

АНОТАЦІЯ

Позднякова Г.І. Підвищення ефективності та надійності роботи систем централізованого теплопостачання в комунальній теплоенергетиці. – Кваліфікаційна наукова праця на правах рукопису.

Дисертація на здобуття наукового ступеня доктора філософії за спеціальністю 144 – Теплоенергетика. – Національний університет «Одеська політехніка», МОН України, Одеса, 2026.

Дисертаційна робота присвячена підвищенню ефективності та надійності роботи об'єктів генерації теплоти систем централізованого теплопостачання житлово-комунального сектору з урахуванням режимів роботи основного обладнання, зовнішніх кліматичних чинників та екстремальних умов експлуатації. Запропоновані методи та рекомендації здатні суттєво підвищити надійність енергозабезпечення основного та допоміжного обладнання систем теплопостачання, а також покращити ефективність використання первинних енергоресурсів та зменшити вплив на навколишнє середовище.

У **вступі** обґрунтовано актуальність роботи, визначено мету дослідження, відповідно меті поставлені задачі дослідження, наведено наукову новизну, практичне значення результатів дослідження, відображено зв'язок дисертаційної роботи з науково-дослідними роботами та міжнародними грантами, що виконувались в Національному університеті «Одеська політехніка» за напрямом підвищення ефективності та надійності систем теплозабезпечення.

У **першому** розділі «Сучасні тенденції підвищення ефективності та надійності в системах теплопостачання комунального сектору» проведено аналіз сучасних напрямів щодо підвищення ефективності та надійності роботи систем теплопостачання як в Україні так і у світі, показано основні шляхи реалізації наведених постанов та директив ЄС та України щодо енергоефективності та зеленої енергетики. До основних результатів розділу можна віднести:

- на основі отриманих даних аналізу споживання енергоресурсів запропоновано основні шляхи щодо програми енергозбереження та удосконаленням енерготехнологій;

- виявлено основні шляхи щодо підвищення надійності енергопостачання систем централізованого теплозабезпечення об'єктів комунального господарства;

- показано перспективи впровадження когенераційних установок для енергозабезпечення об'єктів комунальної теплоенергетики.

У другому розділі «Шляхи підвищення надійності енергопостачання теплогенеруючих підприємств» наведено основні вимоги до сучасних систем теплопостачання з точки зору експлуатації, проведено дослідження щодо забезпечення надійності енергопостачання для стабільної роботи систем теплопостачання та визначення ймовірності відмов енергопостачання в екстремальних умовах експлуатації. До основних результатів розділу можна віднести:

- найперспективнішим з точки зору забезпечення енергопостачання є резервування за рахунок вбудованої в основну схему генерації тепла, систему генерації електроенергії, тобто повної або часткової когенерації;

- для невеликих систем теплопостачання можливе застосування недорогих автономних генераторів електроенергії на базі бензинових або дизельних генераторів;

- застосування газових турбін для підвищення надійності енергопостачання доцільне за великих потужностей електроспоживання в котельні теплогенеруючого підприємства, в котельнях з водогрійними котлами середньої потужності, або для незалежного електропостачання теплогенеруючого комплексу з більш дрібних котельнь;

- при використанні газових турбін в системі когенерації тепла та електроенергії, доцільно використовувати агрегати з невисокою температурою до 800 °С та тиском газу перед турбіною до 0,8 МПа, які відрізняються високою надійністю, невисокою вартістю та забезпечують максимальний відбір тепла, що утилізується;

– для оцінки на основі аналізу надійності роботи систем теплозабезпечення доцільно обирати метод експертних оцінок.

В **третьому** розділі «Підвищення надійності роботи джерел централізованого теплопостачання за рахунок застосування когенераційних установок» проведено аналіз підходів щодо підвищення надійності систем централізованого теплопостачання в умовах відключення електроенергії для районної опалювальної котельні з використанням когенераційних та теплонасосних технологій, запропоновано схемні рішення застосування когенераційних установок для сумісного видобутку теплоти та електроенергії. До основних результатів розділу можна віднести:

– розроблено математичну модель системи енергозабезпечення на базі газопоршневої когенераційної установки та моделі основних елементів системи теплопостачання;

– запропоновано комплекс критеріїв щодо оцінки енергетичної ефективності систем централізованого теплопостачання на базі районної опалювальної котельні з використанням когенераційних та теплонасосних технологій;

– виконано аналіз вхідних даних щодо моделювання режимів навантаження систем централізованого теплопостачання з надбудовою КУ, що базується на реальному проєкті модернізації системи централізованого теплопостачання м. Одеса.

В **четвертому** розділі «Результати досліджень основних заходів підвищення надійності енергозабезпечення систем теплопостачання» проведено дослідження роботи когенераційних установок на 6 котельнях м. Одеса, наведено основні варіанти підвищення надійності енергопостачання основних споживачів електроенергії котелень за рахунок резервування джерел електроживлення. До основних результатів розділу можна віднести:

– внаслідок нерівномірності добових графіків електричного та теплового навантаження споживачів коефіцієнт заповнення графіків має задовільне значення на рівні 0,53–0,61;

– КВП КУ нижче за номінальне значення приблизно на 10 %, що є наслідком нерівномірності добового навантаження та неповноти використання утилізованого тепла;

– задля підвищення коефіцієнта заповнення добових графіків навантаження доцільно збільшити одиничну номінальну потужність КУ при одночасному підключенні до КУ більшої кількості різноманітних споживачів, графіки добового навантаження яких відрізняються та мають перекривати один одного.

– порівняльний аналіз резервних джерел теплоти для підвищення надійності енергозабезпечення котелень показав певну перевагу когенераційних установок за основними показниками.

Ключові слова: системи теплопостачання, централізоване теплопостачання, генератори теплоти, електроенергія, теплова енергія, житлово-комунальне господарство, надійність, енергоефективність, енергозбереження, когенераційні установки, теплові насоси, енергопостачання, комбіновані системи теплопостачання, комбіноване енергозабезпечення, енергоресурси, експертні оцінки, геліосистеми, відновлювальні джерела енергії, математичне моделювання.

СПИСОК ПУБЛІКАЦІЙ ЗДОБУВАЧА

Наукові праці, в яких опубліковано наукові результати дисертації:

1. Babaev, E. Pozdniakova, G. 2023. Аналіз ефективності застосування геліосистем в централізованих системах теплопостачання університету. Праці Одеського політехнічного університету. 2(68) (Груд. 2023), 64–71.

<https://doi.org/10.15276/opu.2.68.2023.08>.

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

2. Mazurenko, A., Klymchuk, O., Pozdniakova, G., Pustovit, A. i Shavrov, V. 2024. Проблеми забезпечення надійного теплопостачання в умовах негарантованого електропостачання теплогенеруючим підприємствам. Праці Одеського політехнічного університету. 1(69) (Трав. 2024), 23–31.

<https://doi.org/10.15276/opu.1.69.2024.03>.

(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>

4. Klymchuk, O. i Pozdniakova, G. 2024. Підвищення надійності роботи систем теплопостачання в умовах відключення електроенергії. Праці Одеського політехнічного університету. 2(70) (Груд. 2024), 48–54.

<https://doi.org/10.15276/opu.2.70.2024.06>.

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

5. Anton Mazurenko, Anton Panda, Oleksandr Klymchuk, Ganna Pozdniakova, Anatoliy Pustovit, Jan Valicek, Marta Harnicarova. Stability of systems in extreme operating conditions. Mm science journal i 2025 i november. P 8916-8920.

https://doi.org/10.17973/MMSJ.2025_11_2025037

(Реєстр міжнародних наукометричних видань Scopus).

Опубліковані праці апробаційного характеру:

6. Лужанська Г.В. Бабаєв Є.С. Сергєєв М.І. Позднякова Г.І. Климчук І.О. Аналіз сучасного стану енергопостачання для комунальної енергетики в загальному енергетичному балансі країни. 9th International Scientific and Practical Conference THEORY AND PRACTICE OF SCIENCE: KEY ASPECTS ROME, ITALY February 19-20, 2024. p. 496-502.

<https://doi.org/10.51582/interconf.19-20.02.2024>

7. Климчук О. А., Позднякова Г. І. МОДЕРНІЗАЦІЯ ТЕПЛОВИХ МЕРЕЖ У ПОВОЄННИЙ ПЕРІОД. ПРОБЛЕМИ ЕКОЛОГІЇ ТА ЕКСПЛУАТАЦІЇ ОБ'ЄКТІВ ЕНЕРГЕТИКИ. XXXIV міжнародна конференція “Проблеми екології і експлуатації об'єктів енергетики”. Збірник праць. ІВЦ АЛКОН. Київ 2024. стор.50-53.

https://ittf.kiev.ua/wp-content/uploads/2025/01/sbornik_2024_pp.pdf

8. Сігал О. І., Падерно Д. Ю., Позднякова Г. І. ЗАХОДИ З ПІДВИЩЕННЯ НАДІЙНОСТІ РОБОТИ ТЕПЛОДЖЕРЕЛ СИСТЕМИ ЦЕНТРАЛІЗОВАНОГО ТЕПЛОПОСТАЧАННЯ МІСТА ОДЕСИ В УМОВАХ ВОЄННОГО СТАНУ. XXXIV міжнародна конференція “Проблеми екології і експлуатації об'єктів енергетики”. Збірник праць. ІВЦ АЛКОН. Київ 2024. стор.65-68.

https://ittf.kiev.ua/wp-content/uploads/2025/01/sbornik_2024_pp.pdf

9. Позднякова Г.І. ПІДВИЩЕННЯ ЯКОСТІ ЕКСПЛУАТАЦІЇ СИСТЕМИ ТЕПЛОПОСТАЧАННЯ. 3rd International Scientific and Practical Conference «Modern Trends in the Development of Economy, Technology and Industry» Collection of Scientific Papers April 9-11, 2025 Toronto, Canada. стор. 307-311.

<https://doi.org/10.70286/ISU-09.04.2025>

10. Климчук О.А., Позднякова Г.І. ІННОВАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ У СИСТЕМАХ КОМБІНОВАНОГО ТЕПЛОПОСТАЧАННЯ. Тези доповідей XXXIII МІЖНАРОДНОЇ НАУКОВО-ПРАКТИЧНОЇ КОНФЕРЕНЦІЇ ІНФОРМАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ: НАУКА, ТЕХНІКА, ТЕХНОЛОГІЯ, ОСВІТА, ЗДОРОВ'Я MicroCAD- 2025. Національний університет «Одеська політехніка», м. Одеса стор. 760.

<https://ndch.kpi.kharkov.ua/wp-content/uploads/2025/06/Zbirnik-tez-2025.pdf>

11. Климчук О.А., Позднякова Г.І. ВИКОРИСТАННЯ КОГЕНЕРАЦІЙНИХ УСТАНОВОК ДЛЯ ЕНЕРГОЗАБЕЗПЕЧЕННЯ СИСТЕМ ТЕПЛОПОСТАЧАННЯ. The materials of the conference 5th International Scientific and Practical Conference «Science And Information Technologies in The Modern World». Collection of Scientific Papers. February 11-13, 2026 Athens, Greece. стор. 420 – 422.

<https://doi.org/10.70286/ISU-11.02.2026>

Публікації, які додатково відображають наукові результати дисертації.

1. Г.І. Позднякова, О.І. Сігал, Д.Ю. Падерно. Теплопостачання міста Одеси. Монографія. Київ. Наукова думка. 2024. 224 стор. ISBN 978-966-00-1919-5

ABSTRACT

Pozdniakova G.I. Increasing the efficiency and reliability of centralized heating systems in municipal heat and power engineering. – 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, 2026.

This dissertation is devoted to techniques of increasing the district heating systems heat generation facilities’ efficiency and reliability in the housing and communal sector, taking into account the main equipment operating modes, external climatic factors and the equipment extreme operating conditions. The proposed methods and recommendations can significantly increase the heat supply systems’ main and auxiliary equipment energy supply reliability, as well as improve the efficiency of using primary energy resources and reduce the impact on the environment.

The introduction substantiates this study relevance, defines the research purpose and sets the research tasks in accordance with the purpose identified, presents the obtained research result’s scientific novelty, and practical significance, exposes the dissertation study connection with research works and studies under international grants carried out at the National University "Odesa Polytechnic" in the field of techniques for increasing the heat supply systems efficiency and reliability.

The first chapter, “Modern trends on increasing the municipal sector heat supply systems efficiency and reliability” analyzes current trends in increasing the efficiency and reliability of heat supply systems both in Ukraine and worldwide, and shows the main ways to implement therein mentioned EU and Ukrainian regulations and directives on energy efficiency and green energy. This chapter main results include:

- the main ways to implement an energy saving program and improve energy technologies proposed based on the data obtained from the analysis of energy consumption;
- the main ways to increase the reliability of energy supply from the centralized heat supply systems of municipal facilities as identified;
- the prospects for the introduction of cogeneration units purposed for energy supply of municipal heat and power facilities are shown.

The second chapter, “Ways to increase the reliability of energy supply to heat generating enterprises,” presents the basic requirements for modern heat supply systems in view of their operational perspective, exposes research on ensuring the reliability of power supply for heat supply systems stable operation, and determining the probability of power supply failures in extreme operating conditions. This chapter main results are following:

- the most promising in terms of ensuring power supply is the backup due to the electricity generation system built into the heat generation system main circuit, i.e. full or partial cogeneration;
- for small heat supply systems, it is possible to use inexpensive autonomous electricity generators based on gasoline or diesel generators;
- the use of gas turbines to increase the power supply reliability is advisable for large power consumption capacities in the boiler room of a heat generating enterprise, in boiler rooms with medium-power water-heating boilers, or for independent power supply of the heat generating complex from smaller boiler rooms;
- when using gas turbines in the heat and electricity cogeneration system, it is advisable to use the low temperature units of up to 800°C creating the gas pressure of up to 0.8 MPa in front of the turbine, as they are characterized by high reliability, low cost and provide the greatest output of utilized heat;
- to assess the heat supply systems operation reliability based on analysis, it is advisable to choose the method of expert assessments.

In the third chapter "Improving the reliability of centralized heat supply sources through the use of cogeneration plants", an analysis of approaches to increasing the centralized heat supply systems reliability under conditions of power outages for a district heating boiler house using cogeneration and heat pump technologies has been carried out, schematic solutions on the use of cogeneration plants for the combined production of heat and electricity were proposed. This chapter main results include:

- a mathematical model of the energy supply system based on a gas-piston cogeneration plant and a model of the heat supply system main elements have been developed;

- a set of criteria for assessing the energy efficiency of centralized heat supply systems based on a district heating boiler house using cogeneration and heat pump technologies has been proposed;

- carried out is the analysis of input data was for modeling the load regimes of centralized heat supply systems with a cogeneration unit superstructure, which is based on a real project for the centralized heat supply system modernization in Odesa city.

In the fourth chapter "Results of research on the main measures to increase the reliability of heat supply systems energy supply", a study of the operation of cogeneration units at 6 boiler houses in Odesa city having been conducted, the main options for increasing the reliability of energy supply to the main consumers of electricity in boiler houses by reserving power supply sources are presented. This chapter main results include:

- due to the unevenness of the consumers' daily schedules of electrical and thermal load, the schedule filling factor has a satisfactory value at the level of 0.53–0.61;

- the cogeneration unit fuel consumption coefficient is lower than the nominal value by approximately 10%, which is a consequence of the unevenness of the daily load and incomplete use of the utilized heat;

- in order to increase the daily load filling factor, it is advisable to increase the cogeneration unit nominal power while simultaneously connecting to the cogeneration unit a larger number of different consumers whose daily load schedules differ and should overlap each other;

- comparative analysis of backup heat sources to increase the reliability of energy supply to boiler houses showed a certain advantage of cogeneration plants in terms of basic indicators.

Keywords: heat supply systems, district heating, heat generators, electricity, thermal energy, housing and communal services, reliability, energy efficiency, energy saving, cogeneration plants, heat pumps, energy supply, combined heat supply systems, combined energy supply, energy resources, expert assessments, solar systems, renewable energy sources, mathematical modeling.

LIST OF PUBLICATIONS OF THE ACQUIRER

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

1. Babaev, E. Pozdniakova, G. 2023. Analysis of the effectiveness of solar systems use in the university centralized heat supply systems. Proceedings of the Odessa Polytechnic University. No. 2(68) (2023). pp. 64-71.

<https://doi.org/10.15276/opu.2.68.2023.08>.

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

2. Mazurenko, A., Klymchuk, O., Pozdniakova, G., Pustovit, A. i Shavrov, V. 2024. Problems of reliable heat supply providing in the conditions of non-guaranteed electricity supply to heat-generating enterprises. Proceedings of the Odessa Polytechnic University. No. 1(69) (2024). pp. 23-31.

<https://doi.org/10.15276/opu.1.69.2024.03>.

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

3. 3. G.I. Pozdniakova, 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. Klymchuk, O. Pozdniakova, G. 2024. Improving the reliability of heat supply systems in the conditions of power outage. Proceedings of the Odessa Polytechnic University. No. 2(70) (2024). pp. 48-54.

<https://doi.org/10.15276/opu.2.70.2024.06>.

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

5. Anton Mazurenko, Anton Panda, Oleksandr Klymchuk, Ganna Pozdniakova, Anatoliy Pustovit, Jan Valicek, Marta Harnicarova. Stability of systems in extreme operating conditions. Mm science journal i 2025 i november. P 8916-8920.

https://doi.org/10.17973/MMSJ.2025_11_2025037

(Register of international scientific metric publications Scopus).

Published works of approbation nature:

6. Luzhanska G.V. Babayev E.S. Sergeyev M.I. Pozdniakova G.I. Klymchuk I.O. Analysis of the current state of energy supply for municipal energy in the overall energy balance of the country. 9th International Scientific and Practical Conference THEORY AND PRACTICE OF SCIENCE: KEY ASPECTS ROME, ITALY February 19-20, 2024. p. 496-502.

<https://doi.org/10.51582/interconf.19-20.02.2024>

7. Klymchuk O. A., Pozdniakova G. I. MODERNIZATION OF HEATING NETWORKS IN THE POST-WAR PERIOD. PROBLEMS OF ECOLOGY AND OPERATION OF ENERGY FACILITIES. XXXIV International Conference “Problems of Ecology and Operation of Energy Facilities”. Collection of Proceedings. IVC ALKON. Kyiv 2024. pp.50-53.

https://ittf.kiev.ua/wp-content/uploads/2025/01/sbornik_2024_pp.pdf

8. Sigal O. I., Paderno D. Yu., Pozdniakova G. I. Measures to increase the efficiency of the heat sources of the centralized heat supply system of the city of odessa in the conditions of martial law. XXXIV International Conference “Problems of Ecology and Operation of Energy Facilities”. Collection of Proceedings. IVC ALKON. Kyiv 2024. pp.65-68.

https://ittf.kiev.ua/wp-content/uploads/2025/01/sbornik_2024_pp.pdf

9. Pozdniakova G.I. Improving the quality of operation of the heat supply system. 3rd International Scientific and Practical Conference «Modern Trends in the Development of Economy, Technology and Industry» Collection of Scientific Papers April 9-11, 2025 Toronto, Canada. pp. 307-311.

<https://doi.org/10.70286/ISU-09.04.2025>

10. Klymchuk O.A., Pozdnyakova G.I. Innovative technologies in combined heat supply systems. Abstracts of the reports of the XXIII INTERNATIONAL SCIENTIFIC AND PRACTICAL CONFERENCE INFORMATION TECHNOLOGIES: SCIENCE,

ENGINEERING, TECHNOLOGY, EDUCATION, HEALTH MicroCAD-2025.
National University "Odesa Polytechnic", Odessa p. 760.

<https://ndch.kpi.kharkov.ua/wp-content/uploads/2025/06/Zbirnik-tez-2025.pdf>

11. Klymchuk O.A., Pozdnyakova G.I. Use of cogeneration plants for energy supply of heating systems. The materials of the conference 5th International Scientific and Practical Conference «Science And Information Technologies in The Modern World». Collection of Scientific Papers. February 11-13, 2026 Athens, Greece. pp. 420 – 422.

<https://doi.org/10.70286/ISU-11.02.2026>

Publications that further reflect the scientific results of the dissertation.

1. G.I. Pozdniakova, O.I. Sigal, D.Yu. Paderno. Heat supply of the city of Odessa. Monograph. Kyiv. Naukova Dumka. 2024. 224 pp. ISBN 978-966-00-1919-5