

Г. В. Тельнова, В. В. Бицюк, Д. С. Ходін

АНАЛІЗ НАПРЯМІВ УПРАВЛІННЯ ПОТЕНЦІАЛОМ ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ У ПРОМИСЛОВОМУ ВИРОБНИЦТВІ УКРАЇНИ

Метою роботи є обґрунтування напрямів управління потенціалом енергозбереження промислового сектору національної економіки. Для реалізації поставленої мети використано методи економіко-математичного моделювання та отримано функцію, яка відображає зв'язок структурних зрушень з енергоємністю ВВП України. Результатом наукового дослідження є визначення потенційного зниження енергоємності ВВП країни за постачанням первинних енергоресурсів в результаті структурних і технічних зрушень (зменшення частки промислового виробництва та нарощення частки сфери послуг у сфері інформаційних технологій, наукової та технічної діяльності, більш низьких темпів первинного постачання енергетичних ресурсів порівняно із ВВП, модернізації технологій постачання електроенергії, газу, пари та кондиційованого повітря за рахунок зменшення споживання вугілля). Наукова новизна дослідження полягає у вдосконаленні методів аналізу та прогнозування потенціалу енергозбереження у промисловому виробництві України. Практична значимість дослідження визначається подальшою розробкою відповідних управлінських заходів, які здатні вплинути на досягнення енергоефективності промислового сектору України.

Ключові слова: потенціал, енергозбереження, енергоємність, промисловість, енергоефективність.

Актуальність проблеми (постановка проблеми). Останні тенденції у світовій практиці виявили проблеми з енергетичними ресурсами, адже вони широко використовуються в сучасних технологіях та викликають занепокоєння представників передової промисловості в США, Західній Європі та Японії через їх обмеженість та екологічні наслідки їх використання. В Україні в останні роки існує потенціал заощадження енергії, який все ще є нереалізованим і потребує розвитку нових технічних і фінансових можливостей впровадження енергозберігаючих технологій. У зв'язку з цим набуває гостроти наукова задача дослідження передумов та чинників, які розв'язують дуалістичне питання забезпечення промислового розвитку з одночасною економією енергетичних ресурсів. Актуальність проблеми зумовлена тим, що впровадження управління енергозбереженням у практику вітчизняних промислових підприємств є особливо своєчасним з огляду на низку обмежень (фінансові, політичні, технічно-технологічні тощо), які перешкоджають формуванню широкого енергоефективного виробництва.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Сучасні аспекти потенціалу енергозбереження та наукові засади його реалізації досліджуються у працях В. Бевза, В. Бурди, О. Гололобової, Г. Єфімової, Д. Зеркалова, О. Кітченко, М. Ларки, В. Козловського, А. Праховник, І. Причепи, В. Прокопенко, І. Сизонової, А. Соловей. Впровадження енергозберігаючих заходів у промисловому комплексі визначають М. Вознюк, В. Джеджула, Н. Майстренко, О. Маляренко, В. Станиціна, О. Трофименко. Позитивно оцінюючи напрацювання вчених у сфері промислового розвитку та політики енергозбереження, зауважимо, що дослідження напрямів управління потенціалом енергозбереження у промисловому виробництві України в сучасних умовах залишається фрагментарним.

Формулювання цілей статті. Метою роботи є обґрунтування напрямів управління потенціалом енергозбереження промислового сектору національної економіки.

Викладення основного матеріалу дослідження. Першим етапом для визначення напрямів розвитку промислового виробництва на основі управління енергозбереженням є встановлення цільових орієнтирів енергоефективності у промисловому виробництві.

Ключові показники ефективності Енергетичної стратегії України до 2035 р. [1] зображено на рисунку 1. Для визначення впливу структурних змін на енергоємність ВВП сформуємо модель, яка враховує питому вагу добувної, переробної промисловості та постачання електроенергії, газу, пари та кондиційованого повітря у ВВП (дані 2007 – 2019 рр. з таблиці 1) та прогнозовану структурну зміну питомої ваги промисловості у ВВП, обґрунтовану у роботі [2]. Водночас не передбачається вплив технічних енергоефективних заходів.

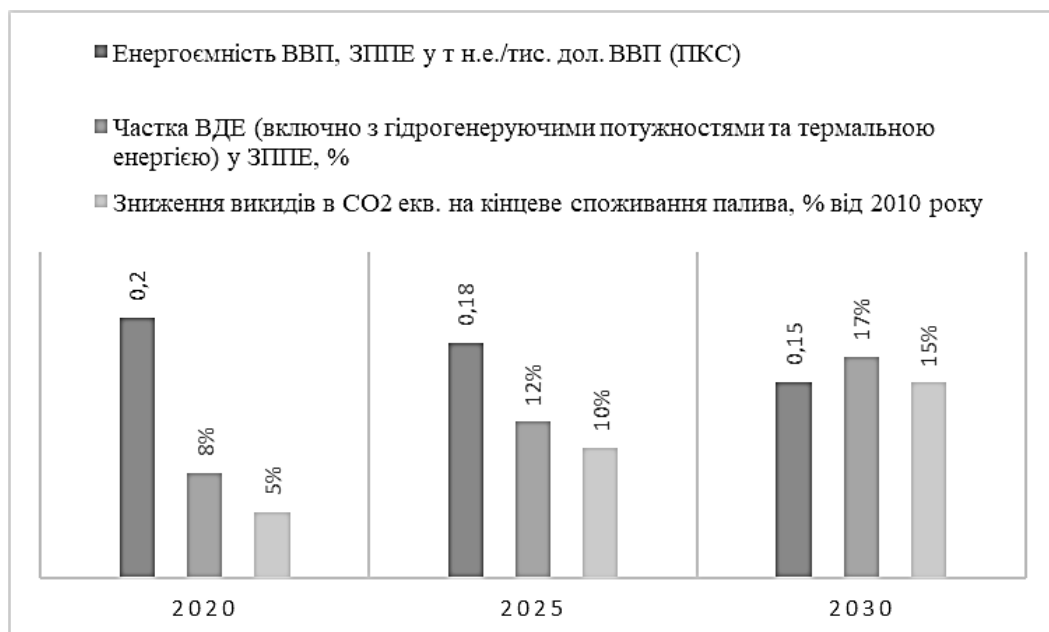


Рисунок 1 – Основні показники ефективності Енергетичної стратегії України до 2035 р. (сформовано на основі Енергетичної стратегії України до 2035 р. [1])

Таблиця 1 – Прогноз зміни енергоємності ВВП України за рахунок структурних зрушень

Рік	Питома вага добувної промисловості у ВВП, $\mu(\text{ДП})$, грн./грн.	Питома вага переробної промисловості у ВВП, $\mu(\text{ПП})$, грн./грн.	Питома вага постачання енергії у ВВП, $\mu(\text{ПЕ})$, грн./грн.	Енергоємність ВВП, ЗППЕ у т н.е./тис. дол. ВВП (ПКС), ЕС
2007	0,042	0,184	0,028	0,234
2008	0,054	0,159	0,027	0,220
2009	0,042	0,143	0,031	0,220
2010	0,059	0,132	0,028	0,245
2011	0,065	0,119	0,031	0,222
2012	0,058	0,124	0,031	0,214
2013	0,055	0,113	0,029	0,203
2014	0,050	0,122	0,028	0,198
2015	0,048	0,119	0,027	0,187
2016	0,055	0,122	0,031	0,192
2017	0,059	0,121	0,029	0,177
2018	0,060	0,116	0,031	0,179
2019	0,056	0,108	0,031	0,165
2025 (прогноз)	0,036	0,100	0,038	0,147
2030 (прогноз)	0,034	0,091	0,040	0,131

Джерело: розраховано авторами на основі даних Державної служби статистики України [3]

За результатами моделювання через інструменти *Statistica 6* отримано функцію, яка відображає зв'язок структурних зрушень з енергоємністю ВВП України:

$$ЕС = 0,6445 + 0,0556 \cdot \ln(\mu(\text{ДП})) + 0,1377 \cdot \ln(\mu(\text{ПП})) - 0,0015 \cdot \ln(\mu(\text{ПЕ})). \quad (1)$$

Коефіцієнт множинної кореляції моделі (1) становить $R = 0,71392393$, а детермінації – $R^2 = 0,50968738$. Тобто на 51 % енергоємність обумовлюється структурними змінами промислового виробництва.

Побудована модель дала змогу спрогнозувати енергоемність ВВП у 2025 р. та 2030 р. (таблиця 2).

Таким чином, за умови досягнення стратегічних планів економічного зростання та структурних зрушень в економіці України у бік зменшення частки промислового виробництва та нарощення частки сфери послуг у сфері інформаційних технологій, наукової та технічної діяльності, більш низьких темпів первинного постачання енергетичних ресурсів порівняно із ВВП, можливо досягти цільових орієнтирів енергоефективності країни до 2030 р. Проте, як вказувалося, структурні зміни впливають лише на 51 %.

Проведемо оцінювання потенціалу енергозбереження за технічними факторами.

Суттєвим резервом енергозбереження є відновлювальна енергетика. Міжнародне агентство з відновлюваної енергетики (IRENA) [4] дає такі розрахунки потенціалу відновлювальної енергетики у промисловому виробництві:

- використання сонячної теплової енергії у секторах промисловості зростатиме у період до 2030 р. Загальна встановлена потужність сонячних теплових установок може становити у промисловому секторі близько 2 млн. м² (приблизно 1,8 МВт потужностей);

- потужності геотермальної енергії для промислових процесів нагрівання можуть зрости на рівні 140 кт.н.е./рік;

- впровадження потужностей виробництва електроенергії на основі твердої біомаси на промислових ТЕЦ може додати 90 ПДж біомаси у промисловому секторі при когенерації тепла. Показник у 2030 р. становитиме 263 ПДж/рік;

- сукупний обсяг потужностей теплогенерації у промисловому та комерційному секторі за *REmap* 2030 становить 11,7 ГВт.

Загальне потенційне використання енергії з ВДЕ у промисловості, за оцінкою *REmap* 2030, становить 414 ПДж/рік, або 9888 тис. т н.е. на рік.

Аналізуючи витрати на заміщення потужностей у промисловості, Агентство наводить наступну таблицю (таблиця 2).

Таблиця 2 – Витрати на заміщення потужностей у промисловості згідно з Опціями *REmap* на 2030 р.

Потужності	Для держави (дол./ГДж)	Для бізнесу (дол./ГДж)
Теплоенергетика		
Котли на біомасі (збирання/обробка залишків)	-8,0	-9,8
Промислові ТЕЦ на твердій біомасі (залишки, відходи деревини)	4,3	2,0
Геотермальне тепло (промисловість)	-3,9	-6,9
Сонячні теплові установки (промисловість)	10,4	7,4
Електроенергетика		
Вітрові електростанції наземного базування	-0,4	0,1
Промислові ТЕЦ	-1,2	-3,5

Джерело: за даними Міжнародного агентства з відновлюваної енергетики (IRENA) [4]

Як видно з таблиці, встановлення котлів на біомасі, застосування біогазу, геотермального тепла є конкурентоздатним, тому може реалізовуватися за рахунок приватних інвестицій. В той же час для промислових ТЕЦ та для сонячних теплових установок у промисловості необхідною є державна допомога через субсидіювання, пільгове кредитування, адже ці потужності забезпечують соціальний та екологічний ефект: за прогнозами Агентства, ефект для здоров'я населення за рахунок скорочення негативного впливу вимірюється 0,1–0,3 млрд. дол./рік, а від скорочення викидів CO₂ – 1-5 млрд. дол./рік.

На рисунку 2 зображено припущення Міжнародного агентства з відновлюваної енергетики (IRENA) щодо витрат за технологіями.

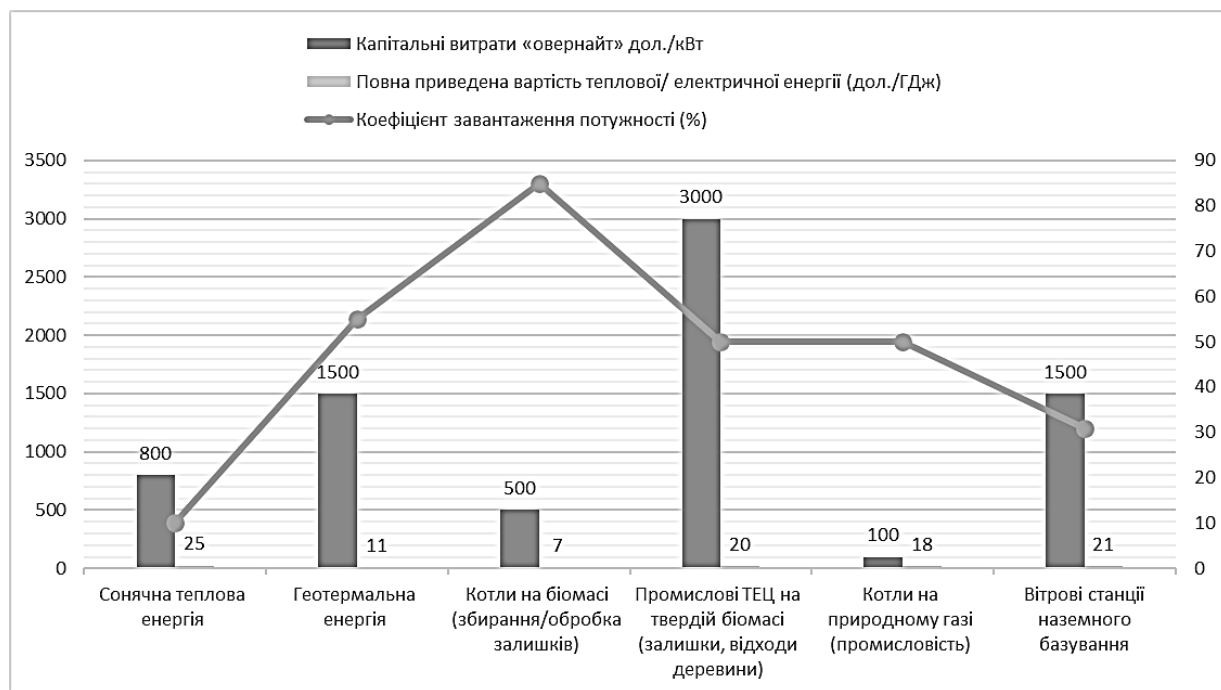


Рисунок 2 – Припущення щодо витрат за технологіями у промисловості на 2030 р. (за даними Міжнародного агентства з відновлюваної енергетики (IRENA) [4])

Потенціал інших технічних заходів з енергозбереження, пов'язаних із заміщенням, оцінюються у роботі [2]. Погоджуючись із авторами щодо доцільності приділення уваги найбільш енергоемним галузям промисловості, а саме металургії, хімічній та цементній промисловості, перелічимо основні енергозберігаючі технології:

у металургії: додавання пиловугільного палива на заміщення природного газу та частки коксу (економія природного газу дорівнюватиме 20–25%); підвищення вмісту заліза в шихті (економія від 9 до 34 кг коксу на 1 т чавуну); підвищення нагріву дуття (економія 7–18 кг коксу на 1 т чавуну); підвищення тиску газу на колошнику печі (економія 4–10 кг коксу на 1 т чавуну); контрольована прокатка (економія до 70 кг у.п./т); організація прямої прокатки безперервно литих слябів (економія до 40 кг у.п./т);

у цементній галузі: переведення печей з мокрого на сухий спосіб виробництва (економія до 50 % палива); додавання доменного шлаку як декарбонізуючого матеріалу в клінкерну піч (економія до 15 % палива);

у виробництві коксу та продуктів нафтопереробки: впровадження установки сухого гасіння коксу (зниження на 60% повної енергоемності коксу за рахунок використання фізичної теплоти коксу та теплоти відхідних газів коксової печі для виробництва електричної і теплової енергії, а також економії води і електроенергії на її подавання і відведення); забезпечення оптимального співвідношення «газ-повітря» в опалювальній системі коксових печей (економія до 1 % коксу);

у хімічній промисловості: впровадження енерготехнологічних агрегатів та установок великої потужності у виробництві аміаку (економія до 18 % паливно-енергетичних ресурсів завдяки використанню вторинних енергетичних ресурсів на власні потреби), зменшення витрати палива на нагрівання повітря у топці (економія до 15 % природного газу при використанні вторинних енергоресурсів) [2].

Технологія додавання пиловугільного палива на заміщення природного газу у гірничо-металургійному виробництві досліджується і у праці О. Катаєва [5].

Е. А. Петелін [6] присвячує працю енергоефективності вугледобувної промисловості. Автор доводить доцільність (як економічну, соціальну, так і екологічну) застосування метано-повітряної суміші як енергетичного ресурсу [6].

Заходи з енергоефективності у машинобудуванні досліджено у праці [7]. Автором оцінено ефективність їх застосування.

Прогнозну економію енергетичних ресурсів за технічним потенціалом промисловості наведено у таблиці 3.

Таблиця 3 – Прогнозна економія енергетичних ресурсів за технічним потенціалом промисловості, тис. т н.е.

Сфера промисловості	2025	2030
Електроенергія		
Добувна промисловість	19,69	23,46
Переробна промисловість	81,33	166,94
Постачання електроенергії, газу, пари та кондиційованого повітря	43,42	56,23
Всього за електроенергією	144,44	246,63
Вугілля		
Добувна промисловість	180,86	272,36
Переробна промисловість	145,86	157,71
Постачання електроенергії, газу, пари та кондиційованого повітря	2056,95	3018,54
Всього за вугіллям	2383,67	3448,61
Природний газ		
Добувна промисловість	44,1	76,59
Переробна промисловість	812,7	1170,0
Постачання електроенергії, газу, пари та кондиційованого повітря	14,4	21,6
Всього за природним газом	871,2	1268,19
Всього	3399,31	4963,43

Джерело: сформовано та розраховано за даними [2]

Обговорення результатів. Розглядаючи структуру потенціалу енергозбереження за джерелом енергетичних ресурсів (рисунок 3), відзначимо значну питому вагу економії вугілля та зростаючу до 2030 р. частку економії природного газу.

У галузевому розрізі найбільший потенціал енергозбереження у промисловості полягає в модернізації технологій постачання електроенергії, газу, пари та кондиційованого повітря (рисунок 4) за рахунок зменшення споживання вугілля. Значну частку у потенційних технологіях енергозбереження становить і переробна промисловість переважно за рахунок зниження споживання природного газу на металургійних підприємствах.

Таким чином, через прогнозну структурну перебудову національного господарства України та технічне вдосконалення виробництва стає можливим досягнення стратегічних цілей скорочення енергоспоживання.

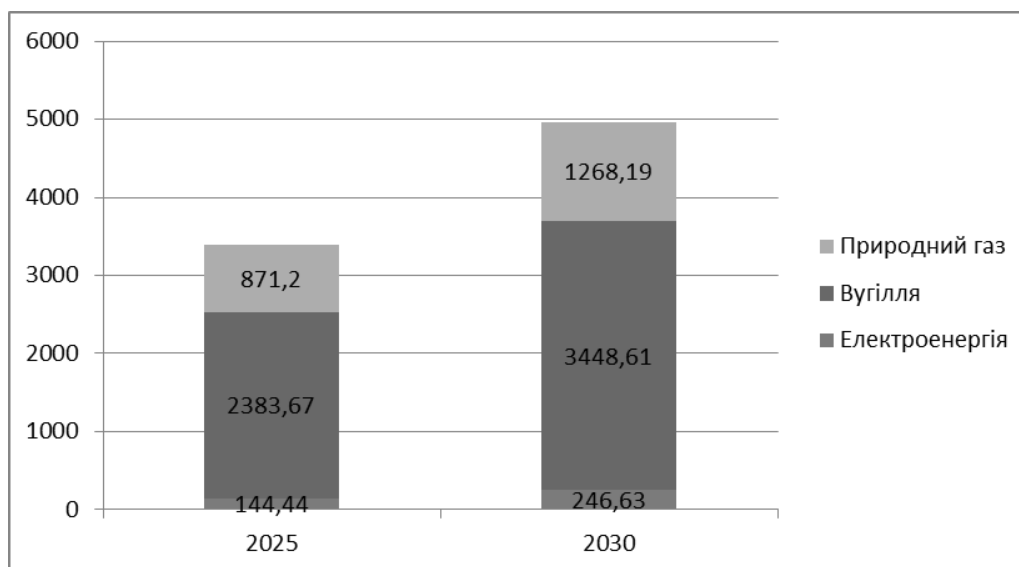


Рисунок 3 – Прогнозна структура потенціалу енергозбереження промисловості за джерелом енергетичних ресурсів

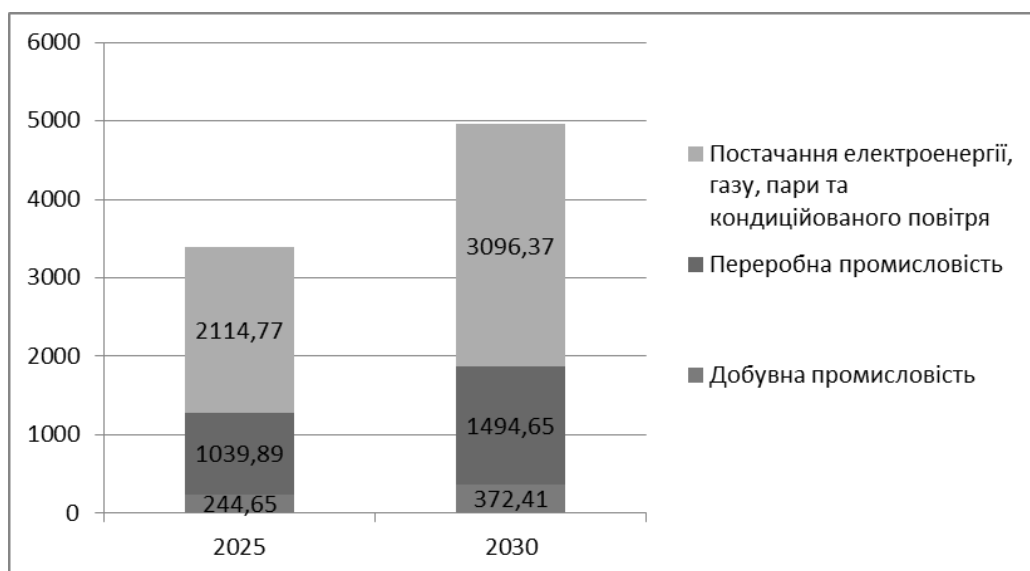


Рисунок 4 – Прогнозна структура потенціалу енергозбереження промисловості за галузями промисловості

Висновки. Проведена оцінка потенціалу енергозбереження у промисловості України за структурними та технічними факторами дала змогу не тільки довести позитивний вплив на енергоефективність галузей промислового виробництва, а й визначити потенційне зниження енергоємності ВВП країни за постачанням первинних енергоресурсів. Так, структурні зрушення в економіці України у бік зменшення частки промислового виробництва та нарощення частки сфери послуг у сфері інформаційних технологій, наукової та технічної діяльності, більш низьких темпів первинного постачання енергетичних ресурсів порівняно з ВВП дадуть змогу досягти цільових стратегічних орієнтирів енергоефективності країни до 2030 р. Удосконалення технічних характеристик промислового виробництва значно знизить питому вагу вугілля та природного газу. У галузевому розрізі найбільший потенціал енергозбереження у промисловості полягає в модернізації технологій постачання електроенергії, газу, пари та кондиційованого повітря за рахунок зменшення споживання вугілля. Значну частку у потенційних технологіях енергозбереження становить і переробна промисловість переважно за рахунок зниження споживання природного газу на металургійних підприємствах.

Список використаних джерел

1. Енергетична стратегія України до 2035 року: «Безпека, Енергоефективність, Конкурентоспроможність». URL: <http://zakon.rada.gov.ua/laws/show/605-2017-%D1%80>
2. Маляренко О. С., 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. С. 58–67.
3. Державна служба статистики України. URL: <http://www.ukrstat.gov.ua/>
4. Міжнародне агентство з відновлюваної енергетики (IRENA). URL: www.irena.org/remap
5. Катаєв О. О. Досвід і перспективи енергозбереження ресурсомістких підприємств гірничо-металургійного комплексу України. *Економіка України*. 2013. № 9. С. 18–30.
6. Петелін Е. А. Сучасні технології енергозбереження – потенціал розвитку та енергетична безпека підприємства. *Фізико-технічні проблеми горного виробництва*. 2013. Вип. 16. С. 169–175.
7. Шпак Н. О., Тихойка Н. Ю. Заходи з енергозбереження як чинники зменшення собівартості продукції машинобудівних підприємств. *Інвестиції: практика та досвід*. 2010. № 23. С. 57–61.

References

1. Energy strategy of Ukraine until 2035: "Security, Energy Efficiency, Competitiveness", available at: <http://zakon.rada.gov.ua/laws/show/605-2017-%D1%80> [in Ukrainian].
2. Maliarenko, O. Ye., Maistrenko, N. Yu., Stanytsina, V. V. (2016), "Substantiation of forecast volumes of energy saving potential in the enlarged sectors of the economy taking into account technological and structural changes" ["Obgruntuvannya prohnnoznykh obsiahiv potentsialu enerhozberezhennia v ukрупnennykh sektorakh ekonomiky z urakhuvanniam tekhnolohichnykh i strukturnykh zrushen"], *Problemy zahalnoi enerhetyky*, Iss. 4, pp. 58-67 [in Ukrainian].

3. State Statistics Service of Ukraine, available at: <http://www.ukrstat.gov.ua/> [in Ukrainian].
4. The International Renewable Energy Agency (IRENA), available at: www.irena.org/remap [in Ukrainian].
5. Kataiev, O. O. (2013), "Experience and prospects of energy saving of resource-intensive enterprises of the mining and metallurgical complex of Ukraine" ["Dosvid i perspektyvy enerhozberezhennia resursomistkykh pidpriemstv hirnicho-metallurhiinoho kompleksu Ukrainy"], *Ekonomika Ukrainy*, No. 9, pp. 18-30 [in Ukrainian].
6. Petelin, E. A. (2013), "Modern energy saving technologies – development potential and energy security of the enterprise" ["Suchasni tekhnolohii enerhozberezhennia – potentsial rozvytku ta enerhetychna bezpeka pidpriemstva"], *Fiziko-tekhnicheskiye problemy gornogo proizvodstva*, Iss. 16, pp. 169-175 [in Ukrainian].
7. Shpak, N. O., Tykhoika, N. Yu. (2010), "Energy saving measures as factors in reducing the cost of production of machine-building enterprises" ["Zakhody z enerhozberezhennia yak chynnyky zmenshennia sobivartosti produktsii mashynobudivnykh pidpriemstv"], *Investysii: praktyka ta dosvid*, No. 23, pp. 57-61 [in Ukrainian].

H. V. Telnova, V. V. Bytsiuk, D. S. Khodin

ANALYSIS OF DIRECTIONS OF ENERGY SAVING POTENTIAL MANAGEMENT IN INDUSTRIAL PRODUCTION OF UKRAINE

The aim of the work is to substantiate the areas of energy saving potential management of industrial sector of the national economy. To achieve this goal, the methods of economic and mathematical modeling have been used and the function which reflects the relationship of structural changes with energy intensity of Ukraine's GDP has been obtained. The assessment of energy saving potential in Ukrainian industry by structural and technical factors has allowed not only to prove a positive impact on energy efficiency of industrial production, but also to determine the potential reduction of energy intensity of the country's GDP by supply of primary energy resources. Thus, provided the achievement of structural shifts in the economy of Ukraine towards reducing the share of industrial production and increasing the share of services in the field of information technology, scientific and technical activities, lower rates of primary energy supply compared to GDP, it is possible to achieve energy efficiency targets by 2030. The result of the research is to determine the potential reduction of energy intensity of the country's GDP by the supply of primary energy resources as a result of structural and technical changes (reduction of the share of industrial production and increase of the share of services in information technologies, scientific and technical activities, lower primary energy supply, modernization of electricity, gas, steam and conditioned air technologies by reducing coal consumption). The scientific novelty of the study is to improve the methods of analysis and forecasting of energy saving potential in industrial production of Ukraine. The improvement of technical characteristics of industrial production will significantly reduce the share of coal and natural gas. In the sectoral context, the greatest potential for energy savings in industry is to modernize technologies for the supply of electricity, gas, steam and conditioned air by reducing coal consumption. A significant share of potential energy saving technologies is made by the processing industry mainly due to the reduction of natural gas consumption at metallurgical enterprises. The practical significance of the study is determined by further development of appropriate management measures that can affect energy efficiency of Ukraine's industrial sector.

Keywords: potential, energy saving, energy intensity, industry, energy efficiency.

Стаття надійшла до редакції 03.09.2021

DOI 10.24025/2306-4420.62.2021.241838

Тельнова Г. В., д-р екон. наук, доцент, старший науковий співробітник відділу організації наукової роботи та гендерних питань, Кременчуцький льотний коледж Харківського національного університету внутрішніх справ, e-mail: anntelnova2@gmail.com

ORCID 0000-0002-5724-7229

Telnova H. V., Doctor of Economics, Associate Professor, Senior Researcher of the Department of Organization of Scientific Work and Gender Issues, Kremenchug Flight College of Kharkiv National University of Internal Affairs

Бицюк В. В., студентка, Кременчуцький льотний коледж Харківського національного університету внутрішніх справ, e-mail: klk.nauka@gmail.com

Bytsiuk V. V., Student, Kremenchug Flight College of Kharkiv National University of Internal Affairs

Ходін Д. С., курсант, Кременчуцький льотний коледж Харківського національного університету внутрішніх справ, e-mail: klk.nauka@gmail.com

Khodin D. S., Cadet, Kremenchug Flight College of Kharkiv National University of Internal Affairs