

УДК 338.3

ДЖЕДЖУЛА В'ячеслав Васильович

доктор економічних наук, професор, професор кафедри фінансів та інноваційного менеджменту, енергоаудитор
Вінницький національний технічний університет, Україна
ORCID ID: 0000-0002-2740-0771
e-mail: djedjulavv@gmail.com

УПРАВЛІННЯ ПОТЕНЦІАЛОМ ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ ПРОМИСЛОВИХ ПІДПРИЄМСТВ

В роботі наведено основні особливості управління потенціалом енергозбереження промислових підприємств. Враховуючи значне зростання вартості енергоносіїв за останній час використання потенціалу енергозбереження промислового підприємства є перспективним і швидкоокупним напрямком зменшення енергоспоживання, а, відповідно і собівартості продукції. Такий підхід дозволяє збільшити рентабельність підприємства, зменшити екологічне навантаження на довколишнє середовище, використати внутрішні резерви підприємства для оптимізації його роботи. Обґрунтовано визначення поняття потенціал енергозбереження промислового підприємства, розглянуто підходи до його визначення. Запропоновано визначати потенціал енергозбереження підприємства в теплових одиницях.

Одним із ефективних напрямків енергозбереження є використання потенціалу довокілля. Безпосереднє спалювання первинних енергоносіїв на даний час є нераціональним. Одним із шляхів реалізації зменшення споживання природного газу, ціна на який зросла дуже суттєво, є використання теплових насосів. Дані пристрої дозволяють перекачувати теплову енергію з повітря, ґрунту або води споживаючи при цьому на виробництво 3...5 кВт год теплової енергії близько 1 кВт год електричної енергії.

Розглянуто результати реального енергетичного аудиту промислового підприємства, наведено вартості одиниць теплової енергії генерованої з різних джерел. Запропоновано сукупність економічно обґрунтованих заходів енергозбереження для впровадження на підприємстві. Визначено чисту приведену вартість та екологічний ефект від впровадження окремого заходу. Обґрунтовано значення коефіцієнта дисконтування для розрахунків економічної привабливості заходів. Розраховано абсолютний і відносні оптимальні потенціали енергозбереження для всіх заходів. Запропоновано оптимальне межове значення потенціалу енергозбереження в 10% при значеннях вище якого потрібно впроваджувати заходи з енергозбереження.

***Ключові слова:** потенціал, енергоаудит, енергозбереження, тепловий насос, рентабельність*

JEL classification: L60; M31

DOI: <https://doi.org/10.31649/ins.2022.1.6.12>

1. ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМИ У ЗАГАЛЬНОМУ ВИГЛЯДІ ТА ЇЇ ЗВ'ЯЗОК ІЗ ВАЖЛИВИМИ НАУКОВИМИ ЧИ ПРАКТИЧНИМИ ЗАВДАННЯМИ

Постійне зростання вартості первинних енергоносіїв призводить до збільшення собівартості продукції та зростанню цін на неї. Така ситуація зменшує рентабельність підприємства та змушує його до пошуку шляхів вирішення енергетичних проблем. Деякі підприємства можуть переходити на

інші види енергоносіїв, альтернативну енергетику, але більшість, особливо у промисловості, тісно зав'язана на традиційних джерелах – газі, електричній енергії, вугіллі. Українські підприємства мають високий рівень енергоємності ВВП. Відповідно до Енергетичної стратегії України до 2035 [1] року поставлена задача зменшити енергоємність ВВП за паритетом купівельної спроможності від поточних 0,28 т н.е./тис. дол. США до 0,13 т н.е./тис. дол. США.

Сподіватися на різкий перехід до відновлювальних джерел не приходиться. Частка постачання енергії від відновлювальних джерел зростає і станом на 2020 рік становить 6,6% від загальної кількості енергетичних джерел. Цієї енергії явно не достатньо, щоби покрити всі запити підприємств, тому питання зменшення енергоспоживання і використання потенціалу енергозбереження є актуальним і потребує дослідження.

2. АНАЛІЗ ОСТАННІХ ДОСЛІДЖЕНЬ ТА ПУБЛІКАЦІЙ

Нормативна база проведення енергетичних аудитів досить широка [2-5]. Також наявні літературні джерела з рекомендаціями щодо реалізації енергетичного обстеження на певних типах підприємств [6-8]. При цьому досить мало уваги в сучасних літературних джерелах присвячено дослідженню і вивченню сутності потенціалу енергозбереження та його структури.

3. ВИДІЛЕННЯ НЕВИРШЕНИХ РАНІШЕ ЧАСТИН ЗАГАЛЬНОЇ ПРОБЛЕМИ, КОТРИМ ПРИСВЯЧУЄТЬСЯ ОЗНАЧЕНА СТАТТЯ

Сучасні літературні джерела надають загально теоретичні рекомендації щодо проведення енергетичних аудитів, але надзвичайно мало висвітлено питання сутності, видів та структури потенціалу енергозбереження.

4. ФОРМУЛЮВАННЯ ЦІЛЕЙ СТАТТИ

Метою статті є систематизація підходів до визначення сутності та особливостей потенціалу енергозбереження промислових підприємств.

5. ВИКЛАД ОСНОВНОГО МАТЕРІАЛУ ДОСЛІДЖЕННЯ З ПОВНИМ ОБҐРУНТУВАННЯМ ОТРИМАНИХ НАУКОВИХ РЕЗУЛЬТАТІВ

Сучасне промислове підприємство має надзвичайно розгалужену мережу енергетичних потоків у своїй структурі. Підприємство може отримувати енергію від

зовнішніх джерел, самостійно генерувати енергію, використовувати потенціал енергозбереження для зменшення споживання первинних енергоносіїв. Вартість зовнішніх джерел первинної енергії постійно і стрімко зростає. Особливого прискорення зростання набуло наприкінці 2021 року. Відповідно до даних Української енергетичної біржі [7] вартість газу з ГТС почала стрімко зростати з середини 2021 року і набула свого максимуму на позначці близько 65 грн за 1 м³ у січні 2022 року (рис. 1). Електрична енергія теж має тенденцію до росту. Такі значні вартості енергоносіїв спонукають менеджмент підприємств до пошуку шляхів зменшення споживання енергії. Але самостійно розібратися в усіх нюансах і аспектах енергозбереження не підготовленому фахівцю практично не можливо. Кожне підприємство має свій потенціал енергозбереження, який потрібно дослідити на структуру, об'єм, та можливість залучення у виробництво.

Поняття «потенціал» в сучасних літературних джерелах трактується по різному. Так Куркина М. П. зазначає, що потенціал це – джерело можливостей, засобів, запасу, які можуть бути приведені в дію, використані для вирішення якої-небудь задачі або досягнення певної мети; можливості окремої особи, суспільства, держави у певній галузі [8, с. 54]. Лапін Є. В. у [9, с. 9] відзначив, що економічний потенціал підприємства варто розглядати як максимально можливий обсяг виробництва матеріальних благ і послуг в умовах, що забезпечують найбільш ефективне використання за часом і продуктивністю наявних економічних ресурсів. Щодо конкретно визначення потенціалу енергозбереження, то їх досить мало. Зокрема І. Б. Запужляк [10, с. 6] зазначила, що потенціал енергозбереження це: складова частина потенціалу підприємства щодо економії ПЕР всіма наявними технічними, технологічними, організаційними, економічними засобами з урахуванням екологічних, економічних, часових та соціально-культурних обмежень.

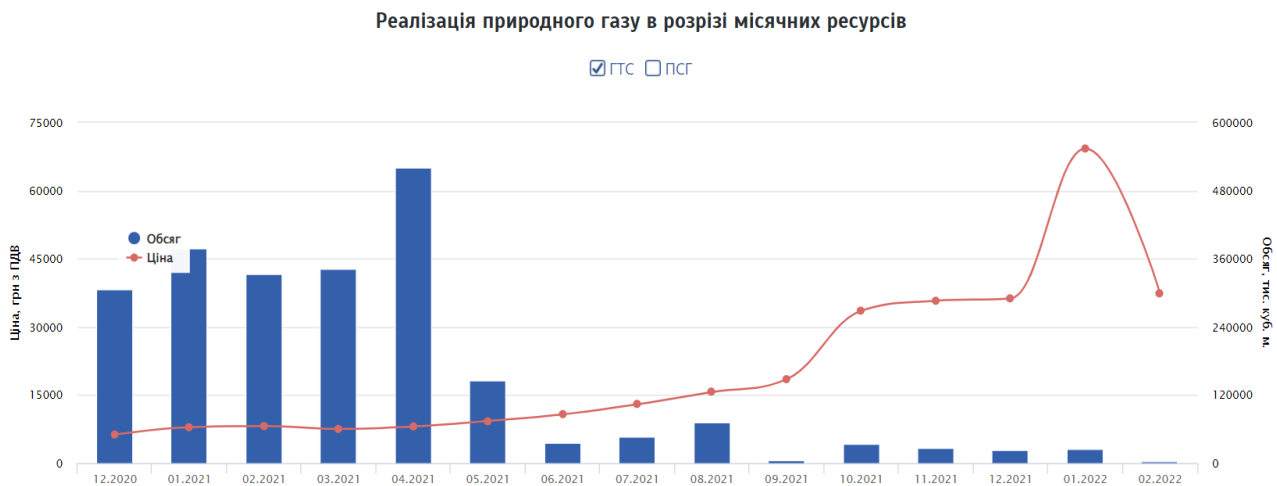


Рис. 1. Вартість і обсяги споживання природного газу в розрізі місячних ресурсів [7]

На нашу думку, потенціал енергозбереження підприємства – це сукупність ресурсів підприємства, які наділені певними резервами у формах, що дозволяє їх економічно обґрунтоване і технічно досяжне використання. Дані резерви можуть виникати в процесі передачі, використання і трансформації енергії під час технологічного процесу виробництва, забезпечення життєдіяльності різних підрозділів підприємства та інших видів використання енергії. На нашу думку існує декілька різновидів потенціалу енергозбереження, але практично оперувати потрібно оптимальним потенціалом. Математично оптимальний потенціал енергозбереження можна визначити за допомогою виразу:

$$P_i = N_f^i - N_{opt}^i, \quad (1)$$

де N_{opt}^i – оптимальне (економічно обґрунтоване та технічно досяжне) споживання i -го енергетичного ресурсу, кВт×год;

N_f^i – фактичне споживання i -го енергетичного ресурсу, кВт×год;

P_i – потенціал енергозбереження i -го енергетичного ресурсу для об'єкта, що досліджується, кВт×год.

На нашу думку, оптимальною одиницею вимірювання потенціалу енергозбереження є одиниця вимірювання енергії, тепла – кВт×год. В цілому, за результатами першого етапу досліджень енергоаудиту визначається теоретичний потенціал енергозбереження – P_i^T . Це потенціал, який теоретично можна досягнути за умов досконалих технічних

можливостей і відсутності обмеження у фінансуванні. Технічні та фінансові обмеження призводять до зменшення величини теоретичного потенціалу і ми отримуємо значення технічно досяжного і економічно обґрунтованого (оптимального) потенціалу енергозбереження:

$$P_i = P_i^T \times k_t \times k_e, \quad (2)$$

де k_t – коефіцієнт технічної досяжності;

k_e – коефіцієнт економічної доцільності.

Дані коефіцієнти знаходяться в теоретичних межах [0.01...0.99] і визначаються експертно.

Сукупність неврахованих факторів при реалізації енергії потенціалу енергозбереження призводить до того, що фактично досягнутий потенціал енергозбереження буде меншим або дорівнювати оптимальному потенціалу енергозбереження. Загальну структуру потенціалу енергозбереження промислового підприємства наведено на рисунку 2.

Як видно з рисунку 2, нами пропонується класифікувати потенціал енергозбереження:

- за участю у виробничому процесі на виробничий і не виробничий;

- за видами джерел, де формується потенціал, на: паливо, стиснене повітря, електрична енергія і теплова енергія;

- за способом розрахунку на абсолютний та відносний;

- за ієрархією структури підприємства на загальний для підприємства, окремого підрозділу чи окремої ланки, пристрою, технологічного процесу тощо.

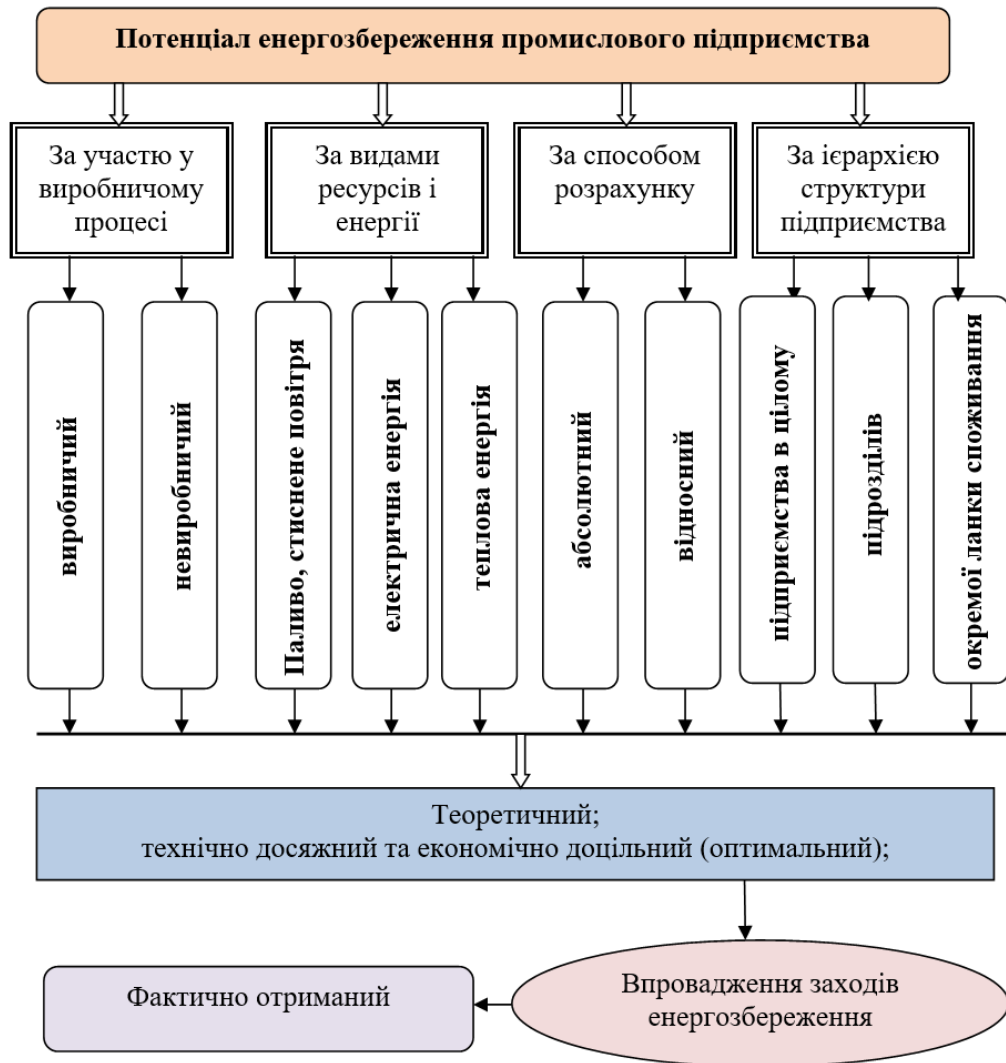


Рис. 2. Загальна структура потенціалу енергозбереження промислового підприємства

Окрему увагу необхідно приділити відносному потенціалу енергозбереження промислового підприємства. Розглянутий вище абсолютний потенціал енергозбереження дозволяє оцінити величину енергії, яку можна вилучити і повернути у виробничий процес чи для інших цілей підприємства. Але коли постає задача порівняти підприємства між собою з позиції величини потенціалу енергозбереження використання абсолютних одиниць є не інформативним. Підприємства різні за видом діяльності, масштабом, структурою споживання енергії, місцеположенням, енергоємністю виробництва та іншим. Тому одним із шляхів порівняння різних підприємств, а також порівняння одного і того ж підприємства при різних сценаріях життєдіяльності і споживання енергоносіїв є використання відносного потенціалу енергозбереження. Відносний потенціал

енергозбереження Π_i^B (теоретичний, оптимальний, фактичний) нами пропонується визначати за формулою:

$$\Pi_i^B = \frac{\Pi_i}{Q + P + E}, \quad (3)$$

де Π_i – потенціал енергозбереження (оптимальний, теоретичний, фактичний), кВт×год;

Q – річне споживання теплової енергії підприємством, кВт×год;

P – річне споживання палива підприємством, кВт×год;

E – річне споживання електричної енергії підприємством, кВт×год.

Відносний потенціал енергозбереження показує яку частку від загальної кількості спожитої енергії підприємством становить абсолютний потенціал енергозбереження. Таким чином, при зміні величини і структури споживання енергії буде змінюватися і

відносний потенціал енергозбереження і саме за його величиною бажано визначати ефективність впровадження заходів енергозбереження і реалізації рекомендацій енергетичного аудиту.

Розглянемо практичний приклад визначення потенціалу енергозбереження на промисловому підприємстві України. Відповідно до вимог щодо комерційної таємниці, розголошення назви підприємства є недопустимим. На підприємстві було проведено енергетичний аудит, за

результатами якого запропоновано 12 заходів з енергозбереження. Як приклад, розглянемо один із заходів енергозбереження - заміна газових котлів і влаштування замість них теплових насосів. Для конкретного підприємства на якому проводився енергоаудит тарифи становили: газ 32 грн 1 м³, вартість електроенергії 3 грн за кВт год.

Тоді, прийнявши сезонний коефіцієнт ефективності для теплового насосу SCOP = 2,8, розрахуємо вартість одиниці теплової енергії генерованої з різних джерел (рис 3).

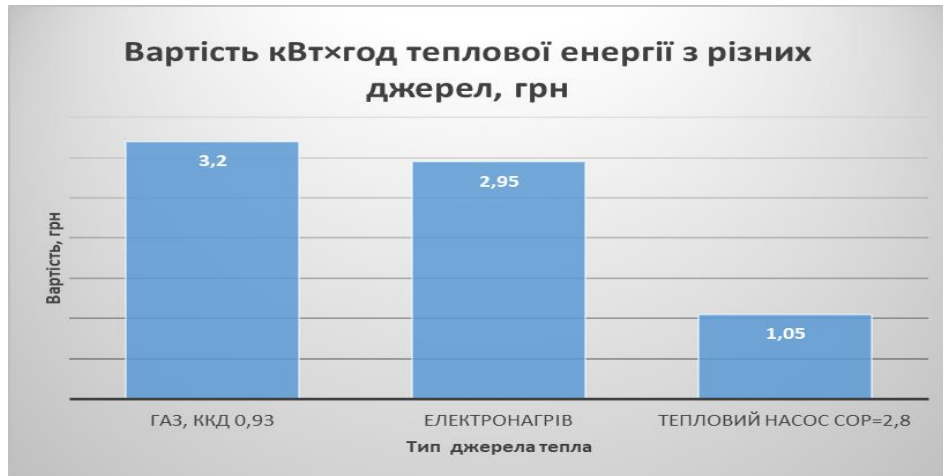


Рис. 3. Вартість одиниці теплової енергії отриманої з різних джерел

За результатами енергоаудиту на промисловому підприємстві прийнято рішення рекомендувати замовникам замінити 4 газових котла потужністю по 500 кВт кожен на теплові насоси. Вартість заміни та модернізації досить значна, і становить близько 33,6 млн грн. Але річна економія ресурсів теж досить значна і, згідно до розрахунків аудиторів, становить 9,3 млн грн при тарифах станом на лютий 2022 року.

Одним із спірних моментів в економічному аналізі заходів енергозбереження є визначення величини ставки дисконтування. Ставку дисконтування для заходів енергозбереження необхідно приймати з врахуванням значень складових:

- відсоткова ставка на депозит (як альтернативне джерело вкладень) – це та винагорода, яку отримало б підприємство, якби надало у користування на певний строк певну суму коштів банку (кошти, виділені на енергозбереження), середній діапазон відповідно даних українських банків – 6% ;
- очікувана відсоткова ставка інфляції – 12% ;
- очікувана відсоткова ставка щорічного зростання вартості енергоносіїв – 10%.

Таким чином, коефіцієнт дисконтування можна прийняти:

$$r = 6 + 12 - 10 = 8\%$$

Результати моделювання інвестиційного процесу енергозбереження наведено в таблиці 1.

Таблиця 1. Показники безперервної інвестиційної моделі впровадження заходів енергозбереження

Коефіцієнт дисконтування	r	0,08	Простий термін окупності	3,627
Щорічний бездисконтний дохід (економія), млн. грн	D	9,28	Чистий дисконтний дохід за 10 років NPV, млн. грн	29
Капітальні інвестиції, млн грн	K	33,66	Індекс дохідності дисконтний	1,85

Таким чином запропонований захід енергозбереження є досить вигідним і дозволяє відмовитися від постійно зростаючого у ціні природного газу. За нинішніх тарифів захід окупиться майже за 4 роки, а при їх зростанні – ще швидше.

Загальний абсолютний оптимальний потенціал енергозбереження за всіма 12 заходами, що було запропоновано становить $P_{\Sigma 1-12} = 4,5$ млн кВт×год. Відносний оптимальний потенціал енергозбереження становить $P_{\Sigma 1-12}^B = 0,262$. Величина зменшення викидів CO₂, кг/рік при впровадженні всіх заходів становить більше 900 тон CO₂.

На нашу думку, значення величини відносного оптимального (або фактичного) потенціалу енергозбереження для сучасних промислових підприємств не повинно перевищувати 10%. При значеннях вище підприємство повинне проводити енергетичний аудит і впроваджувати заходи енергозбереження, при меншому значенні – за бажанням. Вибір оптимальної сукупності заходів енергозбереження до впровадження на підприємстві за умов обмежених інвестиційних ресурсів рекомендується здійснювати за методикою наведеною автором у [11-12].

6. ВИСНОВКИ З ДАНОГО ДОСЛІДЖЕННЯ І ПЕРСПЕКТИВИ ПОДАЛЬШИХ РОЗВІДОК У ДАНОМУ НАПРЯМКУ

Проведення енергетичних аудитів є сучасною необхідністю для всіх підприємств в яких частка вартості енергоносіїв становить більше 15% в собівартості продукції. За результатами енергетичного аудиту здійснюється розрахунок оптимального абсолютного потенціалу енергозбереження та відносного потенціалу, надається сукупність рекомендованих до впровадження заходів енергозбереження. Динаміку покращення енергоефективності підприємства можна відслідковувати за значеннями відносного оптимального (фактично отриманого) потенціалу енергозбереження. Також за величиною цього показника можна здійснювати порівняння рівня енергоефективності різних промислових підприємств та визначати потребу у подальшому зниженні потенціалу енергозбереження на підприємстві.

Література

1. Енергетична стратегія до 2035 року URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/605-2017-%D1%80#Text>
2. ДСТУ ISO 50001:2020 Системи енергетичного менеджменту. Вимоги та настанови щодо застосування (ISO 50001: 2018, IDT)
3. ДСТУ ISO 50002:2016 Енергетичні аудити. Вимоги та настанова щодо їх проведення (ISO 50002:2014, IDT)
4. ДСТУ 4713:2007 Енергетичний аудит промислових підприємств.
5. Загальні вимоги до організації та проведення енергетичного аудиту: Типова методика, затв. Наказом НАЕР від 20.05.2010 № 56. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/rada/show/v0056656-10#Text>
6. Дзядичевич Ю.В., Любезна І.В., Градовий В.В. Зарубіжний досвід у сфері енергозбереження. Інноваційна економіка. 2019. № 1. С. 167–175. URL : <http://inneco.org/index.php/inneco/ article/view/26>
7. Українська енергетична біржа. URL: <https://www.ueex.com.ua/exchange-quotations/>
8. Куркина М. П., Зотов В. В. Человеческий потенциал как категория социального управления регионом. Бизнес Информ. 2012. № 7. С. 53-56.
9. Лапін Є. В. Економічний потенціал підприємств промисловості: формування, оцінка, управління: автореф. дис. д-ра екон. наук: спец. 08.07.01 «Економіка промисловості» / Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут» Харків. 2006. 36 с.
10. Запужляк І. Б. Економічний механізм енергозбереження газо- транспортних підприємств: автореф. на здобуття наук. ступеня к. е. н.: спец. 08.00.04 «Економіка та управління підприємствами» Івано-Франківськ, 2010. 22 с.
11. Джеджула В. В. Енергозбереження промислових підприємств: методологія формування, механізм управління. Вінниця: ВНТУ. 2014. 347 с.
12. Yerpifanova I. Yu., Dzhedzhula V. V. Modelling of potential level of industrial enterprises. *WSEAS Transactions on Environment and Development*. 2021. Volume 17. pp. 556-565

References

1. The Verkhovna Rada of Ukraine (2017) Energy Strategy to 2035. Available at URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/605-2017-%D1%80#Text>
2. DSTU ISO 50001:2020 Energy Management Systems. Requirements and regulations for implementation (ISO 50001: 2018, IDT)

3. DSTU ISO 50002:2016 Energy audits. Requirements and instructions for their implementation (ISO 50002:2014, IDT)
 4. DSTU 4713:2007 "Energy Audit of Industrial Enterprises".
 5. National agency of Ukraine on issues ensuring efficient use of energy resources (2010) General requirements for organizing and conducting an energy audit: Standard methodology, approved by the Order of the NAER. Available at URL: <https://zakon.rada.gov.ua/rada/show/v0056656-10#Text>
 6. Dzyadikevich Y.V., Lubezna I.V., Gradoviy V.V. (2019) Zarubizhnyi dosvid u sferi enerhozberezhennia [Experience in the Sphere of Energy Conservation]. *Innovatsionnaia ekonomika*, № 1, pp. 167-175. Available at URL : <http://inneco.org/index.php/innecoua/article/view/26>
 7. Ukrainian Energy Exchange. URL: <https://www.ueex.com.ua/exchange-quotations>.
 8. Kurkina M.P., Zotov V.V. (2012) Chelovecheskij potencial kak kategorija social'nogo upravlenija regionom [Human potential as a category of social management of the region]. *Business Inform*, no. 7, pp. 53-56.
 9. Lapin E. V. (2006) The Economic Potential of Industrial Enterprises: Formation, Evaluation, Management, PhD in Economics thesis, Economics of Industry, National Technical University "Kharkiv Polytechnic Institute", Kharkiv, Ukraine.
 10. Zaphulyak I. B. (2010) Economic Mechanism of Energy-Saving of Gas-Transport Enterprises, PhD thesis, Economics and Management of Enterprises, Ivano-Frankivsk, Ukraine.
 11. Dzhedzhula V. V (2014) *Enerhozberezhennia promyslovykh pidpriemstv: metodolohiia formuvannia, mekhanizm upravlinnia* [Energy saving of industrial enterprises: methodology of formation, mechanism of management]. Vinnitsa: VNTU.
 12. Yepifanova I. Yu., Dzhedzhula V. V. (2021) Modelling of potential level of industrial enterprises. *WSEAS Transactions on Environment and Development*. Volume 17. pp. 556-565.
-

Abstract

DZHEDZHULA Viacheslav. Managing the energy-saving potential of industrial enterprises

The work shows the main features of the management of industrial enterprises' energy saving potential. Taking into account the significant increase in the cost of energy resources for the last time the use of the energy saving potential of industrial enterprises is a promising and quick way to reduce energy consumption, and, accordingly, the energy consumption of products. Such approach allows increasing profitability of the company, decreasing environmental pressure on the environment, using internal reserves of the company for optimization of its work. The definition of the concept of the potential of energy saving of the industrial enterprise is substantiated, approaches to its definition are considered. It is required to determine the potential of energy saving of the enterprise in thermal units.

One of the effective directions of energy saving is the use of the potential of electricity. Indirect combustion of primary energy resources is currently unreasonable. One of the ways to reduce the consumption of natural gas, the price of which has increased dramatically, is the use of heat pumps. These devices allow pumping thermal energy from the air, soil or water while consuming 3...5 kW of thermal energy per year for production close to 1 kW of electric energy per year.

The results of the real energy audit of the industrial enterprise are reviewed, and the cost of heat energy units generated from various sources is given. A set of economically sound measures of energy saving to be implemented in the enterprise was suggested. Net present value and environmental effect from implementation of the particular approach are determined. The value of the discount coefficient for calculations of economic feasibility of the measures was substantiated. Absolute and relative optimal energy saving potentials for all measures were calculated. The optimal limit value of the energy saving potential of 10% at values above which the energy saving measures should be implemented.

Keywords: *potential, energy audit, energy conservation, heat pump, profitability*

Стаття надійшла до редакції 12.01.2022 р.

Бібліографічний опис статті:

Джеджула В. В. Управління потенціалом енергозбереження промислових підприємств. *Innovation and Sustainability*. 2022. № 1. С. 6-12.

Dzhedzhula V. (2022) Managing the energy-saving potential of industrial enterprises. *Innovation and Sustainability*, № 1, pp. 6-12.