

УДК 697

DOI: 10.30838/J.BPSACEA.2312.271222.66.912

## ЕНЕРГОЕФЕКТИВНІСТЬ СИСТЕМИ ОПАЛЕННЯ ВИСОТНОГО КОРПУСУ ПДАБА

КОСЕНКО Л. В.<sup>1\*</sup>, *аспір.*,  
КОВАЛЬ О. О.<sup>2</sup>, *канд. техн. наук, с. н. с.*,  
ЮРЧЕНКО Є. Л.<sup>3</sup>, *канд. техн. наук, доц.*,  
ТИМОШЕНКО О. А.<sup>4</sup>, *канд. техн. наук, доц.*

<sup>1\*</sup> Кафедра залізобетонних та кам'яних конструкцій, Придніпровська державна академія будівництва та архітектури, вул. Архітектора Олега Петрова, 24-а, 49005, Дніпро, Україна, e-mail: [kosenko.leonid@365.pdaba.edu.ua](mailto:kosenko.leonid@365.pdaba.edu.ua), ORCID ID: 0000-0002-8841-8318

<sup>2</sup> Кафедра залізобетонних та кам'яних конструкцій, Придніпровська державна академія будівництва та архітектури, вул. Архітектора Олега Петрова, 24-а, 49005, Дніпро, Україна, e-mail: [13koval@gmail.com](mailto:13koval@gmail.com), ORCID ID: 0000-0001-7805-6811

<sup>3</sup> Кафедра залізобетонних та кам'яних конструкцій, Придніпровська державна академія будівництва та архітектури, вул. Архітектора Олега Петрова, 24-а, 49005, Дніпро, Україна, e-mail: [yel@mail.pgasa.dp.ua](mailto:yel@mail.pgasa.dp.ua), ORCID ID: 0000-0002-9356-3261

<sup>4</sup> Кафедра екології та охорони навколишнього середовища, Придніпровська державна академія будівництва та архітектури, вул. Архітектора Олега Петрова, 24-а, 49005, Дніпро, Україна, e-mail: [mitomdnipro1997@gmail.com](mailto:mitomdnipro1997@gmail.com), ORCID ID: 0000-0003-3114-9820

**Анотація.** Дослідницька робота спрямована на поглиблення методологічних та організаційно-практичних засад в енергоефективності для подальшого застосування в термомодернізації будівель навчальних корпусів.

Актуальність роботи спрямована на зменшення споживання енергоресурсів за рахунок підвищення енергоефективності будівель.

На основі проведених розрахунків та досліджень отримані такі науково-практичні результати:

- проведено технічне обстеження системи опалення будівлі навчального корпусу;
- проведено тепловізійне дослідження та виявлено інфільтраційні теплові відмови системи опалення будівлі;
- визначено клас енергоефективності будівлі до термореновації;
- запропоновано та розраховано економічну доцільність заходів із термомодернізації системи опалення;
- визначено клас енергоефективності будівлі після термореновації.

Отримано науково-практичні результати теплових відмов системи опалення, що свідчать про необхідність запровадження заходів зі зменшення кількості втрат теплової енергії, запропоновано заходи з термомодернізації системи опалення.

Отримані наукові та практичні значення дослідницької роботи можна використовувати в подальшому на схожих об'єктах як приклад для підвищення рівня енергоефективності.

**Ключові слова:** *енергоефективність; інфільтраційні теплові відмови; термомодернізація; термореновація; тепловізійне дослідження*

## ENERGY EFFICIENCY OF THE HEATING SYSTEM OF THE PSACEA HIGH-RISE BUILDING

KOSENKO L.V.<sup>1\*</sup>, *Postgrad. Stud.*,  
KOVAL O.O.<sup>2</sup>, *Cand. Sc. (Tech.), Sen. Res.*,  
YURCHENKO Y.L.<sup>3</sup>, *Cand. Sc. (Tech.), Assoc. Prof.*,  
TYMOSHENKO O.A.<sup>4</sup>, *Cand. Sc. (Tech.), Assoc. Prof.*

<sup>1\*</sup> Department of Reinforced Concrete and Stone Structures, Prydniprovsk State Academy of Civil Engineering and Architecture, 24-a, Architect Oleh Petrov St., Dnipro 49005, Ukraine, e-mail: [kosenko.leonid@365.pdaba.edu.ua](mailto:kosenko.leonid@365.pdaba.edu.ua), ORCID ID: 0000-0002-8841-8318

<sup>2</sup> Department of Reinforced Concrete and Stone Structures, Prydniprovsk State Academy of Civil Engineering and Architecture, 24-a, Architect Oleh Petrov St., Dnipro, 49005, Ukraine, e-mail: [13koyal@gmail.com](mailto:13koyal@gmail.com), ORCID ID: 0000-0001-7805-6811

<sup>3</sup> Department of Reinforced Concrete and Stone Structures, Prydniprovsk State Academy of Civil Engineering and Architecture, 24-a, Architect Oleh Petrov St., Dnipro, 49005, Ukraine, e-mail: [vel@mail.pgasa.dp.ua](mailto:vel@mail.pgasa.dp.ua), ORCID ID: 0000-0002-9356-3261

<sup>4</sup> Department of Ecology and Environmental Protection, Prydniprovsk State Academy of Civil Engineering and Architecture, 24-a, Architect Oleh Petrov St., Dnipro, 49005, Ukraine, e-mail: [mitomdnipro1997@gmail.com](mailto:mitomdnipro1997@gmail.com), ORCID ID: 0000-0003-3114-9820

**Abstract.** The research aims to deepen the methodological and organisational-practical principles of energy efficiency for further application in the educational buildings thermal modernization.

The relevance of the work is to reduce energy consumption by increasing the energy efficiency of buildings. Based on the calculations and research, the following scientific and practical results were obtained:

- a technical inspection of the educational building heating system was conducted;
- a thermal imaging survey was conducted and infiltration thermal failures of the building's heating system were detected;
- the energy efficiency class of the building before thermal renovation is determined;
- economic expediency of the heating system thermal modernization was proposed and calculated.
- the energy efficiency class of the building after thermal renovation is determined.

As an outcome of obtaining scientific and practical results for the heating system thermal failures, indicating the need to introduce measures to reduce the amount of thermal energy losses, ways for the heating system thermal modernization are proposed.

The obtained scientific and practical implications of the research work can be used in the future on similar objects, as an example for increasing the energy efficiency level.

**Keywords:** *energy efficiency; infiltration thermal failures; thermal modernization; thermal renovation; thermal imaging survey*

**Мета дослідження** – поглиблення методологічних та організаційно-практичних засад в енергоефективності для подальшого застосування в термомодернізації будівель навчальних корпусів.

**Вступ.** Енергозбереження та енергоефективність у будівництві наразі мають велике значення для України. Ефективне використання природних паливно-енергетичних ресурсів та потенціал енергонезалежності забезпечать зростання економіки і підвищення якості життя населення. Зменшення споживання природних енергоносіїв (нафти, природного газу, вугілля), а також залучення альтернативних джерел енергії (вітру, сонця, води) сприятиме зменшенню викидів CO<sub>2</sub>, зниженню забруднення повітря, водойм, а також зменшенню шкідливих відходів, що, своєю чергою, екологічно поліпшить навколишнє природне середовище.

В умовах сьогодення, під час війни з Росією, все більше постає питання

зменшення залежності України від російського газу. Одним із заходів стало зменшення споживання енергоресурсів за рахунок підвищення енергоефективності будівель [1; 5].

**Завдання дослідження.** Згідно з поставленою метою сформовано основні завдання, а саме:

- провести технічне обстеження системи опалення будівлі навчального корпусу;
- виконати тепловізійне дослідження та виявити інфільтраційні теплові відмови системи опалення будівлі;
- визначити клас енергоефективності будівлі до термомодернізації;
- запропонувати та розрахувати економічну доцільність заходів із термомодернізації системи опалення;
- визначити клас енергоефективності будівлі після термомодернізації [1–3].

За результатами проведених розрахунків:

- розроблено інструмент розрахунку енергетичної ефективності для визначення класу енергоефективності для

будівлі навчального корпусу в «ПК Excel»;

- визначено структури енергоспоживання будівлі;

- визначено клас енергоефективності до та після термомодернізації.

Оскільки система опалення має найбільшу енергопотребу, проведено перевірку її технічного стану.

За результатами визначення технічного стану системи опалення, візуальним обстеженням, виявлено низку

дефектів теплового захисту, зниження ефективності роботи системи, неекономічне використання теплової енергії. Це: відсутність теплоізоляції трубопроводів у неопалюваних приміщеннях; підвищені втрати тепла, неналежний стан приладів опалення, часткова відсутність регулювальних кранів на опалювальних приладах, гідравлічне розбалансування та неправильна робота системи опалення (рис. 1) [4].



а) відсутня регулювальна пробка крана



б) часткова заміна опалювальних приладів



в) вузол вводу



г) підтікання системи опалення



д) часткова заміна трубопроводів системи опалення

Рис. 1. Результати візуального обстеження системи опалення

За результатами інструментального контролю (тепловізійна зйомка) з'ясовано, що в приміщеннях не

дотримані санітарно-гігієнічні вимоги щодо забезпечення комфортності

приміщень, що спричинює інфільтраційні втрати в будівлі.

Інфільтраційні відмови – це порушення герметичності будівлі, за якого відбувається надлишковий витік повітря, виникає конденсація вологи в холодних зонах, поява неприємних протягів, що зумовлює порушення клімату та комфорту перебування у будівлі. Також можлива поява цвілі та грибкових утворень на внутрішніх поверхнях конструкцій.

У разі виникнення теплової відмови будинок не втрачає своїх характеристик загальної міцності. Але при цьому не виконуються перераховані вище критерії експлуатаційної придатності, санітарно-гігієнічних норм та мікроклімату будівлі. У випадку інфільтраційних відмов підвищуються економічні витрати, а також зменшується довговічність інженерних конструкцій будівлі.

Однією з причин виникнення інфільтраційних теплових відмов можна

назвати дефекти в інженерних мережах систем опалення будівлі. Розбалансування системи опалення веде за собою нерівномірні температурні параметри клімату на різних поверхнях та в різних об'ємах будівлі.

Інфільтраційні дефекти складно визначити у звичайних умовах тепловізійною зйомкою, можливо тільки проведенням Blower Door Test, тобто визначенням повітропроникності огорожувальних конструкцій в натурних умовах.

Blower Door Test дозволяє виявити проблемні місця в конструкції та теплоізоляції будинку і сприяє їх усуненню.

У разі створення різниці тиску всі дефекти будівлі стають явними для тепловізора, як показано на рисунку 2. Обстеження проводиться за різниці тиску більше  $\Delta P > 10$  Па, також за мінімальної різниці температури понад  $5\text{ }^{\circ}\text{C}$  [6].

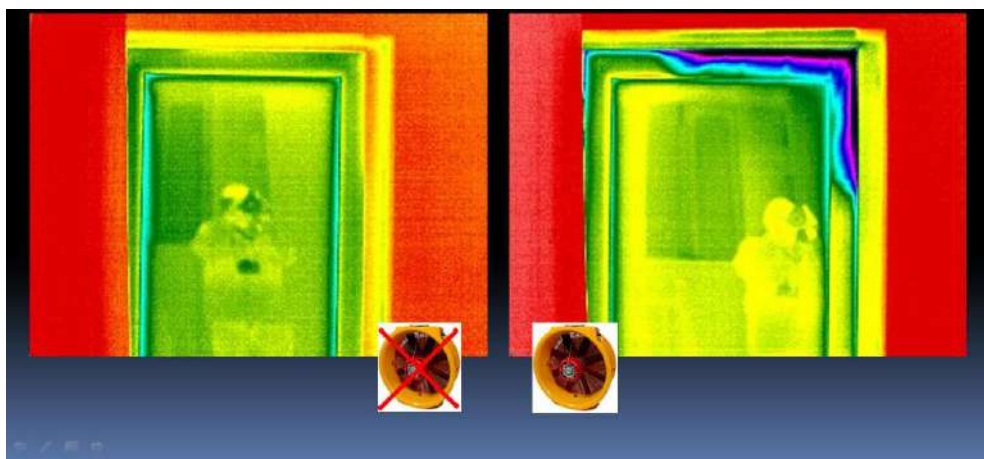


Рис. 2. Виявлення інфільтраційних втрат без застосування та із застосуванням «Blower Door Test»

Результатами випробувань стали показники кратності повітрообміну і, що найцінніше, – детальний аналіз слабких місць утеплення. Це допоможе з визначенням та впровадженням заходів від надлишкового витоку повітря і наданням рекомендації щодо усунення таких місць.

За результатами візуального та інструментального обстеження визначено заходи з термомодернізації системи опалення, як показано на рисунку 3, а саме:

- утеплення системи опалення (рис. 3, а);

- встановлення біметалевих опалювальних приладів з термостатичним регулятором (рис. 3, б);

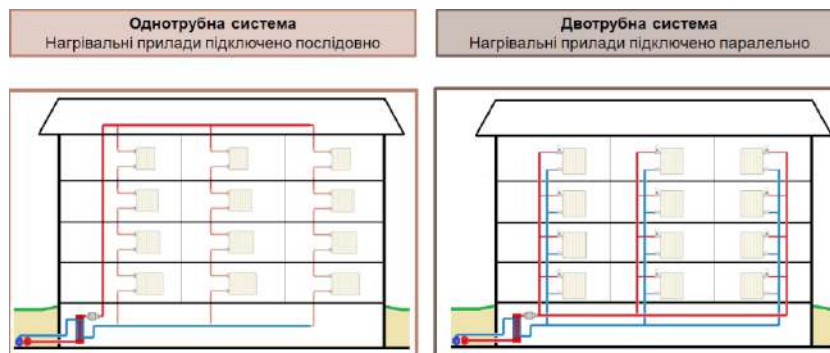


- заміна однотрубною системою на двотрубну (рис. 3, в).



а) утеплення системи опалення – розрахункова економія 7,4 %

б) встановлення біметалевих опалювальних приладів з термостатичним регулятором – розрахункова економія 8,2 %



в) заміна однотрубною системою на двотрубну – розрахункова економія 32,2 %

Рис. 3. Заходи з термомодернізації системи опалення та економія у натуральних показниках при впровадженні заходів

Проведено оцінювання економічної доцільності заходів із підвищення класу енергоефективності будівлі, а саме:

- тепловтрати підсистеми тепловіддачі/виділення, економія 67 %;
- тепловтрати підсистеми розподілу, економія 18,1 %;
- неутилізаційні тепловтрати системи, в неопалюваних приміщеннях (підвал, технічний поверх) після теплоізоляції, економія 65,3 %;
- енергія входу в підсистему розподілу, економія 23,6 %;

- тепловтрати підсистеми виробництва/генерування теплоти, 89 %;
- загальне енергоспоживання теплової енергії від опалення, економія 43%.

Після проведених заходів із термомодернізації системи опалення питоме енергоспоживання для опалення будівлі зменшилось на 43 %. Термін окупності заходів із реконструкції системи опалення (усіх заходів разом та окремо) показано на рисунку 4.



Рис. 4. Термін окупності заходів підвищення класу енергоефективності та економія енергоспоживання (%)

Після проведених заходів з ремонту системи опалення питоме енергоспоживання для опалення будівлі зменшилось на 43,4 кВт·год./м<sup>3</sup>. Для підвищення класу енергоефективності будівлі ці розраховані заходи потрібно впроваджувати разом із термомодернізацією оболонки будівлі.

### Висновки

Основні результати наукового дослідження можна використовувати в подальшому для впровадження на схожих об'єктах, як приклад, для підвищення рівня енергоефективності будівель навчальних закладів, а саме: отримано результати термографічного та візуального обстеження;

- проведено технічне обстеження системи опалення будівлі навчального корпусу;

- виконано тепловізійне дослідження та виявлено інфільтраційні теплові відмови системи опалення будівлі;

- визначено клас енергоефективності будівлі до термомодернізації;

- запропоновано та розраховано економічну доцільність заходів із термомодернізації системи опалення;

- визначено клас енергоефективності будівлі після термомодернізації.

Результати наукових та практичних досліджень, спрямованих на визначення та підвищення рівня енергоефективності будівель, можуть бути використані проєктувальниками, енергоаудиторами в подальшому, як приклад для впровадження на схожих об'єктах.

### СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Леонід Косенко. Енергоефективність системи опалення висотного корпусу ПДАБА : кваліфікаційна випускова робота студента ступеня магістра спеціальності 192 «Будівництво та цивільна інженерія» за освітньою програмою ОНП «Енергоаудит та енергоефективність в будівництві». Дніпро : ПДАБА, 2022. 106 с.

2. ДСТУ Б А.2.2-12:2015. Енергетична ефективність будівель. Метод розрахунку енергоспоживання при опаленні, охолодженні, вентиляції, освітленні та гарячому водопостачанні. Київ : Держстандарт України, 2015. 140 с.
3. ДБН В.2.6-31:2016. Теплова ізоляція будівель. Київ : Мінрегіон України, 2017. 31 с. (Державні будівельні норми України).
4. Петренко А. О. Інженерно-технічне обстеження чотирнадцятиповерхової будівлі учбового корпусу ДВНЗ ПДАБА. Будівля 01010013 за адресою: м. Дніпро, вул. Чернишевського 24-а : звіт. 2018. 112 с.
5. Система енергоефективності в Україні. Проект до обговорення. Видавник «GIZ». 30 липня 2018 р. 81 с. URL: <https://www.minregion.gov.ua/wp-content/uploads/2018/09/GIZ-brochure.pdf>
6. Бондаренко А., Юрченко Є. Л., Коваль О. О., Тимошенко О. А. Удосконалення методичних основ визначення герметичності оболонки будівлі. *Український журнал будівництва та архітектури*. № 3. 2022. С. 27–34.

## REFERENCES

1. Leonid Kosenko. *Enerhoefektyvnist' systemy opalennya vysotnoho korpusu PDABA : kvalifikatsiyna vypuskova robota studenta stupenya mahistra spetsial'nosti 192 "Budivnytstvo ta tsyvil'na inzheneriya" za osvith'oyu prohramoyu ONP "Enerhoaudyt ta enerhoefektyvnist' v budivnytstvi"* [Energy efficiency of the heating system of the high-rise building of PSACEA : qualifying graduation thesis of a student of the degree of specialty 192 "Construction and Civil Engineering" under the educational program of the ONP "Energy Audit and Energy Efficiency in Construction"]. Dnipro : PSACEA, 2022, 106 p. (in Ukrainian).
2. DSTU B A.2.2-12:2015. *Enerhetychna efektyvnist' budivel'. Metod rozrakhunku enerhospozhyvannya pry opalenni, okholodzhenni, ventylyatsiyi, osviltlenni ta haryachomu vodopostachanni* [Energy efficiency of buildings. The method of calculating energy consumption for heating, cooling, ventilation, lighting and hot water supply]. Kyiv : Derzhstandard of Ukraine, 2015, 140 p. (in Ukrainian).
3. DBN V.2.6-31:2016. *Teplova izolyatsiya budivel'* [Thermal insulation of buildings]. Kyiv : Ministry of the Region of Ukraine, 2017, 31 p. (State Building Regulations of Ukraine). (in Ukrainian).
4. Petrenko A.O. *Inzhenerno-tekhnichne obstezhennya chotyrynadtsyatypoverkhovoyi budivli uchbovoho korpusu DVNZ «PDABA». Budivlya 01010013 za adresoyu: m. Dnipro, vul. Chernyshevs'koho 24-a : zvit* [Report of the engineering and technical survey of the fourteen-story building of the educational complex of the PSACEA. Building 01010013, at the address : Kyiv, Dnipro, 24-a, Chernyshevskoho St.]. 2018, 112 p. (in Ukrainian).
5. *Systema enerhoefektyvnosti v Ukrayini. Proekt do obhovorenniya* [Energy efficiency system in Ukraine. Project for discussion]. GIZ Publisher, July 30, 2018, 81 p. (in Ukrainian). URL: <https://www.minregion.gov.ua/wp-content/uploads/2018/09/GIZ-brochure.pdf>
6. Bondarenko A., Yurchenko Y.L., Koval O.O. and Tymoshenko O.A. *Udoskonalennya metodychnykh osnov vyznachennya hermetychnosti obolonky budivli* [Improvement of methodological basis of determination of tightness of building cover]. *Ukrayins'kyi zhurnal budivnytstva ta arkhitektury* [Ukrainian Journal of Civil Engineering and Architecture]. No. 3, 2020, pp. 27–34. (in Ukrainian).

Надійшла до редакції: 18.11.2022.