

АНОТАЦІЯ

Бабаєв. Є.С. Енергоефективне теплопостачання будівель різного типу призначення мегаполісів. – Кваліфікаційна робота на правах рукопису.

Дисертація на здобуття наукового ступеня доктора філософії за спеціальністю 144 – Теплоенергетика. – Національний університет «Одеська політехніка», МОН України, Одеса, 2025.

Дисертаційна робота присвячена комплексному підвищенню енергоефективності теплопостачання будівель різного типу призначення в районах мегаполісів із використанням існуючих систем централізованого теплозабезпечення та впровадженням відновлювальних джерел енергії з урахуванням режимів експлуатації будівель та зовнішніх кліматичних чинників. Запропоновані методи здатні значно покращити енергоефективність теплопостачання та зменшити вплив на екологію навколишнього середовища.

У першому розділі «Аналіз сучасного стану систем теплопостачання будівель різного типу призначення» одержано такі результати:

– Встановлено, що більшість систем централізованого теплопостачання були розраховані із значним запасом теплової потужності без урахування режимів експлуатації будівель різного типу призначення, що в свою чергу призводить до значних витрат енергоносіїв на забезпечення потреб теплоспоживання за різними видами споживачів.

– Доведено доцільність застосування теплових насосів із відбором теплоти від зовнішнього повітря як в проектуємих так і в існуючих комбінованих системах теплопостачання з резервним джерелом від водогрійного котлу або централізованих систем теплозабезпечення.

– Показано можливість зменшення витрат на теплопостачання комплексу будівель району із спорудами різного типу призначення внаслідок урахування режимів експлуатації різних типів споживачів, як протягом доби так і протягом тижня та року.

У другому розділі «Математичне моделювання режимів роботи систем теплопостачання для об'єктів різного типу призначення» одержано наступні результати:

– Отримано режими споживання теплоти за різними видами споживачів впродовж доби для будівель громадського призначення, а саме торгівельно-розважальними центрами, адміністративними будинками та закладами освіти;

– Показано потенціал самокомпенсації теплоспоживання для різних видів теплостачання та різних типів будівель громадського призначення впродовж доби, що дозволяє оцінити можливості зменшення капіталовкладень у реконструкцію існуючих систем теплостачання;

– Запропоновано на основі аналізу статистичних даних на прикладі торгівельно-розважального центру перерозподіл вагових коефіцієнтів між основними видами теплоспоживання для підвищення енергоефективності використання основних джерел енергії.

В третьому розділі «Математичне моделювання режимів роботи систем теплостачання для об'єктів різного типу призначення» одержано наступні результати:

– Визначено за результатами чисельного моделювання залежності основних показників комбінованої системи теплостачання змінної конфігурації та її складових частин від зовнішніх умов, отримані результати моделювання режимів системи теплостачання підтверджують можливість створення високоефективних систем опалення з застосуванням сучасних енергетичних технологій та альтернативних джерел енергії;

– Виконано аналіз енергетичної ефективності системи в режимі переривчастого опалення, використання режиму переривчастого опалення для комбінованої системи теплостачання надає додаткові можливості щодо економії енергоресурсів та підвищення ефективності роботи теплонасосних систем;

– Отримано оптимальні параметри режимів навантаження основних елементів системи теплозабезпечення за результатами оптимізації режимів навантаження системи теплостачання з акумулятором тепла при зміні температури зовнішнього повітря.

В четвертому розділі «Дослідження роботи комбінованих систем теплостачання з використанням відновлювальних джерел енергії» одержано наступні результати:

– Запропоновано принципову теплову схему «Послідовно-паралельна модернізована бівалентна комбінована система опалення з буферною ємністю» для підвищення енергоефективності роботи відновлювальних джерел енергії в

комбінованій системі теплопостачання із застосуванням різних видів опалювальних пристроїв;

– Проведено експериментальні дослідження на об'єкті житлового комплексу із застосуванням запропонованої схеми комбінованого теплопостачання з використанням теплонасосних систем. Отримані результати дозволили констатувати зменшення витрат первинного палива та збільшення періоду часу використання теплонасосних систем в теплозабезпеченні будівлі;

– Показано доцільність застосування комбінованих сонячних систем з видобутком теплоти та електроенергії для будинків житлового комплексу, що здатні забезпечити базові потреби у споживачів електроенергії та ефективно генерувати теплоту у літню пору року.

Ключові слова: системи теплопостачання, теплові насоси, комбіновані системи теплопостачання, геліосистеми, акумулятори теплоти, переривчасте опалення, енергоефективне теплопостачання, режими експлуатації будівель, критерії енергоефективності, теплові мережі, статистична обробка даних.

СПИСОК ПУБЛІКАЦІЙ ЗДОБУВАЧА

Наукові праці, в яких опубліковано

1. О. Климчук, О. Вудвуд, Є. Бабаєв, М. Сергєєв, І. Аксьонова. Підвищення ефективності використання централізованих систем теплопостачання при реконструкції теплових мереж. Праці Одеського політехнічного університету, 2022. Вип. 2(66). ISSN 2076-2429. с.44-51. <https://old-pratsi.op.edu.ua/app/webroot/articles/1682507778.pdf>

(Реєстр наукових фахових видань України, категорія «Б»).

2. Баласанян Г.А., Климчук О.А., Семеній А.А., Бабаєв Є.С., Саченко Л.В. Моделювання режиму переривчастого опалення будівлі навчального корпусу. Праці Одеського політехнічного університету, 2021. Вип. 2(64). ISSN 2076-2429.с.22-27 <https://doi.org/10.15276/opu.2.64.2021.03>

(Реєстр наукових фахових видань України, категорія «Б»).

3. Г.І. Позднякова, Є.С. Бабаєв. Шляхи підвищення енергоефективності теплопостачання районів міст за рахунок комплексної модернізації інженерних систем будівель. Refrigeration Engineering and Technology. Том 60 № 1 (2024), 45-52. <https://journals.ontu.edu.ua/index.php/reftech/article/view/2735/3156>

(Реєстр наукових фахових видань України, категорія «Б»).

4. О.А. Климчук. Н.В. Климчук. Є.С. Бабаєв. О.М. Вудвуд. Є.О. Кравченко. Теплообмін щільного шару сипучого матеріалу з зануреними поверхнями. Refrigeration Engineering and Technology. Том 59 № 4 (2024) , 269-277. <https://journals.ontu.edu.ua/index.php/reftech/article/view/2728/2967>

(Реєстр наукових фахових видань України, категорія «Б»).

5. Є.С. Бабаєв, Г.І. Позднякова. Аналіз ефективності застосування геліосистем в централізованих системах теплопостачання університету. № 2(68) (2023): Праці Одеського політехнічного університету. стор. 64-71. <https://doi.org/10.15276/opu.2.68.2023.08>

(Реєстр наукових фахових видань України, категорія «Б»).

6. Г.В. Лужанська, Є.С. Бабаєв, М.І. Сергєєв, О.О. Паламарчук, О.Л. Фуркаленко (2024). Підвищення ефективності роботи автономних систем теплопостачання для індивідуального опалення з застосуванням теплових насосів. Refrigeration Engineering and Technology, 60(3), 197-204.

<https://journals.ontu.edu.ua/index.php/reftech/article/view/3000/3236>

(Реєстр наукових фахових видань України, категорія «Б»).

7. О.А. Климчук, Є.С. Бабаєв (2025) Аналіз режимів роботи систем теплопостачання для торгівельно-розважальних комплексів. *Refrigeration Engineering and Technology*, 61(1).
<https://journals.ontu.edu.ua/index.php/reftech/article/view/3094/3309>
(Реєстр наукових фахових видань України, категорія «Б»).

Опубліковані праці апробаційного характеру:

8. Переведення теплопостачання районів міст на електроенергію з використанням існуючих теплових мереж. Климчук О.А., Андрющенко А.М., Бабаєв Є.С., Сергеев М.І. Матеріали II міжнародної науково-практичної конференції «Енергоефективне місто. XXI століття». С. 74-76. 10-11 листопада 2022 року. Одеса ОДАБА.

URL:https://odaba.edu.ua/upload/files/Zbirnik_Energoefektivne_misto_2022_1.pdf

9. XI Наукова конференція. Наукові підсумки 2022 року. Збірник тез. Підвищення ефективності використання теплових насосів у комбінованих системах теплопостачання при змінних режимах експлуатації будівель Климчук О. А., Бабаєв Є. С., Сергеев М. І. с. 24. Харків 2022.

URL:https://entc.com.ua/download/%D0%97%D0%B1%D1%96%D1%80%D0%BD%D0%B8%D0%BA%20%D1%82%D0%B5%D0%B7_11_%D0%9D%D0%B0%D1%83%D0%BA%D0%BE%D0%B2%D0%BE%D1%96%CC%88%20%D0%BA%D0%BE%D0%BD%D1%84%D0%B5%D1%80%D0%B5%D0%BD%D1%86%D1%96%D1%96%CC%88_%D0%9D%D0%90%D0%A3%D0%9A%D0%9E%D0%92%D0%86%20%D0%9F%D0%86%D0%94%D0%A1%D0%A3%D0%9C%D0%9A%D0%98%202022%D0%A0%D0%9E%D0%9A%D0%A3_.pdf

10. Improving the Efficiency of Heating Systems of Buildings Due to Intermittent Heating. Balasarian, G., Klymchuk, O., Babaiev, Y., Semeni, A. *Lecture Notes in Civil Engineering*, 2023, 290 LNCE, стр. 162–170 (Scopus).

URL: http://dx.doi.org/10.1007/978-3-031-14141-6_16

11. Климчук Олександр Андрійович, Лужанська Ганна Вікторівна, Шевчук Володимир Іванович, Бабаєв Євген Сергійович, Котяш Дмитро Ігорович. Порівняльний аналіз роботи акумуляторів теплоти при різних схемах включення. Матеріали II Міжнародної науково-практичної конференції «SCIENCE,

INNOVATIONS AND EDUCATION: PROBLEMS AND PROSPECTS» 15-17 вересня 2021 года Токіо, Японія.

URL: <https://sci-conf.com.ua/wp-content/uploads/2021/09/SCIENCE-INNOVATIONS-AND-EDUCATION-PROBLEMS-AND-PROSPECTS-15-17.09.2021.pdf>

12. Бабаєв Є.С. Модернізація бівалентної комбінованої системи опалення будівлі. Collection of Scientific Papers / 1st International Scientific and Practical Conference «Innovative Approaches in Modern Science and Technology» March 2025 Lisbon, Portugal. стор. 309-311

URL: https://isu-conference.com/wp-content/uploads/2025/03/Lisbon_Portugal_26.03.25.pdf

ABSTRACT

Babayev. E.S. Energy-efficient heat supply of buildings of various types of purpose in megacities. – Qualification work in the form of a manuscript.

Dissertation for the degree of Doctor of Philosophy in specialty 144 – Heat and Power Engineering. – National University “Odesa Polytechnic”, Ministry of Education and Science of Ukraine, Odesa, 2025.

The dissertation is devoted to studying the comprehensive increase in the energy efficiency of heat supply for various types' purpose buildings in metropolises districts using the existing centralized heat supply systems and the renewable energy sources introduction, taking into account both buildings operating modes and external climatic factors. The proposed methods can significantly improve the energy efficiency of heat supply and reduce the negative impact on the environment.

In the first chapter "Analysis of the current condition of heat supply systems for various types' purpose buildings" the following results were obtained:

– It is established that most centralized heat supply systems have been designed with a significant reserve of thermal power without consideration to the operating modes of various types' purpose buildings, which in turn leads to significant energy carrier costs to meet the heat consumption needs of various types of consumers.

– The feasibility of using heat pumps with heat extraction from the environmental air in both the projected and existing combined heat supply systems with a backup heat source from a waterheating boiler or centralized heat supply systems is proven.

- The possibility of reducing the costs of heat supply to a districtal complex of buildings which includes structures of various purpose types due to taking into account the operating modes of different types of consumers, both in 24-hours period scale as well as during the week and year.

In the second chapter "Mathematical modeling of heat supply systems' operating modes at facilities of various purpose types" the following results were obtained:

- Heat consumption modes for different types of consumers during the 24 hours period for public buildings, namely shopping and entertainment centers, administrative buildings and educational institutions were obtained;

- The potential for heat consumption self-compensation at different types of heat supply and different types of public buildings during the 24 hours period was shown, which allows assessing the possibilities to reduce capital investments in the reconstruction of existing heat supply systems;

- Based on the statistical data analysis on the example of a shopping and entertainment center, a redistribution of weight coefficients between the main types of heat consumption was proposed to increase the energy efficiency of the main energy sources use.

In the third chapter "Mathematical modeling of heat supply systems' operating modes for facilities of various purpose types " the following results were obtained:

- The dependence of the main indicators of the variable configuration-specific combined heat supply system and its components on external conditions was determined based on the results of numerical modelling; the obtained heat supply system modes' simulation results confirm the possibility to create highly efficient heating systems using modern energy technologies and alternative energy sources;

- An energy efficiency analysis for the system in the intermittent heating mode was carried out that allows the conclusion that the intermittent heating mode use for the combined heat supply system provides additional opportunities for saving energy resources and for increasing the efficiency of heat pumping systems;

- The optimal parameters of the heat supply system main elements' load modes were obtained based on the results of optimizing the load modes for the heat supply system with a heat accumulator when the outdoor air temperature changes.

In the fourth chapter "Study of the combined heat supply systems operation using renewable energy sources", the following results were obtained:

– A principle thermal scheme “Serial-parallel modernized bivalent combined heating system with buffer capacity” was proposed to increase the energy efficiency of the renewable energy sources operation in a combined heat supply system using various types of heating devices;

– Experimental studies were conducted at a residential complex using the proposed scheme of combined heat supply using heat pump systems. The results obtained allow to state a reduction in primary fuel consumption and an increase in the period of heat pump systems use in the heat supply of the building;

– The feasibility of using combined solar systems which produce heat and electricity for buildings in a residential complex, thus being able to provide the basic needs of electricity consumers and effectively generate heat in the summer season, was shown.

Keywords: heating systems, heat pumps, combined heating systems, solar systems, heat accumulators, intermittent heating, energy-efficient heating, building operating modes, energy efficiency criteria, thermal supply networks, data statistical processing

LIST OF PUBLICATIONS OF THE ACQUIRER

Scientific works in which the main scientific results of the dissertation are published

1. O. Klymchuk, O. Woodwood, E. Babayev, M. Sergeyeu, I. Aksyonova. Increasing the efficiency of using centralized heat supply systems during the reconstruction of heating networks. Proceedings of Odessa Polytechnic University, 2022. Issue 2(66). ISSN 2076-2429. pp. 44-51.

<https://old-pratsi.op.edu.ua/app/webroot/articles/1682507778.pdf>

(Register of scientific professional publications of Ukraine, category "B").

2. Balasanyan G.A., Klymchuk O.A., Semeni A.A., Babayev E.S., Sachenko L.V. Modeling the intermittent heating regime of an educational building. Proceedings of Odessa Polytechnic University, 2021. Issue 2(64). ISSN 2076-2429.p.22-27
<https://doi.org/10.15276/opu.2.64.2021.03>

(Register of scientific professional publications of Ukraine, category "B").

3. G.I. Pozdnyakova, E.S. Babayev. Ways to increase the energy efficiency of heat supply of urban areas through comprehensive modernization of building engineering systems. Refrigeration Engineering and Technology. Volume 60 No. 1 (2024), 45-52.
<https://journals.ontu.edu.ua/index.php/reftech/article/view/2735/3156>

(Register of scientific professional publications of Ukraine, category "B").

4. O.A. Klymchuk, N.V. Klymchuk, E.S. Babayev, O.M. Woodwood, E.O. Kravchenko. Heat transfer of a dense layer of bulk material with immersed surfaces. Refrigeration Engineering and Technology. Volume 59 No. 4 (2024) , 269-277. <https://journals.ontu.edu.ua/index.php/reftech/article/view/2728/2967> (Register of scientific professional publications of Ukraine, category "B").

5. Evgeny Serhiyovych Babayev, Anna Ivanivna Pozdnyakova. Analysis of the effectiveness of the use of solar systems in centralized heat supply systems of the university. No. 2(68) (2023): Proceedings of the Odessa Polytechnic University. pp. 64-71. <https://doi.org/10.15276/opu.2.68.2023.08>

(Register of scientific professional publications of Ukraine, category "B").

6. G.V. Luzhanska, E.S. Babayev, M.I. Sergeev, O.O. Palamarchuk, O.L. Furkalenko (2024). Increasing the efficiency of autonomous heat supply systems for individual heating using heat pumps. Refrigeration Engineering and Technology, 60(3), 197-204.

<https://journals.ontu.edu.ua/index.php/reftech/article/view/3000/3236>

(Register of scientific professional publications of Ukraine, category "B").

7. O.A. Klymchuk, E.S. Babayev (2025) Analysis of operating modes of heat supply systems for shopping and entertainment complexes. Refrigeration Engineering and Technology, 61(1).

<https://journals.ontu.edu.ua/index.php/reftech/article/view/3094/3309>

(Register of scientific professional publications of Ukraine, category "B").

Published works of approbation nature:

8. Conversion of heat supply of urban areas to electricity using existing heat-ing networks. Klymchuk O.A., Andryushchenko A.M., Babayev E.S., Sergeyev M.I. Materials of the II International Scientific and Practical Conference “Energy-efficient city. XXI century”. P. 74-76. November 10-11, 2022. Odesa ODABA. URL:https://odaba.edu.ua/upload/files/Zbirnik_Energoefektivne_misto_2022_1.pdf

9. XI SCIENTIFIC CONFERENCE. Scientific results of 2022. Collection of abstracts. Increasing the efficiency of the use of heat pumps in combined heat supply systems with variable operating modes of buildings Klymchuk O. A., Babayev E.S., Sergeyev M.I. p. 24. Kharkiv 2022.

URL:https://entc.com.ua/download/%D0%97%D0%B1%D1%96%D1%80%D0%BD%D0%B8%D0%BA%20%D1%82%D0%B5%D0%B7_11_%D0%9D%D0%B0%D1%83%D0%BA%D0%BE%D0%B2%D0%BE%D1%96%CC%88%20%D0%BA%D0%BE%D0%BD%D1%84%D0%B5%D1%80%D0%B5%D0%BD%D1%86%D1%96%D1%96%CC%88_%D0%9D%D0%90%D0%A3%D0%9A%D0%9E%D0%92%D0%86%20%D0%9F%D0%86%D0%94%D0%A1%D0%A3%D0%9C%D0%9A%D0%98%2022%20%D0%A0%D0%9E%D0%9A%D0%A3_.pdf

10. Improving the Efficiency of Heating Systems of Buildings Due to Intermittent Heating. Balasarian, G., Klymchuk, O., Babaiev, Y., Semenii, A. Lecture Notes in Civil Engineering, 2023, 290 LNCE, pp. 162–170 (Scopus).

URL: http://dx.doi.org/10.1007/978-3-031-14141-6_16

11. Klymchuk Oleksandr Andriyovych, Luzhanska Hanna Viktorivna, Shevchuk Volodymyr Ivanovych, Babayev Yevgen Serhiyovych, Kotyash Dmitry Igorovich. Comparative analysis of the operation of heat accumulators with different switching schemes. Proceedings of the II International Scientific and Practical Conference «SCIENCE, INNOVATIONS AND EDUCATION: PROBLEMS AND PROSPECTS» September 15-17, 2021 Tokyo, Japan.

URL: <https://sci-conf.com.ua/wp-content/uploads/2021/09/SCIENCE-INNOVATIONS-AND-EDUCATION-PROBLEMS-AND-PROSPECTS-15-17.09.2021.pdf>

12. Babayev E.S. MODERNIZATION OF A BIVALENT COMBINED BUILDING HEATING SYSTEM Collection of Scientific Papers / 1st International Scientific and Practical Conference «Innovative Approaches in Modern Science and Technology» March 2025 Lisbon, Portugal. pp. 309-311

URL:https://isu-conference.com/wp-content/uploads/2025/03/Lisbon_Portugal_26.03.25.pdf