

УДК 621.3

**Ольга Анатоліївна ГОКМЕН**

викладач кафедри економіки підприємства, Дніпровський національний  
університет ім. О. Гончара, Україна, e-mail: [abdurah@i.ua](mailto:abdurah@i.ua),  
ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0001-6283-5327>

**Анатолій Васильович ТРОФИМЕНКО**

кандидат технічних наук, доцент кафедри двигунобудування, Дніпровський національний  
університет ім. О. Гончара, Україна, e-mail: [antrof2005@gmail.com](mailto:antrof2005@gmail.com),  
ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0001-5312-9658>

**ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНІ АСПЕКТИ ЕКОНОМІЇ ПАЛИВА ПРИ  
КОНДИЦІОНУВАННІ ТА ТЕПЛОЗАБЕЗПЕЧЕННІ БУДІВЛІ**

Гокмен, О. А., Трофименко, А. В. Техніко-економічні аспекти економії палива при кондиціонуванні та теплозабезпеченні будівлі // Вісник соціально-економічних досліджень : зб. наук. праць (ISSN 2313-4569); за ред. М. І. Зверякова (голов. ред.) та ін. Одеса : Одеський національний економічний університет. 2018. № 2 (66). С. 129–137.

**Анотація.** У статті проведено техніко-економічне порівняння звичайної установки для теплопостачання і кондиціонування повітря в будинку, яка працює на природньому газі, з установкою, яка працює з використанням сонячної енергії. Показано, що завдяки комплексному врахуванню технічних, економічних, екологічних та інших аспектів можна розв'язати господарську та науково-технічну проблему щодо скорочення споживання традиційних паливно-енергетичних ресурсів. Застосування техніко-економічних методик та інформаційно-комунікативних технологій спонукає до посилення вимог щодо економічної ефективності комплексу маркетингових технологій високотехнологічних підприємств. Оскільки вартість газу і електроенергії постійно зростає, виникає необхідність вирішення проблеми щодо зменшення їх споживання кондиціонерами повітря. Для відмови від використання електроенергії пропонується розробка систем кондиціонування повітря з живленням від сонячної енергії. Загострення екологічних проблем обумовлює необхідність застосування сонячних систем кондиціонування повітря, робота яких базується на різниці температур денного та нічного повітря. У зв'язку з цим важливого значення набуває застосування комбінованих сонячних установок, що використовуються як для опалення в холодний період року, так і для охолодження його в теплий період. Використання сонячної енергії для кондиціонування заманливо й тому, що графік приходу сонячної енергії збігається з графіком споживання холоду й тому, що додавання сонячного охолодження до опалення дозволяє значно поліпшити економіку сонячного теплопостачання. Проаналізовано витрати на встановлення обладнання і експлуатацію, а також на використання природнього газу і електроенергії. Встановлено, що користувач витратить на встановлення нового обладнання у 2,27 разів більше ніж на звичайну систему, але кожного місяця він буде витрачати на 70% менше електроенергії в режимі кондиціонування та на 310 м<sup>3</sup> природнього газу в режимі опалення. Обґрунтовано, що впродовж п'яти років користувач витратить на 104111,3 грн. менше, ніж при користуванні звичайною установкою. Запропоновано в подальших розробках систем для теплопостачання і кондиціонування повітря в будинку вирішувати екологічні проблеми, які залежать від кількості використання природнього палива в масштабах населеного пункту, міста, країни.

**Ключові слова:** енергозбереження; теплопостачання; кондиціонування; сонячна енергія; теплова потужність; геліоколектор; витрати палива; вартість установки; тепловий насос; ґрунтовий акумулятор.

**Ольга Анатоліївна ГОКМЕН**

преподаватель кафедры экономики предприятия, Днепропетровский национальный  
университет им. О. Гончара, Украина, e-mail: [abdurah@i.ua](mailto:abdurah@i.ua),  
ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0001-6283-5327>

**Анатолій Васильович ТРОФИМЕНКО**

кандидат технических наук, доцент кафедры двигателестроения, Днепропетровский  
национальный университет им. О. Гончара, Украина, e-mail: [antrof2005@gmail.com](mailto:antrof2005@gmail.com),  
ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0001-5312-9658>

## ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ЭКОНОМИИ ТОПЛИВА ПРИ КОНДИЦИОНИРОВАНИИ И ТЕПЛОСНАБЖЕНИИ ДОМА

Гокмен, О. А., Трофименко, А. В. Техничко-економические аспекты экономии топлива при кондиционировании и теплоснабжении дома // Вестник социально-экономических исследований : сб. науч. трудов (ISSN 2313-4569); под ред. М. И. Зверякова (глав. ред.) и др. Одесса : Одесский национальный экономический университет. 2018. № 2 (66). С. 129–137.

**Аннотация.** В статье проведено технико-экономическое сравнение обычной установки для теплоснабжения и кондиционирования воздуха в помещении, которая работает на природном газе, с установкой, работающей с использованием солнечной энергии. Показано, что благодаря комплексному учету технических, экономических, экологических и других аспектов можно решить хозяйственную и научно-техническую проблему сокращения потребления традиционных топливно-энергетических ресурсов. Применение технико-экономических методик и информационно-коммуникативных технологий обуславливает ужесточение требований к экономической эффективности комплекса маркетинговых технологий высокотехнологических предприятий. Поскольку стоимость газа и электроэнергии постоянно возрастает, возникает необходимость в решении проблемы уменьшения их потребления кондиционерами воздуха. Для отказа использования электроэнергии предлагается разработать системы кондиционирования воздуха с питанием от солнечной энергии. Обострение экологических проблем обуславливает необходимость применения солнечных систем кондиционирования воздуха, работа которых основана на разнице температур дневного и ночного воздуха. Поэтому важное значение приобретает применение комбинированных солнечных установок, которые используют как для отопления в холодный период года, так и для охлаждения помещения в теплый период. Использование солнечной энергии для кондиционирования привлекательно еще и потому, что график прихода солнечной энергии совпадает с графиком использования холода и потому, что добавление солнечного охлаждения к отоплению позволяет значительно улучшить экономику солнечного теплоснабжения. Проанализированы расходы на оборудование установки и эксплуатацию, а также на использование природного газа и электроэнергии. Установлено, что пользователь потратит на приобретение и установку нового оборудования в 2,27 раз больше, чем на обычную установку, однако каждый месяц он будет тратить на 70% меньше электроэнергии в режиме кондиционирования и на 310 м<sup>3</sup> меньше природного газа в режиме отопления. Обосновано, что на протяжении пяти лет пользователь потратит на 104111,3 грн. меньше, чем при эксплуатации обычной установки. Предложено в дальнейших разработках систем для теплоснабжения и кондиционирования воздуха в здании решать экологические проблемы, которые зависят от количества используемого природного топлива в масштабах населенного пункта, города, страны.

**Ключевые слова:** энергосбережение; теплоснабжение; кондиционирование; солнечная энергия; тепловая мощность; гелиоколлектор; расход топлива; стоимость установки; тепловой насос; грунтовый аккумулятор.

**Olga GOCMEN**

Lecturer of Enterprise Economics Department, Oles Honchar Dnipropetrovsk National University, Ukraine, e-mail: [abdurah@i.ua](mailto:abdurah@i.ua), ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0001-6283-5327>

**Anatolii TROFYMENKO**

PhD in Engineering Sciences, Associate Professor of Engine Building Department, Oles Honchar Dnipropetrovsk National University, Ukraine, e-mail: [antrof2005@gmail.com](mailto:antrof2005@gmail.com), ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0001-5312-9658>

## TECHNICAL AND ECONOMIC ASPECTS OF FUEL SAVING IN AIR-CONDITIONING AND HOUSE HEAT SUPPLY

Gokmen, O., Trofymenko, A. (2018). Technical and economic aspects of fuel saving in air-conditioning and house heat supply. Ed.: M. Zveryakov (ed.-in-ch.) and others [Техничко-економичні аспекти економії палива при кондиціонуванні та теплозабезпеченні будівлі; за ред.: М. І. Зверякова (гол. ред.) та ін.], Socio-economic research bulletin; Вісник соціально-економічних досліджень (ISSN 2313-4569), Odessa National Economic University, Odessa, No. 2 (66), pp. 129–137.

**Abstract.** Technical and economic comparison of typical facility for heat supply and indoor air-conditioning, which is operated on natural gas, with the facility working with the use of solar energy is conducted. It is shown that due to the integrated accounting of technical, economic, ecological and other aspects it is possible to solve an economic, scientific and technical problem of reduction of consumption of traditional fuel and energy resources. Application of technical

and economic methods and information and communication technologies leads to strengthening of the requirements for economic efficiency of complex of marketing technologies of the high-technology enterprises. Since cost of gas and electricity is increasing constantly, there is a problem of reduction of their consumption by air conditioners. For refusal of electricity use, it is proposed to design a system of air conditioning on solar power. A growing environmental problems leads to necessity of application of air conditioning systems on solar power that are based on a difference of daytime and night-time air temperatures. Therefore, it is increasingly important to apply the combined solar facilities, which are used for heating during the cold season, and for cooling of premises during the warm period. The use of solar energy for air conditioning is also beneficial because the schedule of solar energy inflow coincides with the schedule of use of cold and because the addition of solar cooling to heating allows to improve economy of solar heat supply considerably. Costs of the facilities installation and maintenance as well as costs of using natural gas and electricity are analyzed. It is identified that users will spend 2.27 times more on purchasing and installation of the new equipment than on typical installation. However, they will spend 70 per cent less electricity in the air-conditioning mode and 310 m<sup>3</sup> less natural gas in the heating mode every month. It is proved that throughout five years the user will spend UAH 104111.3 less than using typical facility. In the further engineering of system for heat supply and air conditioning in buildings it is offered to solve environmental problems, which depend on quantity of used natural fuel in scales of settlement, cities, countries.

**Keywords:** energy savings; heat supply; air-conditioning; solar energy; thermal capacity; solar collector; fuel consumption; installation cost; thermal pump; soil accumulator.

**JEL classification:** L720; L740

**Постановка проблеми у загальному вигляді.** Розширення міжнародного економічного співробітництва України потребує енергетичної політики, котра була би когерентною політиці провідних держав світу, насамперед, Європейського співтовариства. Країни ЄС докладають значних зусиль до підвищення своєї енергетичної безпеки, розширення можливостей використання власних відновлюваних енергоресурсів, зменшення шкідливого впливу енергетики на довкілля.

Проблема енергозбереження, використання потенціалу відновлюваних джерел енергії, перехід на технології, що дозволяють частково або повністю відійти від використання газу та іншого викопного органічного палива, є на сьогодні актуальною та пріоритетною в Україні. Необхідним є широкомасштабне впровадження в системах енергозабезпечення нових інженерних і конструктивних рішень, в яких передбачено комплексне використання енергії відновлюваних джерел (сонячна енергія, тепло навколишнього середовища, вітрового потенціалу та ін.).

**Аналіз досліджень і публікацій останніх років.** Відомо, що усі проблеми енергозбереження вирішуються інженерними засобами, які спрямовані на підвищення показників термічного опору огорожувальних конструкцій споруд та підвищення коефіцієнту корисної дії встановленого в них устаткування та приладів [1, с.68; 2, с.59–60; 3, с.15–18; 4, с.1–3; 5, с.23–37]. Але для реалізації таких заходів необхідні витрати фінансово-матеріальних ресурсів як при будівництві, так і при подальшій експлуатації споруд [6, с.8–10; 7, с.35–37; 8, с.481–488; 9, с.234–237]. Економічний потенціал відновлюваних джерел енергії у світі наразі оцінюється в 20 млрд. т. у.п. на рік, що вдвічі перевищує обсяги річного видобутку усіх видів викопного палива. Ці обставини вказують найбільш раціональний шлях розвитку енергетики на найближче майбутнє [10, с.1–2; 11, с.1–2]. При цьому основна перевага відновлюваних джерел енергії – невичерпаність і екологічна чистота, а використання не змінює енергетичний баланс планети [4, с.1–3; 12, с.59–61; 13, с.684–690]. Нові перспективні технології традиційної енергетики підвищують ефективність використання енергоносіїв і частково зменшують кількість шкідливих викидів, однак повністю не вирішують екологічну проблему. У зв'язку з цим виникає необхідність як виявлення можливостей раціонального використання ресурсів традиційної енергетики, так і розвиток робіт у напрямку засвоєння технологій нетрадиційної енергетики [14, с.60–66; 15, с. 31–39; 16, с.216–231].

**Виділення невирішених раніше частин загальної проблеми.** Наявність специфічного обладнання та взаємозв'язку конструктивних елементів призводить до виникнення проблем невідповідності генерованої потужності та супутніх ефектів на ефективність їх використання.

Тільки завдяки комплексному врахуванню технічних, економічних, екологічних та інших аспектів можна розв'язати господарську та науково-технічну проблему скорочення споживання традиційних паливно-енергетичних ресурсів. Застосування техніко-економічних методик та інформаційно-комунікативних технологій спонукає до посилення вимог щодо економічної ефективності комплексу маркетингових технологій високотехнологічних підприємств.

**Постановка завдання.** З метою формування європейської ментальності у вітчизняних споживачів, посередників, постачальників, інших учасників ринкових процесів варто проводити відповідне маркетингове комунікаційне забезпечення створення і просування на ринки інноваційних енергозберігаючих технологій в Україні.

Сьогодні широко ведеться пошук оптимальних конструкцій установок для теплопостачання і кондиціонування повітря. Значні зусилля спрямовані на вирішення питань, пов'язаних з підвищенням економічності установок. Проектуються прилади та засоби, спрямовані на скорочення втрат енергії [17, с.1–5; 18, с.84–89]. Оскільки вартість електроенергії постійно зростає – виникає проблема щодо зменшення її споживання кондиціонерами повітря. Для відмови від використання електроенергії пропонується розробка систем кондиціонування повітря з живленням від сонячної енергії [13, с.217–221; 15, с.31–39]. У зв'язку із загостренням екологічних проблем особливе місце займають сонячні системи кондиціонування повітря, робота яких базується на різниці температур денного та нічного повітря. Здебільшого це комбіновані сонячні установки, що використовуються як для опалення в холодний період року, так і для охолодження його в теплий період.

**Виклад основного матеріалу дослідження.** Використання сонячної енергії для кондиціонування повітря – приваблива ідея не тільки для південних регіонів, де витрати на охолодження є визначальними у витратах тепла на підтримку в приміщеннях комфортних умов, але й для кондиціонування повітря в суспільних будинках середніх і навіть північних регіонів. Використання сонячної енергії для кондиціонування заманливо й тому, що графік приходу сонячної енергії збігається із графіком споживання холоду й тому, що додавання сонячного охолодження до опалення дозволяє значно поліпшити економіку сонячного теплопостачання.

Перший і головний чинник, який важливий при розрахунку потужності кондиціонера – потужність кондиціонера вважається для вже охолодженого приміщення, а не для жаркого. А пояснення цьому дуже просте. Отже є спекотне приміщення, кондиціонер почав його охолоджувати. Температуру на вулиці поки вважаємо постійною (під спеки). У міру охолодження повітря всередині приміщення зростає теплоприток всередину приміщення. Звідки береться теплоприток і як він розраховується наведено в роботах [1, с.67–70; 2, с.59–61]. Важливо, що більша частина теплопритоку прямо пропорційна різниці зовнішньої і внутрішньої температур ( $t_s - t_o$ ). У міру охолодження приміщення кондиціонеру стає все важче видаляти надлишки тепла (теплоприток постійно збільшується), і поступово настає рівновага між припливом тепла в приміщення і його видаленням за допомогою кондиціонера.

Таким чином необхідна потужність кондиціонера дорівнює по абсолютній величині сумі теплопритоків у вже охолоджене приміщення. Кондиціонер при цьому справляється зі своїми безпосередніми обов'язками – на вулиці жарко, а у середині приміщення бажані 20°C. Не варто плутати необхідну потужність охолодження кондиціонера зі швидкістю охолодження (на скільки градусів спекотне приміщення охолоджується за годину). Це різні речі. У будь-якому випадку, виходити зі швидкості охолодження в розрахунках потужності кондиціонера не можна, тому що ми не отримаємо правильної потужності.

Завжди варто обирати кондиціонер за потужністю, близькою до оптимальної. Занадто потужний кондиціонер буде змушений для підтримки комфортної температури постійно вмикатися і вимикатися.

У першу чергу, враховують зовнішні теплонадходження. Це, перш за все, сонячна радіація, яка проникає через віконні отвори. Кількість теплової енергії, що надходить таким

чином, залежить від розташування вікна щодо сторін світла, його площі та наявності на ньому сонцезахисних елементів. Друга група теплопритоків, це тепловиділення від внутрішніх джерел в приміщенні, – від людей, освітлення, електрообладнання тощо.

Розглянемо будівлю яка побудована за сучасними технологіями. Стіни представляють конструкцію із шести шарів. Перший шар – будівельна цегла товщиною 120 мм, другий шар – пінопласт товщиною 100 мм, третій шар – пінобетон товщиною 200 мм, четвертий – зазор із повітря між стіною та гіпсокартоном товщиною 28 мм, п'ятий – гіпсокартон товщиною 10 мм, шостий – внутрішня ґрунтовка і шпаклівка товщиною 3 мм.

Для порівняння будемо розглядати двохповерховий будинок загальною площею 220 м<sup>2</sup>. За базовий об'єкт прийнято систему теплозабезпечення і кондиціонування, яка працює від газового котла. Система охолодження виявляє двоїстий вплив на ефективність системи опалення і гарячого водопостачання. По-перше, колектор постачає систему додатковою корисною енергією влітку, знижуючи витрати на отримання енергії. По-друге, використання колектора для кондиціонування повітря значно скорочує витрати енергії на гаряче водопостачання влітку. Аналіз теплових характеристик системи за повний період опалення і охолодження дозволяє оцінювати вплив тих або інших факторів на ефективність системи в цілому.

Розрахункова тепла потужність системи опалення повинна визначатися за формулою:

$$Q = Q_1 + Q_2 - Q_3, \quad (1)$$

де  $Q_1$  – розрахункові втрати (надходження) тепла до будинку, Вт;  $Q_2$  – втрати тепла трубопроводів, які проходять в неопалених приміщеннях, Вт;  $Q_3$  – тепловий потік, який регулярно надходить від освітлення, обладнання та людей, і варто враховувати в цілому на систему опалення будинку.

Розрахункова потужність системи кондиціонування визначається за формулою:

$$\Delta Q = Q_1 + Q_3, \quad (2)$$

Розрахункові теплові втрати  $Q_1$  визначимо за формулою:

$$Q_1 = Q_a + Q_e, \quad (3)$$

де  $Q_a$  – тепловий потік через огорожувальні конструкції, Вт;  $Q_e$  – втрати тепла на нагрів (охолодження) вентиляційного повітря, Вт.

Результати розрахунків наведено в табл. 1.

Таблиця 1

Розрахункові теплові потоки (розроблено авторами)

Тепловий потік	Значення, Вт
Теплові втрати будинку через огорожувальні конструкції, $Q_a$	11535
Втрати тепла на нагрів вентиляційного повітря, $Q_e$	10542
Сумарні теплові втрати будинку, $Q_1$	22077
Тепловий потік від освітлення, обладнання та людей, $Q_3$	2500

Таким чином, тепла потужність системи опалення згідно з формулою (1) складає 19577 Вт.

Сумарний надлишок тепла в приміщенні в теплу пору року дорівнює  $\Delta Q = 5789$  Вт. Визначимо площу усіх геліоколекторів на даху будівлі. Обираємо тип колектора: параболоциліндричний. Максимальна площа системи геліоколекторів складає 169 м<sup>2</sup>. Враховуючи, що розміри даху 6,6×10 м<sup>2</sup>, на ньому можна розмістити не більш ніж шість

панелей геліоколекторів. Вибираємо раціональну кількість панелей 6 штук з урахуванням найбільшої та найменшої площ та місячних навантажень. Отже площа геліоколекторів дорівнює 54 м<sup>2</sup>. При більших розмірах колектора тривалість протягом року, в якому будуть використовувати надмірну площину колектора суттєво зменшується, що призводить до зменшення ступеня корисного використання всього колектора. Таким чином, системи менших розмірів, працюючи при низьких температурах, більш ефективно використовують сонячну енергію за рахунок високого коефіцієнта корисної дії колектора.

Взагалі вся система сонячного опалення містить контур геліоколекторів, тепловий насос з проміжним тепловим акумулятором і контур ґрунтового теплового акумулятора. Схема, робота та взаємодія геліосистеми, теплового насоса і ґрунтового акумулятора тепла описані в роботі [14, с.61–65]. В табл. 2 наведено параметри геліосистеми.

Таблиця 2

Параметри геліоколектора (розроблено авторами)

Характеристики	Величина
Потужність геліоколектора взимку, Вт*год.;	5872
влітку, Вт*год.	16171
Середньорічна потужність, Вт*год.	10171
Витрати теплоносія, кг/с	0,086

Варто зазначити, що ця сонячна система тепlopостачання будинку призначена не як самостійна, а як додаткова система, яка дозволяє покрити 70% всього теплового навантаження, що виправдало розрахункові припущення у результаті тривалої експлуатації.

Економічний аналіз системи переслідує дві цілі: оптимізувати систему і порівняти її зі звичайними системами того ж призначення. Основні річні витрати на систему сонячного опалення (без урахування додаткового джерела енергії) складають річні витрати, які пов'язані з придбанням елементів системи, включно колектор, бак-акумулятор, регулятори, насоси, трубопроводи з тепловою ізоляцією, річні витрати на експлуатацію системи, вартість енергії для приводів насосів і вентилятора, річні витрати на технічне обслуговування системи.

Річні витрати, які пов'язані з придбанням, визначаються початковими вкладками і складають відсоток на вкладений капітал і погашення за декілька років, які визначаються строком дії самої системи. Сума таких щорічних витрат розрахована у вигляді визначеного відсотка від загальної суми вкладень і складає для терміну амортизації 20 років і річної норми відсотка 8%, величину 0,10185 від первинних вкладень.

Аналіз дослідження такої системи ілюструє можливість прогнозування теплової ефективності, а також методи використання цих результатів для досягнення найменшої загальної вартості.

Визначені технічні показники базової системи тепlopобезпечення та кондиціонування, наведені в табл. 3.

Таблиця 3

Технічні показники базового об'єкту (розроблено авторами)

Технічні характеристики	Одиниця вимірювання	Величина
Еквівалентна потужність опалення	кВт	19,6
Еквівалентна потужність кондиціонування	кВт	5,8
Середні добові витрати газу	м <sup>3</sup>	14,9
Середні добові витрати електроенергії	кВт*год/доб	22,9
Ціна установки	грн.	52405

Варто зауважити, що реальна вартість установки, допоміжного обладнання для неї і палива може змінюватися залежно від району країни, типа будівлі й пори року.

Результати розрахунків економічних характеристик базового об'єкту наведені в табл. 4.

Таблиця 4

## Витрати на базовий об'єкт (розроблено авторами)

1. Витрати на обладнання	Величина, грн.
Котел газовий	4675
Труба вихлопних газів	1580
Циркуляційний насос	950
Розширювальний бак	1500
Запорна арматура х4	480
Труби	1000
Кондиціонер х4	36720
2. Витрати на монтаж системи	5500
3. Витрати сировини	
Витрати на газ за 5 років	93650,4
Витрати на електроенергію за 5 років	55080

Розрахуємо кількість витрат на складові системи та вартість її монтажу:

$$C = B_k + B_m = 4675 + 1580 + 950 + 1500 + 480 + 1000 + 36720 + 5500 + 52405 \text{ грн.},$$

де  $B_k$  – вартість компонентів;  $B_m$  – вартість монтажу.

Економічне порівняння об'єктів. Порівняємо вартість обох об'єктів зі строком служби 5 років. Експлуатаційні витрати для системи сонячного опалення, які пов'язані переважно з витратами енергії на прокачку теплоносія крізь колектор, для добре спроектованої системи невеликі та можливо їх не враховувати. Порівняльна економічна характеристика базового та нового об'єктів наведена в табл. 5.

Таблиця 5

## Економічні порівняння базового та нового об'єктів (розроблено авторами)

Параметри	Базовий	Новий
Загальна ціна, грн.	52405	119310
Вартість сировини, грн.	148730,4	44619,1
Технічне обслуговування, грн.	2900	5000
Усього, грн.	204035,4	168929,1

**Висновки і перспективи подальших розробок.** У статті проведено техніко-економічне порівняння базового об'єкту та нового з використанням сонячної енергії. Встановлено, що користувач витратить на установку нового об'єкту 119310,1 грн. (у 2,27 разів більше ніж на базову систему), але кожного місяця він буде витратити на 1735,2 грн. менше у режимі кондиціонування та на 289,63 грн. у режимі опалення, тобто за п'ять років користувач витратить на 35106,3 грн. менше, ніж при користуванні базовим об'єктом.

Варто зазначити, що цінність переходу до розширеного використання відновлюваних джерел енергії дозволить вирішити низку проблем, пов'язаних із забезпеченням надійного і економічного теплопостачання об'єктів, забрудненням довкілля та глобальним потеплінням, зменшить загрозу енергетичної та економічної кризи.

Перспективи подальших розробок полягають у вирішенні екологічної проблеми, яка залежить від кількості використання природного палива для опалення і кондиціонування приміщень у масштабах населеного пункту, міста, країни.

**Література**

1. Накорчевский А. И. Система теплоснабжения теплоавтономного дома // Промышленная теплотехника. 2009. Т. 31. № 1. С. 67–73.
2. Трофименко А. В., Андреева М. В., Андреев А. А. Применение солнечной энергии для отопления, горячего водоснабжения и кондиционирования пассажирских вагонов // Залізничний транспорт України. 2009. № 1. С. 59–61.
3. Накашидзе Л. В., Габринец В. А., Трофименко А. В. Факторы влияющие на тепловой баланс сооружения при использовании энергии альтернативных источников // Відновлювана енергетика. 2015. № 5. С. 15–21.
4. Пат. 96845, Україна МПК С 02 F 11/04, С 02 F 3/28 Біоенергокомплекс / Козуб А. Ю., Трофименко А. В. Заявники та патентовласники: Козуб А. Ю., Трофименко А. В. № а201004592; заявл. 19.04.10, опубл. 12.12.2011. Бюл. № 23.
5. Ruzhu W., Tianshu G. (2016). *Advances in solar heating and cooling* // Woodhead Publishing. 1<sup>st</sup> ed. 596 p.
6. Габринец В. О., Марков В. Л., Зарівняк Г. Ш., Митрохов С. О. Дослідження особливостей побудови енергоефективних огорожень як елементів систем енергозабезпечення // Проблеми високотемпературної техніки: зб. наук. праць. Дніпропетровськ : ДНУ. 2011. С. 7–14. ISBN 978-617-518-213-0.
7. Bredford T. (2006). *Solar revolution. The economic transformation of the global energy industry*. Press Cambridge, London. 224 p.
8. Joanico L. (2009). A new design of roof-integration water solar collector for domestic heating and cooling // *Solar energy*. Vol. 82. Pp. 481–492.
9. Sarbu I., Sebarchievici C. (2017). *Solar heating and cooling systems* // Academic Press. 1<sup>st</sup> ed. 432 p.
10. Пат. 112923, Україна МПК F 24 J 3/08, F 24 J 2/34 Спосіб зарядки і видобування геотермального тепла з ґрунту / Мартинез Л. А., Трофименко А. В. Заявники та патентовласники: Мартинез Л. А., Трофименко А. В. – № а 201503476; заявл. 14.04.15 опубл. 10.11.2016. Бюл. № 21.
11. Пат. 94182, Україна МПК F 03 B 13/08, F 03 B 17/00, F 03 G 7/00 Установка перетворювання енергії осмосу в електроенергію / Трофименко А. В., Трофименко О. А. Заявники та патентовласники: Трофименко А. В., Трофименко О. А. № а201001948; заявл. 22.02.10, опубл. 11.04.2011. Бюл. № 7.
12. Дмитренко А. А., Трофименко А. В. Полная и явная хладопроизводительность систем кондиционирования и реализация бинарного цикла // Відновлювана енергетика. 2011. № 4. С. 59–61.
13. Kalogiron S. (2009). *Solar energy engineering : processes and systems*. 1<sup>st</sup> ed. Academic Press. California. 759 p.
14. Трофименко А. В., Дубов М. Ю., Лапко Д. П. и др. Результаты эксплуатации солнечных коллекторов в системе теплоснабжения дома // Промышленная теплотехника. 2011. Т. 33. № 5. С. 60–66.
15. Зысин В. А. Отопительные установки с тепловым насосом // Труды ЦКТИ. М.–Л.: Машигиз, 1947. Кн. 4. Вып. 1. С. 31–39.
16. Sorensen B. (2015). *Solar energy storage* // Academic Press. 1<sup>st</sup> ed. 394 p.
17. Пат. 58921 Україна, МПК F 25 В 9/00. Тепловий насос / А. В. Трофименко, А. А. Дмитренко; заявники та патентовласники: Дмитренко А. А., Трофименко А. В., № и201012584; заявл. 25.10.10; опубл. 26.04.2011, Бюл. № 8.
18. Накашидзе Л. В. Улучшение эксплуатационных характеристик сооружений при использовании энергии альтернативных источников // Международный науч. журнал «Альтернативная энергетика и экология». 2014. № 23. С. 84–89.

**References**

1. Nakorchevsky, A. I. (2009). System of heat supply in autonomy heating house [Sistema teplosnabzheniya teploavtonomnogo doma], *Promyshlennaya teplotekhnika*, T. 31, No. 1, s. 67–73 [in Russian]



2. Trofymenko, A. V., Andreeva, M. V., Andreev, A. A. (2009). Application of solar energy for heating, hot water supply and air-conditioning of carriages [Primenenie solnechnoy energii dlya otopleniya goryachego vodosnabzheniya i conditionirovaniya passazhirskikh vagonov], *Zalozhnychnyi transport Ukrainy*. No. 1, s. 59–61 [in Russian]
3. Nakashidze, L. V., Gabrinets, V. A., Trofymenko, A. V. (2015). Factors influencing thermal balance in use of alternative energy sources [Faktory vliyayushchie na teplovoy balans sooruzheniya pri ispolzovanii alternativnykh istochnikov energii] *Vidnovliuvana enerhetyka*, No. 5, s. 15–21 [in Russian-Ukrainian]
4. Trofymenko, A. V., Kozub, A. Ju. Bioenergy complex» [Bioenerhokompleks], Patent No. 96845, *Ukraina, Biul. No. 23* [in Ukrainian]
5. Ruzhu, W., Tianshu, G. (2016). *Advances in solar heating and cooling*. 1<sup>st</sup> ed. Woodhead Publishing, 596 p.
6. Gabrinets, V. A., Markov, V. L., Zaryvnyak, G. Sh. (2011). Research of features of power active fences construction as elements of power supply systems [Doslidzhennia osoblyvosti pobudovy enerhoaktivnykh ohorodzen yak elementiv system enerhozabespechennia], *Problemy vysokotemperaturnoi tekhniki, Dnipropetrovsk, DNU*, s. 7–14 [in Ukrainian]
7. Bredford, T. (2006). *Solar revolution. The economic transformation of the global energy industry*. Press Cambridge, London. 224 p.
8. Joanico, L. (2009). A new design of roof-integration water solar collector for domestic heating and cooling, *Solar energy*, Vol. 82, pp. 481–492.
9. Sarbu, I., Sebarchievici, C. (2017). *Solar heating and cooling systems*. 1<sup>st</sup> ed. Academic Press, 432 p.
10. Martinez, L. A., Trofymenko, A. V. (2016). Way of charging and extraction of thermal energy from a ground [Sposib zariadky i vydobuvannia heotermalnoho tepla z hruntu], Patent No. 112923, *Ukraina, Biul. No. 21* [in Ukrainian]
11. Trofymenko, A. V., Trofymenko, O. A. (2011). Construction of osmotic energy transformation in electricity [Ustanovka peretvoriuvannia enerhii osmosu v elektroenerhiiu], Patent No. 94182, *Ukraina, Biul. No. 7* [in Ukrainian]
12. Dmitrenko, A. A., Trofymenko, A. V. (2011). Full and evident cold production of air conditioning systems and realization of a binary cycle [Polnaya i yavnaya khladoproizvoditelnost sistem konditsionirovaniya i realizatsiya binarnogo tsikla], *Vidnovliuvana enerhetyka*, No. 4, s. 59–61 [in Russian-Ukrainian]
13. Kalogiron, S. (2009). *Solar energy engineering: processes and systems*. 1<sup>st</sup> ed. Academic Press. California. 759 p.
14. Trofymenko, A. V., Dubov, M. Ju., Lapko, D. P. (2011). Operation results of solar collectors in system of heat supply for house [Rezultaty ekspluatatsii solnechnykh kollektorov v sisteme teplosnabzheniya doma], *Promyshlennaya teplotekhnika*, T. 33, No. 5, s. 60–66 [in Russian]
15. Zysin, V. A. (1947). Heating facilities with the thermal pump [Otopitelnye ustanovki s teplovym nasosom], *Works CKTI, Moskva, Book 4, Vyp. 1*, s. 31–39 [in Russian]
16. Sorensen, B. (2015). *Solar energy storage*. 1<sup>st</sup> ed. Academic Press, 394 p.
17. Trofymenko, A. V., Dmitrenko, A. A. (2011). Heat pump [Teplovoi nasos], Patent No. 58921, *Ukraina, Biuletyn No. 7* [in Ukrainian]
18. Nakashidze, L. V. (2014). Improvement of operational characteristics of constructions in the use of alternative energy sources [Uluchshenie ekspluatatsionnykh kharakteristik sooruzheniy pri ispolzovanii alternativnykh istochnikov], *Alternativnaya energetika i ekologiya*, No. 23, s. 84–89 [in Russian]