслідок структурних змін, що мають забезпечити розвиток ключових секторів економіки: сільськогосподарства, промисловості, транспортного сектору, дозволять відновити економіку після війни та підвищити її енергоефективність.

### Подяка

Висловлюю подяку канд. техн. наук Майстренко Н.Ю. за постійне оновлення макроекономічних прогнозів, що використовуються у прогнозуванні споживання енергоресурсів. Врахування впливу ковід-пандемії дозволило скорегувати валову додану вартість на рівні країни та видів економічної діяльності та сприяти уточненню прогнозів.

### Посилання

1. Як змінювалося споживання паливних продуктів в Україні в 2014–2021 роках. URL: <https://www.slovoidilo.ua/2021/05/13/infografika/ekonomika/yak-zminyuvalosya-spozhyvannya-palyvnyx-produktiv-ukrayini-2014-2021-rokax> (дата звернення: 28.07.2022).
2. Загальне постачання первинної енергії за 2007–2020 роки. URL: <https://www.ukrstat.gov.ua/> (дата звернення: 28.07.2022).
3. Український експорт нафтопродуктів за півроку збільшився в 1,8 раза. URL: <https://www.slovoidilo.ua/2021/07/24/novyna/ekonomika/ukrayinskyj-eksport-naftoproduktiv-pivroku-zbilshyvsya-18-raza> (дата звернення: 28.07.2022).
4. Україна удвічі скоротила експорт через війну, розв'язану росією — Мінекономіки. URL: <https://agropolit.com/news/23560-ukrayina-udvichiskorotila-eksport-cherez-viynu-rozvyazanu-rosiyeyu-minekonomiki> (дата звернення: 28.07.2022).
5. Енергетичний баланс України за 2020 р. URL: <https://www.ukrstat.gov.ua/> (дата звернення: 28.07.2022).
6. Маляренко О.С., Майстренко Н.Ю., Станиціна В.В., Богославська О.Ю. Удосконалений комплексний метод прогнозування енергоспоживання на довгострокову перспективу. *Енергетика: економіка, технології, екологія*. 2019. №3. С. 53—61.
7. Піріашвілі Б.З., Чиркін Б.П., Чукаєва І.К. Перспективний паливно-енергетичний баланс — основа формування енергетичної стратегії України до 2030 року. За ред. д.е.н., проф. С.І. Дорогунцова. Київ: Наукова думка, 2002. 486 с.
8. Розен В.П., Крамаренко Е.Р., Чернявський А.В. Топливо-енергетический баланс как инструмент анализа энергетической эффективности. *Металургійна теплотехніка: Збірник наукових праць Національної металургійної академії України*. У двох книгах. Книга перша. Дніпропетровськ: Пороги, 2005. С. 387—392.
9. Касьянова Н.В., Левшова Ю.О. Комплексна модель оцінки енергоспоживання в регіоні. *Научний вестник Донбасської державної машинобудівної академії*, 2014, № 2. С. 164—171.
10. Подолець Р.З. Енергетичне моделювання: іноземний досвід і напрями перспективних досліджень в Україні. *Економіка і прогнозування*. 2006. № 1. С. 126—140.
11. Лір В.Е. Енергетичний баланс як основа економічного аналізу та прогнозу енергозабезпечення держави. *Економіка і прогнозування*. 2000. № 1. С. 91—102.
12. Нечаєва, Т.П. Модель та структура довгострокового розвитку генеруючих потужностей електроенергетичної системи з урахуванням динаміки вводу-вибуття потужностей та зміни їх техніко-економічних показників. *Проблеми загальної енергетики*. 2018. Вип. 3(54). С. 5—9. <https://doi.org/10.15407/rge2018.03.005>
13. Лещенко, І.Ч., Спітковський А.І. Застосування системи Піраміда-V для розв'язання задач прогнозування розвитку газової галузі України. *Проблеми*

- загальної енергетики. 2010. Вип. 1(21). С. 25—31.
- Кулик М.М., Майстренко Н.Ю., Маляренко О.Є. Двоетапний метод прогнозування перспективного попиту на енергетичні ресурси. *Енерготехнології та ресурсозбереження*. 2015. № 5-6. С. 25—33. URL: <https://www.etars-journal.org/index.php/journal/article/view/166>
14. Кулик М.М. Методи узгодження прогнозних рішень. *Проблеми загальної енергетики*. 2014. Вип. 2(37). С. 5—12.
15. Енергетична стратегія України до 2030 р., редакція 2013 р. URL: [http://www.energoatom.kiev.ua/ua/about/strategy\\_2030/](http://www.energoatom.kiev.ua/ua/about/strategy_2030/) (дата звернення: 10.01.2019).
16. Майстренко Н.Ю., Богославська О.Ю. Особливості прогнозування рівнів енергоспоживання України при застосуванні різних прогнозних структур економіки. *Проблеми загальної енергетики*. 2019. Вип. 2(57). С. 21—26. <https://doi.org/10.15407/pge2019.02.021>
17. 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. Вип. 4(47). С. 58—67. <https://doi.org/10.15407/pge2016.04.058>
18. Кулик М.М., Горбулін В.П., Кириленко О.В. Концептуальні підходи до розвитку енергетики України (аналітичні матеріали) / Інститут загальної енергетики НАН України, 2017. 78 с.
19. 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.
20. Маляренко О.Є., Майстренко Н.Ю., Горський В.В. Прогноз споживання палива та вугілля в Україні до 2040 року за комплексним методом прогнозування енергоспоживання. *Проблеми загальної енергетики*. 2021. Вип. 3(66). С. 28—35. <https://doi.org/10.15407/pge2021.03.028>

## CONSUMPTION FORECAST OF PETROLEUM PRODUCTS IN UKRAINE BY THE MAIN TYPES OF ECONOMIC ACTIVITY

Olena Maliarenko, PhD (Engin.), Senior Research Scientist., <https://orcid.org/0000-0001-5882-916X>

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

e-mail: [info@ienergy.kiev.ua](mailto:info@ienergy.kiev.ua)

Corresponding author: [malyarenlena@gmail.com](mailto:malyarenlena@gmail.com)

**Abstract.** *The article presents a mathematical model of demand forecasting for petroleum products with a comprehensive method with the allocation of features of collection and preparation of initial data for forecasting their consumption. The mathematical model allows you to predict the consumption of petroleum products in the country (TOP-level) and types of economic activity (DOWN-level) for transportation and conversion into electricity and heat energy. The purpose of the study is to calculate the forecast of petroleum products for the further compilation of the balance of petroleum products, clarification of methodological approaches to the formation of initial data, and the predictive evaluation of the need for petroleum products in the energy sector, provided. The expediency of forecasting the total consumption of petroleum products by country and the enlarged economic activity is noted, since the structure of oil consumption changes significantly depending on the prices for its types and available vehicles. For forecasting petroleum products at the TOP and DOWN levels, a normative method is used. The forecasts obtained at two levels with significant differences in the results were usually agreed using Kulik's vector method. Since the form of statistical reporting by type of economic activity for 2020 is not provided by the State Statistics Committee, the initial data for sectors of the economy were formed from the energy balance. By 2040 at the levels of the country and types of economic activity for different structures of the economy: the base 2020 and the forecast. The structural and technological potentials of energy saving in the consumption of petroleum products have been evaluated. It is expected to increase the consumption of petroleum products in the energy sector to restore the country's economy during the post-war period.*

**Keywords:** forecast, consumption, petroleum products, economy structure, energy saving potential.

## References

1. Yak zminiuvalosia spozhyvannia palyvnykh produktiv v Ukraini v 2014-2021 rokakh. URL: <https://www.slovoidilo.ua/2021/05/13/infografika/ekonomika/yak-zminyuvalosya-spozhyvannya-palyvnykh-produktiv-ukrayini-2014-2021-rokax> (Last accessed: 28.07.2022) [in Ukrainian].
2. Zahalne postachannia pervynnoi enerhii za 2007-2020 roky. URL: <https://www.ukrstat.gov.ua/> (Last accessed: 28.07.2022) [in Ukrainian].
3. Ukrainyskiy eksport naftoproduktiv za pivroku zbilshyvsia v 1,8 raza. URL: <https://www.slovoidilo.ua/2021/07/24/novyna/ekonomika/ukrayinskyj-eksport-naftoproduktiv-pivroku-zbilshyvsia-18-raza> (Last accessed: 28.07.2022) [in Ukrainian].
4. Ukraina udvichi skorotyła eksport cherez viinu, rozv'язanu rosiieiu – Minekonomiky. URL: <https://agropolit.com/news/23560-ukrayina-udvichi-skorotyła-eksport-cherez-viynu-rozvyazanu-rosiyeyu--minekonomiky> (Last accessed: 23.06.2022) [in Ukrainian].
5. Enerhetychnyi balans Ukrainy za 2020 r. URL: <https://www.ukrstat.gov.ua/> (Last accessed: 24.06.2022) [in Ukrainian].
6. Maliarenko, O.Ye., Maistrenko, N.Yu., Stanytsina, V.V., & Bohoslavka, O.Yu. (2019). Improved complex method of forecasting energy consumption on a long-term perspective. *Power engineering: economics, technique, ecology*, 3, 53–61 [in Ukrainian].
7. Piriashvili, B.Z., Chyrkin, B.P., & Chukaieva, I.K. (2002). Perspektyvnyi palyvno-enerhetychnyi balans – osnova formuvannia enerhetychnoi stratehii Ukrainy do 2030 roku. Za red. d.e.n., prof. S.I. Dorohuntsova. Kyiv: Naukova dumka. 486 p. [in Ukrainian].
8. Rozen, V.P., Kramarenko, E.R., & Cherniavskiy, A.V. (2005). Toplyvno-enerhetycheskyi balans kak ynstrument analiza enerhetycheskoi efektyvnosti. *Metalurhiina teplotekhnika: Zbirnyk naukovykh prats Natsionalnoi metalurhiinoi akademii Ukrainy*. U dvokh knykh. Knyha persha. Dnipropetrovsk: Porohy, 2005. P. 387–392.
9. Kasianova, N.V., & Levshova, Yu.O. (2014). Kompleksna model otsinky enerhospozhyvannia v rehioni. *Nauchnyi vestnik Donbasskoi hosudarstvennoi mashynostroytelnoi akademii*, 2, 164–171 [in Ukrainian].
10. Podolets, R.Z. (2006). Enerhetychne modeliuвання: inozemnyi dosvid i napriamy perspektyvnykh doslidzhen v Ukraini. *Ekonomika i prohnozuvannia*, 1, 126–140 [in Ukrainian].
11. Lir, V.E. (2000). Enerhetychnyi balans yak osnova ekonomichnoho analizu ta prohnozu enerhozabepchennia derzhavy. *Ekonomika i prohnozuvannia*, 1, 91–102 [in Ukrainian].
12. Nechaieva, T.P. (2018). Model and structure of the long-term development of generating capacities of a power system with regard for the commissioning and decommissioning dynamics of capacities and changing their technical-and-economic indices *The Problems of General Energy*, 3(54), 5–9 [in Ukrainian]. <https://doi.org/10.15407/pge2018.03.005>
13. Leshchenko, I.Ch., & Spitkovskiy, A.I. (2010). Use of the system «Pyramid-V» for the decision of tasks of prognostication of Ukraine gas industry development. *The Problems of General Energy*, 1(21), 25–31 [in Ukrainian].
14. Kulyk, M.M., Maistrenko, N.Yu., & Maliarenko, O.Ye. (2015). Two-Stage Forecasting Method of the Future Energy Demand. *Energy Technologies & Resource Saving*, 5-6, 25–33. URL: <https://www.etas-journal.org/index.php/journal/article/view/166> [in Ukrainian].
15. Kulyk, M.M. (2014). Methods for adjusting predictive decisions. *The Problems of General Energy*, 2(37), 5–12 [in Ukrainian].
16. Enerhetychna stratehiia Ukrainy do 2030 r., redaktsiia 2013 r. URL: [http://www.energoatom.kiev.ua/ua/about/strategy\\_2030/](http://www.energoatom.kiev.ua/ua/about/strategy_2030/) (Last accessed: 10.01.2019) [in Ukrainian].
17. Maistrenko, N.Yu., & Bohoslavka, O.Yu. (2019). Specific features of forecasting the levels of energy consumption in Ukraine at the application of different predicted structures of economy. *The Problems of General Energy*, 2(57), 21–26 [in Ukrainian]. <https://doi.org/10.15407/pge2019.02.021>
18. Maliarenko, O.Ye., Maistrenko, N.Yu., & Stanytsina, V.V. (2016). Substantiation of the predictive volumes of energy saving potential in the enlarged sectors of economy with regard for technological and structural changes *The Problems of General Energy*, 4(47), 58–67 [in Ukrainian]. <https://doi.org/10.15407/pge2016.04.058>
19. Kulyk, M.M., Horbulin, V.P., & Kyrylenko, O.V. (2017). Kontseptualni pidkhody do rozvytku enerhetyky Ukrainy (analitichni materialy). Kyiv: Instytut zahalnoi enerhetyky NAN Ukrainy, 2017. 78 p. [in Ukrainian].
20. Kulyk, M.M., Maliarenko, O.Ye., Maistrenko, N.Yu., Stanytsina, V.V., & Kuts, H.O. (2021). Enerhoefektyvnist ta prohnozuvannia enerhospozhyvannia na riznykh iierarkhichnykh rivniakh ekonomiky: metodolohiia, prohnozni otsinky do 2040 roku. Kyiv, «Naukova dumka», 234 p. ISBN 978-966-00-1739-9 [in Ukrainian].
21. Maliarenko, O.Ye., Maistrenko, N.Yu., & Horskyi, V.V. (2021). Forecast of fuel and coal consumption in Ukraine until 2040 by a complex method of forecasting energy consumption. *The Problems of General Energy*, 3(66), 28–35 [in Ukrainian]. <https://doi.org/10.15407/pge2021.03.028>

Надійшла до редколегії: 25.10.2022