

Полив'янчук А.П., Полив'янчук Н.М., Семененко Р.А., Романенко С.В., Онацький Д.П.

Харківський національний університет міського господарства імені О.М. Бекетова, Україна

ДОСЛІДЖЕННЯ ЕКОЛОГО-ЕКОНОМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ ГЕЛІОСИСТЕМ ПРИ РЕАЛІЗАЦІЇ КОНЦЕПЦІЇ СТАЛОГО РОЗВИТКУ В КОМУНАЛЬНІЙ ЕНЕРГЕТИЦІ

Представлені результати комплексного оцінювання енергетичного, екологічного та економічного ефектів від використання альтернативного джерела тепlopостачання – геліосистеми, яка складається з 180-ти сонячних колекторів SKT 1.0, на натурному об'єкті – Комунальному закладі «Харківський палац дитячої та юнацької творчості Харківської міської ради Харківської області». В якості критерії ефективності розглядалися: теплопродуктивність, економія ресурсів, зменшення викидів CO₂, ін.

Ключові слова: сталий розвиток, тепlopостачання, альтернативні джерела, енергозбереження, натурний об'єкт, геліосистема, енергоефективність.

Вступ

Актуальною проблемою вітчизняного комунального сектору економіки є нераціональне використання теплової енергії при теплозабезпеченні будівель. Негативними наслідками цієї проблеми є надмірне споживання системами комунальної енергетики вичерпних природних ресурсів, збільшення екологічного навантаження на навколишнє середовище, зокрема, забруднення атмосфери парниковими газами і забруднюючими речовинами, систематичне несення невиправданих економічних витрат комунальними підприємствами і населенням в опалювальні періоди та ін. За напрямками негативного впливу ці наслідки можна розділити на три групи: енергетичні, екологічні та економічні.

Одним з перспективних засобів вирішення вказаної проблеми є впровадження альтернативних екологічно чистих джерел тепlopостачання будівель з використанням сонячної енергії - геліосистем. Для забезпечення максимальної результативності цього заходу його ефективність слід розглядати, як комплексну величину, в якій враховуються енергетичні, екологічні та економічні показники.

Мета і завдання дослідження

Мета роботи полягала в комплексному оцінюванні енергетичної, екологічної та економічної ефективності впровадження альтернативного джерела тепlopостачання – геліосистеми на натурному об'єкті досліджень – Комунальному закладі «Харківський палац дитячої та юнацької творчості Харківської міської ради Харківської області» (КЗ ХПДЮТ). Для досягнення цієї мети вирішені наступні завдання:

1) аналіз натурного об'єкту та визначення ділянки можливого розташування геліосистеми;

2) розробка методики комплексного оцінювання енергетичної, екологічної та економічної ефективності енергозберігаючих заходів;

3) визначення основних проектних параметрів і теплопродуктивності геліосистеми;

4) комплексне оцінювання ефективності використання геліосистеми на натурному об'єкті.

Аналіз останніх досліджень і публікацій

В останній час взаємодія енергетики і навколишнього середовища набула небезпечного характеру. Паливоспалювальні та теплоенергетичні установки здійснюють хімічне забруднення навколишнього середовища викидами шкідливих речовин, в першу чергу оксидів азоту і сірки, викидами парникових газів – CO₂, CO та ін., викидами золи і сажі, які через збільшення масштабу виробництва постійно поглиблюють екологічні проблеми.

Зростаюче техногенне навантаження на навколишнє природне середовище і загострення вказаних проблем екологічної безпеки потребує негайної зміни екологічної політики та забезпечення стійкого розвитку екології в майбутньому, енергетики й економіки. Розв'язання даної проблеми стає можливим за рахунок чіткої оптимізації структури енергетичного балансу країни, в якому найбільшу частку мають становити екологічно безпечні енергоносії з відновлюваних джерел енергії [1].

На долю традиційної енергетики на сьогодні припадає не менш ніж 30 % усіх викидів в атмосферу. З загальної кількості усіх викидів це близько 30 % твердих речовин, більш ніж 60 % сірчистого ангідриду та близько 55 % оксидів азоту. В даних умовах в край важливою є інтеграція енергетики та екології, тісний взаємозв'язок екологічних аспектів енергетики з енергетичними аспектами екології [2]. Здійснення такої інтеграції відбувається у відповід-

ності до концепції сталого розвитку суспільства, основною метою якої є забезпечення високої якості життя нинішніх і наступних поколінь на основі збалансованого вирішення проблем економічного розвитку, збереження природного середовища, раціонального використання й відтворення природно-ресурсного потенціалу планети.

Аналіз стратегії розвитку енергетичного сектору країн ЄС показує, що в період з 2020 по 2030 роки відносні частки у енергетичному балансі первинних джерел енергії таких видів палива, як нафта і тверде паливо скоротяться на 0,4% (з 35,7 до 35,3%) і 0,7% (з 17,4 до 16%), відповідно, природного газу – не зміниться – 25,7%, а частка відновлюваних джерел енергії зростає на 3,1% (з 9,9% до 12,0%). Таким чином внесок у енергетичний баланс традиційних джерел енергії з роками буде скорочуватися, що призведе до зростання їх вартості, а відновлювальних джерел енергії, навпаки, суттєво зростати [3].

Одним з перспективних напрямків заощадження енергетичних ресурсів є утилізація енергії сонячного випромінювання у зв'язку з виснаженням світових запасів нафти та газу, а також проблемою забруднення навколишнього середовища продуктами згоряння твердих палив. Технологією утилізації енергії сонячного випромінювання, найбільш підготовленої для реалізації забезпечення комунально-побутових потреб населення, є нагрівання води енергією сонця [4].

Національна енергетична стратегія України на період до 2030 року передбачає поступове збільшення виробництва обладнання для систем сонячного гарячого водопостачання та опалення, також передбачається встановити близько 2 млн. м² сонячних колекторів, що дасть можливість отримати відчутну економію. Досвід експлуатації цих систем показав, що 1 м² сонячного колектора при оптимальних умовах експлуатації дає економію від 0,1 до 0,15 тон умовного палива за літній сезон. Масштабне використання геліосистем в Україні до 2030 року дозволить заощадити в рамках прийнятої стратегії розвитку енергетичної галузі до 200 тис. тон умовного палива. [4].

Виклад основного матеріалу

Аналіз натурного об'єкту та визначення ділянки можливого розташування геліосистеми.

Об'єкт досліджень – будівля КЗ ХПДЮТ 1993 р. забудови, складається із двох корпусів, має багатопланову складну Т-подібну форму (рис. 1).

Згідно з проектною документацією на будівлю: її будівельний об'єм складає 80 375 м³, загальна площа будівлі дорівнює 15 159 м²; корисна площа 13 712 м²; проектна витрата теплової енергії на опалення 1 м² загальної площі дорівнює 183 Вт/м².



Рис. 1. Загальний вигляд натурного об'єкту

Згідно ДСТУ-Н Б В.1.1-27:2010 тривалість опалювального сезону для м. Харкова становить 179 днів, середня за опалювальний період температура зовнішнього повітря складає -1,0 °С, розрахункова температура зовнішнього повітря складає -23,0 °С.

Теплопостачання будівлі на потреби опалення та гарячого водопостачання здійснюється від теплових мереж підприємства КП «Харківські теплові мережі». Згідно з проектною документацією загальна розрахункова приєднана потужність будівлі складає 2,784 Гкал/год, в т.ч.: система опалення – 0,834 Гкал/год; система вентиляції – 1,50 Гкал/год; система гарячого водопостачання – 0,45 Гкал/год.

Фактичні обсяги теплоспоживання будівлі у Гкал, усереднені за 4 роки, складають: річний – 1870,3; щомісячні:

| | | |
|-------------------|-----------------|-------------------|
| січень – 429,6; | травень – 41,8; | вересень – 21,1; |
| лютий – 378,6; | червень – 11,0; | жовтень – 128,3; |
| березень – 241,2; | липень – 0,0; | листопад – 286,2; |
| квітень – 104,2; | серпень – 1,7; | грудень – 226,7. |

З південної сторони корпусу Б розташована ділянка можливого розташування геліосистеми загальною площею 1080 м² – 30 м × 36 м (рис. 2).

Методика комплексного оцінювання ефективності енергозберігаючих заходів створена з метою підвищення інформативності процесу оцінювання шляхом врахування при його проведенні різних критеріїв ефективності. Її сутність полягає в тому, що загальна ефективність енергозберігаючих заходів розглядається, як 3-компонентний вектор, складовими якого є енергетичний, екологічний та економічний ефекти від їх впровадження.

При цьому критеріями ефективності є:



Рис. 2. Загальний вигляд місця можливого розташування геліосистеми

– *енергетичного ефекту*: абсолютне – ΔQ (кВт·год) і відносне – δQ (%) значення зекономленої кількості теплової енергії за опалувальний період, які визначаються за формулами:

$$\Delta Q = Q_{\text{сум1}} - Q_{\text{сум2}}, \quad (1)$$

де $Q_{\text{сум1}}$ і $Q_{\text{сум2}}$ – сумарні теплові втрати через огорожувальні конструкції будівлі за опалувальний період до і після впровадження енергозберігаючих заходів, відповідно, кВт·год;

$$\delta Q = \frac{Q_{\text{сум1}} - Q_{\text{сум2}}}{Q_{\text{сум1}}} \cdot 100\%; \quad (2)$$

– *екологічного ефекту*: маса (об'єм) зекономленого палива – $\Delta M_{\text{п}}$ (кг) ($\Delta V_{\text{п}}$ (м³)), зменшення маси викидів у атмосферу парникових газів, зокрема – CO₂ і забруднюючих речовин – $\Delta M_{\text{зр}}$ (кг):

$$\Delta M_{\text{п}} = 3,6 \cdot \frac{\Delta Q}{Q_{\text{п}}}, \quad (3)$$

де $Q_{\text{п}}$ – нижча теплота згоряння палива, МДж/кг;

$$\Delta V_{\text{п}} = \frac{\Delta M_{\text{п}}}{\rho_{\text{п}}}, \quad (4)$$

де $\rho_{\text{п}}$ – густина палива, кг/м³;

$$\Delta M_{\text{зр}} = 3,6 \cdot 10^{-3} \cdot K_{\text{зр}} \cdot \Delta Q, \quad (5)$$

де $K_{\text{зр}}$ – коефіцієнт емісії забруднюючої речовини, г/ГДж;

– *економічного ефекту*: зменшення плати за кількість теплової енергії, спожитої за опалувальний період – $\Delta C_{\text{оп}}$ (грн) та за паливо – $\Delta C_{\text{п}}$ (грн):

$$\Delta C_{\text{оп}} = 9,6 \cdot 10^{-4} \cdot c_{\text{оп}} \cdot \Delta Q, \quad (6)$$

де $c_{\text{оп}}$ – вартість одиниці теплової енергії згідно встановлених тарифів, грн/Гкал;

$$\Delta C_{\text{п}} = 10^{-3} \cdot c_{\text{п}} \cdot \Delta V_{\text{п}}, \quad (7)$$

де $c_{\text{п}}$ – вартість палива згідно встановлених тарифів, грн/т або грн/тис. м³.

Визначення основних проектних параметрів геліосистеми. Використання геліосистеми в якості додаткового альтернативного джерела теплопостачання натурного об'єкту передбачає застосування сонячних колекторів для перетворення сонячної теплової енергії в теплову енергію теплоносія, що забезпечує функціонування систем опалення та гарячого водопостачання будівлі КЗ ХПДЮТ і, в разі потреби, інших будівель.

В геліосистемі рекомендується використовувати сучасні енергоефективні сонячні колектори плоского типу, наприклад, колектори серії SKT 1.0 від компанії Vuderus (Німеччина) (рис. 3 [5]) або аналогічні пристрої, представлені на ринку.

На рекомендованій ділянці розташування геліосистеми можуть бути розміщені з врахуванням встановлених вимог [6] 180 колекторів вказаного типу: 3 ряди по 60 (3×2×10) штук (рис. 4).

Для забезпечення максимальної ефективності роботи сонячних колекторів рекомендується регулювати кут нахилу їх панелей до земної поверхні в діапазоні 23 ... 73° (табл. 1, 2).

Таблиця 1

Значення оптимальних кутів нахилу сонячних колекторів

| Місяць року | Географічна широта місцевості | | | | | | | |
|--------------|-------------------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| | 45° | 46° | 47° | 48° | 49° | 50° | 51° | 52° |
| 1. Січень | 66° | 67° | 68° | 69° | 70° | 71° | 72° | 73° |
| 2. Лютий | 58° | 59° | 60° | 61° | 62° | 63° | 64° | 65° |
| 3. Березень | 47° | 48° | 49° | 50° | 51° | 52° | 53° | 54° |
| 4. Квітень | 36° | 37° | 38° | 39° | 40° | 41° | 42° | 43° |
| 5. Травень | 26° | 27° | 28° | 29° | 30° | 31° | 32° | 33° |
| 6. Червень | 22° | 23° | 24° | 25° | 26° | 27° | 28° | 29° |
| 7. Липень | 24° | 25° | 26° | 27° | 28° | 29° | 30° | 31° |
| 8. Серпень | 32° | 33° | 34° | 35° | 36° | 37° | 38° | 39° |
| 9. Вересень | 43° | 44° | 45° | 46° | 47° | 48° | 49° | 50° |
| 10. Жовтень | 55° | 56° | 57° | 58° | 59° | 60° | 61° | 62° |
| 11. Листопад | 64° | 65° | 66° | 67° | 68° | 69° | 70° | 71° |
| 12. Грудень | 68° | 69° | 70° | 71° | 72° | 73° | 74° | 75° |

Таблиця 2

Значення питомої середньомісячної теплопродуктивності сонячних колекторів в кліматичній зоні Харківська – E_c , кВт·год/(м²·день) [6]

| Місяць року | | | | | | | | | | | | Рік |
|-------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|-----|------|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | |
| 1,19 | 2,02 | 3,05 | 3,92 | 5,38 | 5,46 | 5,56 | 4,88 | 3,49 | 2,10 | 1,19 | 0,9 | 3,26 |

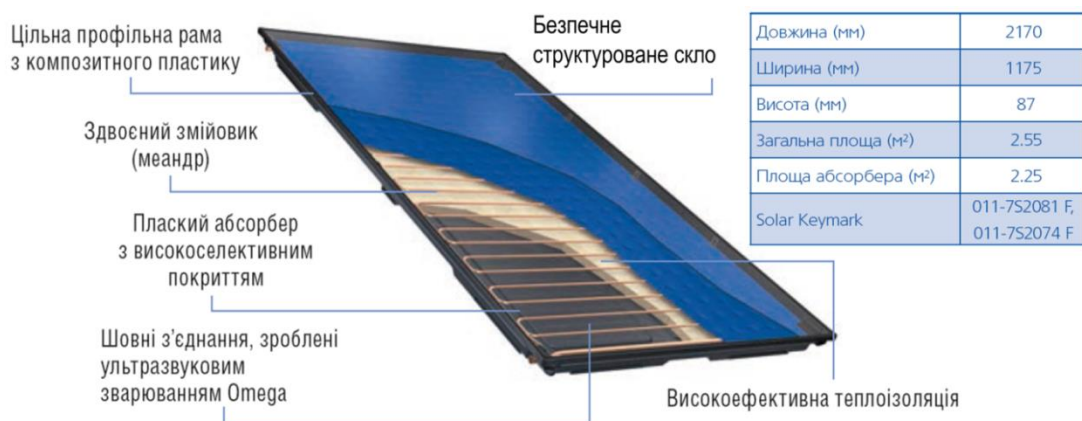


Рис. 3. Структура і технічні характеристики рекомендованого типу сонячного колектору – SKT 1.0

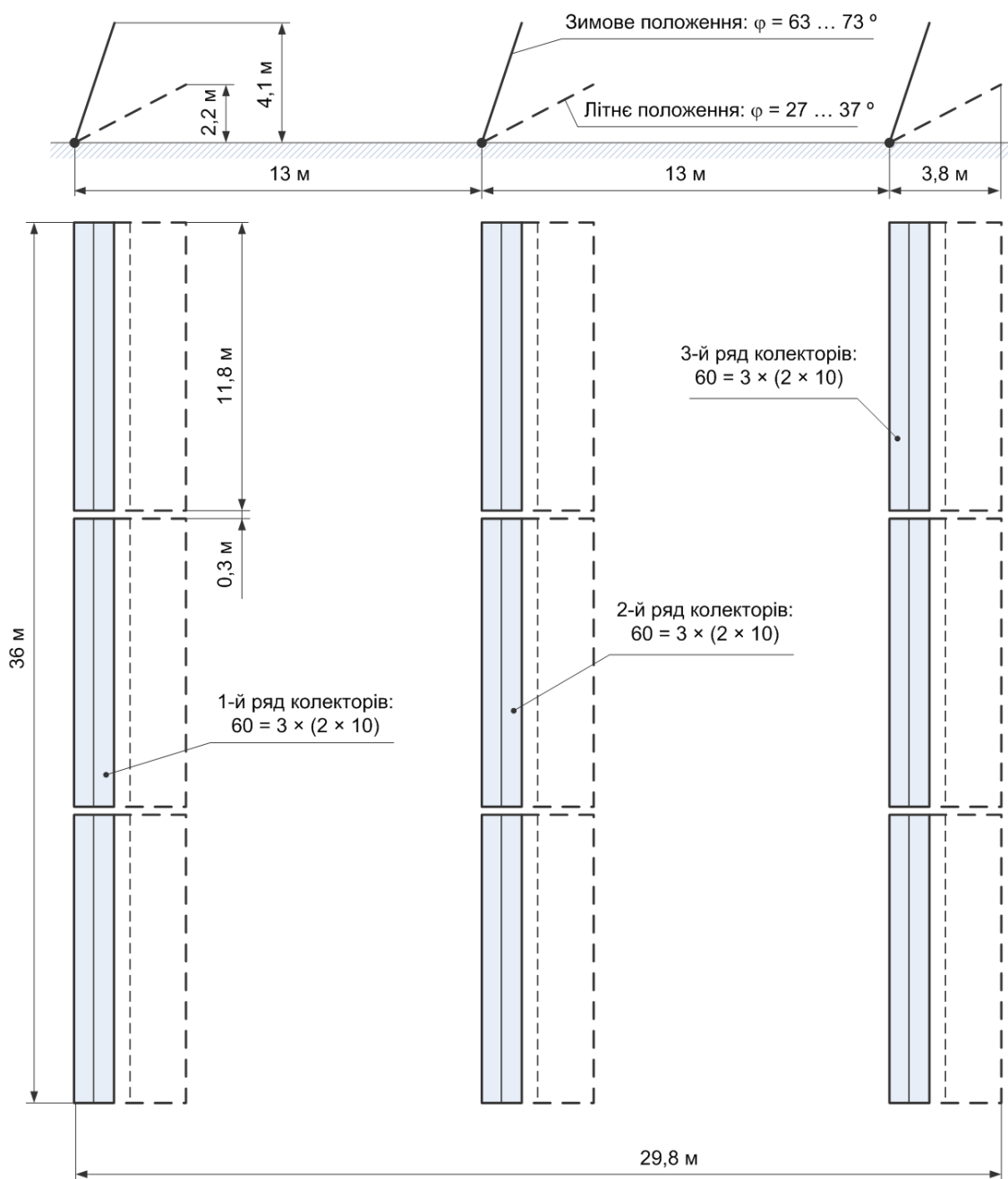


Рис. 4. Схема розташування рядів сонячних колекторів геліосистеми з $180 = 3 \times 60$ (3×20) панелей

Результати досліджень та їх аналіз

Визначення середньомісячної теплової продуктивності геліосистеми Q_m (кВт·год) здійснюється за допомогою формули [6]:

$$Q_m = E_c \cdot s \cdot \eta \cdot N,$$

де E_c – питома середньомісячна теплопродуктивність сонячних колекторів в кліматичній зоні Харкова, кВт·год/(м²·день) (див. табл. 2);

s – площа поверхні одного сонячного колектору, м² (для колекторів рекомендованого типу складає 2,55 м²);

η – ККД сонячного колектору (для колекторів рекомендованого типу складає 0,80);

N – кількість сонячних колекторів в геліосистемі.

Результати розрахунків середньомісячних та річної теплопродуктивностей геліосистеми, яка може розміщуватись на рекомендованій ділянці (рис. 5), свідчать про те, що вона здатна виробляти 376,7 Гкал теплової енергії на рік або 20,7% від існуючого обсягу теплоспоживання будівлі КЗ ХПДЮТ.

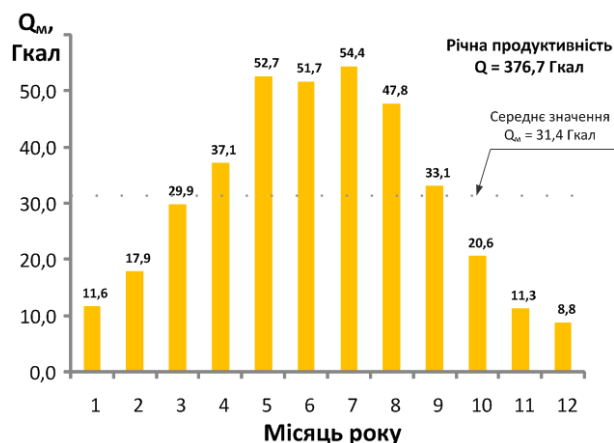


Рис. 5. Діаграма середньомісячної теплопродуктивності геліосистеми з 180-ти колекторів SKT 1.0

В разі потреби теплопродуктивність геліосистеми може бути збільшена у 2,3 рази – до 880 Гкал/рік, якщо використовувати дах корпусу Б для розміщення додаткової кількості з 240-ти сонячних колекторів – 4 ряди по 60 шт (рис. 6).

Комплексне оцінювання ефективності використання геліосистеми показує, що цей захід дозволяє додатково отримати такий річний ефект: *енергетичний* – додатковий обсяг теплової енергії – 376,7 Гкал або 20,2%, з якого може використовуватись: будівлею КЗ ХПДЮТ – 212,3 Гкал або 11,4%, іншими будівлями (в період з травня по вересень) – 164,4 Гкал або 8,8%; при цьому потреба КЗ ХПДЮТ в тепловій енергії забезпечується: в період з травня по вересень – на 100%, в опалювальний період – на 2,8 ... 35,6%; *екологічний* – скорочення витрати природного

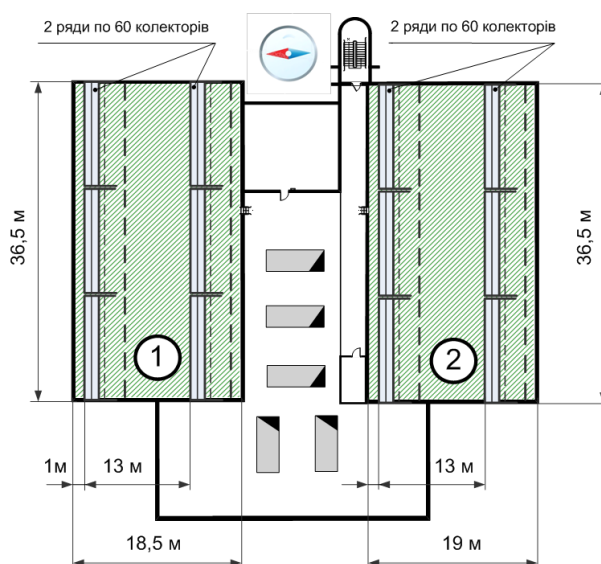


Рис. 6. Загальний вигляд додаткової ділянки розміщення геліосистеми

газу – 47,7 тис. м³, зменшення викидів у атмосферу CO₂ і NO_x – 92,6 т і 0,101 т, відповідно; *економічний*: скорочення плати за теплову енергію – 721,3 тис. грн.; орієнтовний термін окупності заходу складає 5 років.

Висновки

1. Створено методику комплексного оцінювання ефективності енергозберігаючих заходів, яка дозволяє визначати показники енергетичного, екологічного та економічного ефекту: абсолютне і відносне значення кількості зекономленої теплової енергії, величини зменшення кількості палива, викидів у атмосферу парникових газів і забруднюючих речовин, величини зменшення плати за використане паливо та кількість спожитої теплової енергії.

2. Для натурного об'єкту – будівлі КЗ ХПДЮТ оцінено річний ефект від використання геліосистеми з 180-ти сонячних колекторів тину SKT 1.0: *енергетичний* – додатковий обсяг теплової енергії – 376,7 Гкал або 20,2%; *екологічний* – скорочення витрати природного газу – 47,7 тис. м³, зменшення викидів у атмосферу CO₂ і NO_x – 92,6 т і 0,101 т, відповідно; *економічний*: скорочення плати за теплову енергію – 721,3 тис. грн.; орієнтовний термін окупності заходу складає 5 років.

й

Література

1. Шмандій, В. М. Екологічна безпека [Текст]: підручник. / В. М. Шмандій, М. О. Клименко, Ю. С. Голік та ін. - Кременчук. нац. ун-т ім. Михайла Остроградського, 2013. - 364 с.
2. Екологія [Текст]: Навчально методичний посібник / С.І. Дорогунцов, К.Ф. Коценко, О. К. Аблов. - 2005. - 104 с.
3. Прутська, О. О. Сучасний стан та проблеми розвитку альтернативної енергетики в Україні [Текст] / О. О. Прутська, О. Ю. Федик // Збірник наукових праць ВНАУ (Вінницький національний аграрний університет). – 2012 - №1 (56). - Том 2., – С. 158-164.
4. Штен, І. Аналіз конструкції геліосистем гарячого водопостачання, які використовуються в Україні [Текст] / І. Штен // Збірник тез Міжнародної студентської науково-технічної конференції Природничі та гуманітарні науки. Актуальні питання., – 2018. – Т. 1. – С. 131-132.
5. Плоскі сонячні колектори Logasol SKT 1.0. Бударус Україна [Електронний ресурс]. - Режим доступу: <https://www.buderus.ua/products/solar/skt10.html>.
6. Вовчак, В. Краці з доступних технологій для житлово-комунального господарства України. Керівництво з відбору технологій [Текст] / В.Вовчак, О. Тесленко, О. Самченко, Д. Сушкова; під редакцією С. Єрмілова. - К.: «Поліграф плюс», 2016. - 134 с.

References

1. Shmandij, V., Klymenko, M., Golik, Y. (2013). Environmental safety: a textbook. – Kremenchug, 364.
2. Doroguntsov, S., Kotsenko, K., Ablov, O. (2005). Ecology: Educational methodical manual, 104.
3. Prutsky, O., Fedik, O. (2012). Current state and problems of alternative energy development in Ukraine. VNAU, 1 (56), 2, 158-164.
4. Sten, I. (2018). Analysis of constructions of hot water supply systems used in Ukraine, 1, 131-132.

5. Flat Solar Collectors Logasol SKT 1.0. Buderus Ukraine. Retrieved from <https://www.buderus.ua/products/solar/skt10.html>.

6. Vovchak, V., Teslenko, O., Samchenko, O., Sushkova, D. (2016). Best Available Technologies for Housing and Municipal Services of Ukraine. Selection Technology Guide. Polygraph plus, 134.

Рецензент: д-р техн. наук, проф. І.В. Парсаданов, Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», Харків, Україна

Автор: ПОЛИВ'ЯНЧУК Андрій Павлович
д.т.н., проф.

Харківський національний університет міського господарства імені О.М. Бекетова

E-mail - ar@mail@meta.ua

ID ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-9966-1938>

Автор: ПОЛИВ'ЯНЧУК Наталія Миколаївна
ЗОШ №18 м. Краматорськ
E-mail - nr@mail@meta.ua

Автор: РОМАНЕНКО Сергій Вікторович
Харківський національний університет міського господарства імені О.М. Бекетова
E-mail - etv1715@gmail.com

Автор: СЕМЕНЕНКО Роман Анатолійович
Харківський національний університет міського господарства імені О.М. Бекетова
E-mail - semenenko_roman@ukr.net

Автор: ОНАЦЬКИЙ Данило Павлович
Харківський національний університет міського господарства імені О.М. Бекетова
E-mail - danil.onatskiy.11@gmail.com

THE STUDY OF THE ECOLOGICAL AND ECONOMIC EFFICIENCY OF SOLAR SYSTEMS IN THE IMPLEMENTATION OF THE CONCEPT OF SUSTAINABLE DEVELOPMENT IN MUNICIPAL ENERGY

A.P. Polivyanchuk, N.M. Polivyanchuk, S.V. Romanenko, R.A. Semenenko, D.P. Onatskiy
O.M. Beketov National University of Urban Economy in Kharkiv, Ukraine

The results of a comprehensive assessment of the energy, environmental and economic effects from the use of an alternative source of heat supply - a heliosystem, which consists of 180 solar collectors of the SKT 1.0 type, on a natural object - a communal institution "Kharkiv Palace of Children's and Youth Creativity of the Kharkiv City Council of the Kharkiv Region" (CI KPCYC) are presented. The strategy of development of energy sectors of the EU and Ukraine in the period of 2020-2030 was analyzed and significant growth of the relative share of renewable sources in the energy balance of primary sources of energy was noted. In the course of the research, a method of integrated assessment of the efficiency of energy-saving measures was created, which allows to determine the indicators of energy, environmental and economic effects, namely: the absolute and relative value of the amount of saved thermal energy, the value of reducing the amount of fuel, greenhouse gas emissions and pollutants, the magnitude of the reduction in fees for used fuel and the amount of consumed thermal energy. Based on the established methodology, it has been established that the use of the recommended solar system at the on-site facility allows for an additional annual effect to be obtained: energy - additional heat energy - 376.7 Gcal or 20.2%, from which it can be used: 212.3 Gcal or 11.4%, by other buildings (in the period from May to September) - 164.4 Gcal or 8.8%; at the same time, the requirement of the CI KPCYC for heat energy is provided: in the period from May to September - by 100%, during the heating period - by 2.8 ... 35.6%; environmental - reduction of natural gas consumption - 47.7 thousand m³, reduction of CO₂ and NO_x emissions into the atmosphere - 92.6 tons and 0.101 tons, respectively; economic: reduction of payment for thermal energy - 721.3 thousand UAH; The estimated payback period of the event is 5 years.

Keywords: sustainable development, heat supply, alternative sources, energy saving, natural object, solar system, energy efficiency.