

АНОТАЦІЯ

Сергеев М.І. **Підвищення ефективності децентралізованого теплопостачання за рахунок використання відновлювальних джерел енергії та гібридних засобів акумулювання теплоти.** – Кваліфікаційна наукова праця на правах рукопису.

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

У вступі показано актуальність та особливості застосування інноваційних технологій децентралізованого теплопостачання за рахунок раціонального використання альтернативних теплогенераторів, різнорідних за взаємно компенсуючими властивостями, змінних у часі відновлюваних джерел енергії (РВДЕ) та гібридних засобів акумулювання теплоти, беручи до уваги регіональні кліматичні умови, що створює позитивний вплив не тільки на енергетичну спроможність, а й екологічні показники перебігу процесів в елементах системи.

На підставі аналізу результатів сучасних вітчизняних та світових досліджень, зважаючи на гостру потребу в застосуванні інноваційних методів акумулювання енергії, можна зробити висновок, що запитом практики є розробка науково-обґрунтованого інструментарію для практичної реалізації децентралізованого теплопостачання (ДСТ) на базі альтернативних теплогенераторів, РВДЕ та гібридних засобів акумулювання теплоти для широкого спектру споживачів галузі теплоенергетики.

Для визначення ефективності застосування інноваційних методів акумулювання теплоти мають бути застосовані математичні моделі, які дозволяють обґрунтовано обирати схемно-конструктивні й технологічні рішення для практичної реалізації ДСТ, в структуру яких входять теплові насоси РВДЕ та гібридні засоби акумулювання енергії, за умови, що взято до уваги регіональні кліматичні умови та енергетичну спроможність РВДЕ.

Слід наголосити, що саме такий підхід до удосконалення технологій децентралізованого теплозабезпечення на основі альтернативних теплогенераторів

з РВДЕ, які задні до взаємної компенсації дефіциту енергії одне одного та гібридними засобами акумулювання енергії, можна вважати надійним інструментарієм забезпечення надійного функціонування всіх елементів ДСТ, що є актуальною науково-технічною задачею, на вирішення якої спрямовано дане дослідження.

В дисертаційній роботі визначено об'єкт, предмет, задачі та методи дослідження; наведено наукову новизну та практичну значимість отриманих результатів дослідження; висвітлено особистий внесок здобувача.

У розділі 1 дисертаційної роботи висвітлено засади функціонування різних технологій теплопостачання, на підставі аналізу яких встановлені їх позитивні та негативні сторони. Це дозволило виділити впливові чинники ефективного впровадження децентралізованої системи теплозабезпечення з автономними генераторами теплоти, необхідно використовувати різноманітні ЗВДЕ, які відрізняються здібністю до взаємної компенсації дефіциту одне одного, та гібридними засобами накопичення теплоти. Для вирішення проблем енергозбереження необхідна розробка математичної моделі, на основі використання якої можна визначити раціональні умови функціонування децентралізованої системи теплозабезпечення, зі взяттям до уваги технічного потенціалу РВДЕ і кліматичних чинників.

Отже, запитом практики є вирішення актуального науково-практичного завдання, яке стимулює прискорення впровадження новітніх технологій ДСТ шляхом використання теплонасосних генераторів теплоти на базі РВДЕ та гібридних засобів акумулювання енергії, що сприятиме стратегії сталому розвитку на основі впровадження новітніх технологій екологізації за рахунок зменшення частки використання викопних первинних енергоресурсів та енергозбереження, відповідно.

Для забезпечення умов гібридного акумулювання теплоти в системах децентралізованого енергопостачання в Україні існує можливість використання РВДЕ, які можна використовувати в інноваційних автономних генераторах теплоти, для подальшого корисного використання широким колом споживачів

галузі теплоенергетики. Рішення про доцільність впровадження засобів гібридного акумулювання енергії в системах децентралізованого енергопостачання обґрунтовується за результатами визначення ефективності роботи інноваційної системи, з урахуванням техніко-економічних і еколого-енергетичних переваг.

Сформульовано принципи та завдання вдосконалення режимів функціонування ДСТ з автономними теплогенераторами, РВДЕ та гібридних засобів акумулювання енергії, технічний потенціал яких визначається регіональними можливостями.

Перший пункт наукової новизни полягає в наступному: для обґрунтування ефективного функціонування ДСТ з автономними теплогенераторами, РВДЕ та гібридними засобами акумулювання енергії необхідно використати інструментарій математичного моделювання, який є підставою для визначення доцільності інтеграції гібридних засобів акумулювання енергії для широкого спектру споживачів галузі теплоенергетики.

У розділі 2 запропонована методика чисельного моделювання на основі енергетичного балансу для визначення енергетичної ефективності, кумулятивної енергоємності та економічних показників системи, які містять фактор часу функціонування ДСТ з інноваційними теплогенераторами, РВДЕ та гібридними засобами акумулювання енергії. Серед найбільш впливових показників розглядаються: термін окупності, норма прибутку, тест першого року.

Оцінка ефективності залучення засобів гібридного акумулювання енергії в децентралізовані системи теплопостачання з використанням автономних генераторів теплоти, РВДЕ та широкого спектру гібридних засобів акумулювання енергії має бути з обов'язковим взяттям до уваги технічного потенціалу РВДЕ та кліматичних чинників.

Другий пункт наукової новизни полягає в наступному: шляхом математичного моделювання обґрунтовано техніко-економічну доцільність використання децентралізованої системи теплозабезпечення з використанням інноваційних автономних генераторів теплоти, різнорідних ЗВДЕ, які є достатніми за технічним

ресурсом для використання в регіональних умовах, та широкого спектру гібридних засобів акумулювання.

У розділі 3 обґрунтовано умови раціонального використання РВДЕ для систем децентралізованого теплозабезпечення, для чого застосовано інструментарій чисельного моделювання теплової і економічної ефективності ДСТ з використанням сонячних колекторів і акумуляторів теплоти різного типу для попереднього підігріву води в автономному генераторі теплоти, які забезпечили ефективність рішень та раціональні режими функціонування системи.

Визначено собівартість теплоти, згенерованої гібридною системою з сонячними колекторами і акумуляторами теплоти в функції температури нагріву води в СК, з урахуванням їх питомої вартості. Визначено річний економічний ефект від використання гібридної системи підготовки води для котла в СК і акумуляторах теплоти. Встановлено характер впливу на собівартість виробленої теплоти та на її економічну ефективність питомої вартості СК.

Обґрунтовано раціональні умови застосування інноваційних технологій енергозбереження для децентралізованих систем теплопостачання з використанням РВДЕ та гібридних засобів акумулювання теплоти для підвищення ефективності і надійності забезпечення теплових потреб широкого спектру споживачів галузі теплоенергетики. Аналіз результатів чисельного моделювання процесів в елементах ДСТ з експериментальними даними дозволив встановити умови ефективного функціонування системи з максимальною часткою заміщення теплопродуктивності автономного генератора теплоти за рахунок накопичення теплоти в БА.

Третій пункт наукової новизни полягає в наступному: теоретичним і експериментальним шляхом визначено техніко-економічну доцільність використання ДСТ з гібридними засобами акумулювання енергії з локальними генераторами теплоти, які працюють на альтернативних видах палива, з урахуванням регіональних можливостей і потреб.

У розділі 4 за результатами чисельного моделювання обґрунтовано раціональні схемно-конструктивні рішення, які забезпечують доцільність

використання гібридних засобів акумулювання енергії в децентралізованих системах теплозабезпечення з локальними генераторами теплоти на базі різнорідних за фізичними властивостями ЗВДЕ. Розроблено пропозиції щодо оптимізації параметрів поліструктурних децентралізованих систем теплопостачання з використанням кумулятивного ефекту накопичення теплоти стінами будівлі, які сприяють зменшенню теплового навантаження та собівартості генерації теплоти, і не потребують додаткових капітальних внесків.

Четвертий пункт наукової новизни полягає в наступному: визначено ефективність застосування гібридних засобів акумулювання енергії в поліструктурних децентралізованих системах теплозабезпечення з тепловими генераторами теплоти з використанням РВДЕ. Запропоновано схемно-конструктивні та режимні ДСТ, які забезпечують високі частки заміщення викопних ПЕР, та сприяють зменшенню теплового навантаження та собівартості генерації теплоти без додаткових капітальних внесків.

Ключові слова: математичне моделювання, енергетичний баланс, децентралізована система теплопостачання, гібридні засоби акумулювання теплоти, теплонасосна генерація, різнорідні відновлювальні джерела енергії, кумулятивний ефект накопичення теплоти, енергоефективність.

Наукові праці, в яких опубліковані основні наукові результати дисертації:

1. G. Luzhanska, M. Galatsan, M. Serheiev, S. Gryshchenko, P. Kandiev. Research of heat generation and consumption modes in combined heat supply systems using alternative energy sources // Proceedings of Odessa Polytechnic University, Issue 1(65), 2022. – P. 40–49. – Режим доступу: DOI: <https://doi.org/10.15276/opu.1.69.2024.05>
<https://pratsi.op.edu.ua/index.php/pratsi/article/view/445/444>

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

2. Репін Ю., Грищенко С., Климчук Н., Сергеев М., Ткачов О. (2024). Ефективність роботи теплових насосів із відбором теплоти від ґрунту та

зовнішнього повітря в житлових будинках // Refrigeration Engineering and Technology, 60(2). – С. 122–120. – Режим доступу: <https://doi.org/10.15673/ret.v60i2.2951> (Реєстр наукових фахових видань України, категорія «Б»)

3. O. Klymchuk, G. Luzhanska, G. Balasanian, M. Serheiev, I. Aksyonova. Application of CAD technologies for research of heat exchange units of microclimate systems based on alternative energy sources. (2022) // Proceedings of the Odesa Polytechnic University, Issue 1(65), 2022, 47–55. – Режим доступу: DOI: <https://doi.org/10.15276/opu.1.65.2022.05>

4. Лужанська Г.В., Бабаєв Є.С., Сергєєв М.І., Паламарчук О.О., Фуркаленко О.Л. (2024). Підвищення ефективності роботи автономних систем теплопостачання для індивідуального опалення з застосуванням теплових насосів // Refrigeration Engineering and Technology, 60 (3). С. 197–204. – Режим доступу: DOI <https://doi.org/10.15673/ret.v60i3.3000> (Реєстр наукових фахових видань України, категорія «Б»)

5. A.E Denysova, M.I. Serheiev (2025). The toolkit for rising the efficiency of heat pump heating system using the accumulation of heat by walls of the building // Refrigeration Engineering and Technology, Issue 60(4). – Режим доступу: DOI <https://doi.org/10.15673/ret.v61i1.3095>

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

Наукові праці, які засвідчують апробацію матеріалів дисертації:

6. Лужанська Г.В., Сергєєв М.І., Чумаченко А.М., Климчук І.О., Михайленко М.С. Потенціал сонячної енергетики в Україні // Proceedings of the XXIII International Scientific and Practical Conference “World ways and methods of improving outdated theories and trends”. Zagreb, Croatia June 11 – 14, 2024. С. 368–371. – Режим доступу: <https://isg-konf.com/world-ways-and-methods-of-improving-outdated-theories-and-trends/>

7. 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 // Proceedings of the 9th International Scientific and Practical Conference “Theory and practice of science: key aspects”. Rome, Italy, February 19-20, 2024. Р. 496–502. – Режим доступу: DOI: <https://doi.org/10.51582/interconf.19-20.02.2024>
<https://archive.interconf.center/index.php/2709-4685/issue/view/19-20.02.2024/199>

8. Климчук О.А., Андрющенко А.М., Бабаєв Є.С., Сергєєв М.І. Переведення теплопостачання районів міст на електроенергію з використанням існуючих теплових мереж // Матеріали Міжнародної науково-практичної конференції «Енергоефективне місто. ХХІ століття». Секція; Енергоефективні інженерні системи міст. Одеса, ОДАБА, 10–11 листопада 2022.– С. 74 – 76. – Режим доступу: https://odaba.edu.ua/upload/files/Zbirnik_Energoefektivne_misto_2022_1.pdf

9. Климчук О. А., Бабаєв Є. С. , Сергєєв М. І. Підвищення ефективності використання теплових насосів у комбінованих системах теплопостачання при змінних режимах експлуатації будівель, С. 24 //Збірка наукових праць ХІ Наукової конференції “Наукові підсумки 2022 року. Харків, Х.: Технологічний центр, 2022. – 81 с. – Режим доступу: <https://entc.com.ua/uk/konferentsii/610-naukovi-pidsumky-roku>

10. Serheiev M. I. Heat pump system using the subsoil and waste waters energy // Proceedings of XIII International Scientific Conference in Spain “Science and society: tools of modern innovative development”. May 06-09, 2025. – Режим доступу: <https://isg-konf.com/science-and-society-tools-of-modern-innovative-development/>

11. Сергєєв М. І. Доцільність застосування теплонасосних установок на основі інструментарію визначення еколого-енергетичних показників // Інформаційні технології: наука, техніка, технологія, освіта, здоров'я: тези доповідей XXXIII міжнародної науково-практичної конференції MicroCAD-2025, 14-17 травня 2025 р. / за ред. проф. Сокола Є.І. – Харків: НТУ «ХП». – С. 797. – Режим доступу: <https://ndch.kpi.kharkov.ua/wp-content/uploads/2025/05/Zbirnik-tez-2025.pdf>

ABSTRACT

Serheiev M.I. Increasing the efficiency of decentralized heat supply through the use of renewable sources of energy and hybrid means of heat accumulation.

Thesis for the degree of Doctor of Philosophy in the Specialty 144 Heat power engineering. – Odessa Polytechnic National University of the Ministry of Education and Science of Ukraine, Odesa, 2025.

The introduction shows the relevance and features of the application of innovative technologies for decentralized heating through the rational use of all means of alternative heat generators, heterogeneous in mutually compensating properties, time-varying renewable energy sources (HVDE) and hybrid heat storage devices, taking into account regional climatic conditions, which creates a positive impact not only on energy capacity, but also on environmental indicators of processes in the system elements.

Based on the analysis of the results of modern domestic and international research, given the urgent need for the application of innovative energy storage methods, it can be concluded that the demand of practice is the development of scientifically based tools for the practical implementation of decentralized heating systems (DHS) based on alternative heat generators, HVDE and hybrid heat storage devices for a wide range of consumers in the heat energy industry.

To determine the effectiveness of the application of innovative heat storage methods, mathematical models should be used that allow for a reasonable choice of schematic, design and technological solutions for the practical implementation of DHS, the structure of which includes heat pumps of renewable energy sources and hybrid energy storage devices, provided that regional climatic conditions and the energy capacity of renewable energy sources are taken into account.

It should be emphasized that it is precisely such an approach to improving decentralized heat supply technologies based on alternative heat generators with renewable energy sources that are capable of mutually compensating for each other's energy deficit and hybrid energy storage devices that can be considered a reliable tool for

ensuring the reliable functioning of all elements of DHS, which is an urgent scientific and technical problem, the solution of which is the subject of this study.

The dissertation work defines the object, subject, tasks and methods of research; the scientific novelty and practical significance of the obtained research results are presented; the personal contribution of the applicant is highlighted.

In section 1 of the dissertation work, the principles of operation of various heat supply technologies are highlighted, based on the analysis of which their positive and negative sides are established. This allowed us to identify the influential factors for the effective implementation of a decentralized heat supply system with autonomous heat generators, it is necessary to use heterogeneous RES, which differ in their ability to mutually compensate for each other's deficits, and hybrid means of heat storage. To solve energy saving problems, it is necessary to develop a mathematical model, based on which it is possible to determine the rational conditions for the operation of a decentralized heat supply system, taking into account the technical potential of HRES and climatic factors.

Therefore, the demand of practice is to solve the current scientific and practical problem, which stimulates the acceleration of the implementation of the latest technologies of the DHS through the use of heat pump heat generators based on renewable energy sources and hybrid energy storage devices, which will contribute to the strategy of sustainable development based on the implementation of the latest technologies of greening by reducing the share of fossil primary energy resources and energy saving, respectively.

To ensure the conditions for hybrid heat storage in decentralized energy supply systems in Ukraine, there is a possibility of using renewable energy sources, which can be used in innovative autonomous heat generators, for further beneficial use by a wide range of consumers in the heat power industry. The decision on the feasibility of implementing hybrid energy storage devices in decentralized energy supply systems is justified by the results of determining the efficiency of the innovative system, taking into account technical, economic and environmental and energy advantages.

The principles and tasks of improving the operating modes of DHS with autonomous heat generators, HRES and hybrid energy storage devices, the technical potential of which is determined by regional capabilities, are formulated.

The first point of scientific novelty is the following: to substantiate the effective operation of DHS with autonomous heat generators, HRES and hybrid energy storage devices, it is necessary to use the tools of mathematical modeling, which is the basis for determining the feasibility of integrating hybrid energy storage devices for a wide range of consumers in the heat power industry.

In section 2 the numerical modeling technique based on the energy balance is proposed to determine the energy efficiency, cumulative energy intensity and economic indicators of the system, which include the time factor of operation of DST with innovative heat generators, HRES and hybrid energy storage devices. Among the most influential indicators are considered: payback period, profit rate, first-year test.

The assessment of the effectiveness of involving hybrid energy storage devices in decentralized heat supply systems using autonomous heat generators, HRES and a wide range of hybrid energy storage devices must necessarily take into account the technical potential of HRES and climatic factors.

The second point of scientific novelty is as follows: by means of mathematical modeling, the technical and economic feasibility of using a decentralized heat supply system using innovative autonomous heat generators, heterogeneous RES, which are sufficient in terms of technical resource for use in regional conditions, and a wide range of hybrid storage means is substantiated.

In section 3 the conditions for the rational use of HRES for decentralized heat supply systems are substantiated, for which the tools of numerical modeling of the thermal and economic efficiency of the DHS using solar collectors (SC) and heat accumulators of various types for preheating water in an autonomous heat generator are applied, which ensured the effectiveness of solutions and rational modes of operation of the system.

The cost of heat generated by a hybrid system with solar collectors and heat accumulators as a function of the water heating temperature in the solar collectors is determined, taking into account their specific cost. The annual economic effect of using

a hybrid water preparation system for the boiler in the SC and heat accumulators is determined. The nature of the impact on the cost of the produced heat and its economic efficiency of the specific cost of the SC has been established.

The rational conditions for the application of innovative energy-saving technologies for decentralized heat supply systems using renewable energy sources and hybrid heat storage devices have been substantiated to increase the efficiency and reliability of providing heat needs for a wide range of consumers in the heat power industry. Analysis of the results of numerical modeling of processes in the elements of the DHS with experimental data allowed us to establish the conditions for the effective functioning of the system with the maximum share of replacing the heat productivity of the autonomous heat generator by heat storage in the tank accumulator.

The third point of scientific novelty is as follows: the technical and economic feasibility of using the DHS with hybrid energy storage devices with local heat generators operating on alternative fuels has been determined theoretically and experimentally, taking into account regional capabilities and needs.

To assess the feasibility of integrating hybrid energy storage devices into decentralized heating systems, it is necessary to develop a mathematical model based on the energy balance.

In section 4, based on the results of numerical modeling, rational schematic and design solutions are substantiated, which ensure the feasibility of using hybrid energy storage devices in decentralized heat supply systems with local heat generators based on HRES of heterogeneous physical properties. Proposals have been developed to optimize the parameters of polystructural decentralized heat supply systems using the cumulative effect of heat accumulation by the walls of the building, which contribute to reducing the heat load and the cost of heat generation, and do not require additional capital investments.

The fourth point of scientific novelty is as follows: the effectiveness of using hybrid energy storage devices in polystructural decentralized heat supply systems with heat generators using renewable energy sources is determined. Schematic and design and regime DSTs are proposed, which provide high replacement shares of fossil FERs, and

contribute to reducing the heat load and the cost of heat generation without additional capital investments.

Keywords: mathematical modeling, energy balance, decentralized heat supply system, hybrid heat storage, heat pump generation, heterogeneous renewable energy sources, cumulative effect of heat storage, energy efficiency.

List of publications of the applicant on the topic of the dissertation

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

1. G. Luzhanska, M. Galatsan, M. Serheiev, S. Gryshchenko, P. Kandieiev. Research of heat generation and consumption modes in combined heat supply systems using alternative energy sources // Proceedings of Odessa Polytechnic University, Issue 1(65), 2022. – P. 40 – 49. – Режим доступу: DOI: <https://doi.org/10.15276/opu.1.69.2024.05>

<https://pratsi.op.edu.ua/index.php/pratsi/article/view/445/444>

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

2. Репін Ю., Грищенко С., Климчук Н., Сергеев М., Ткачов, О. (2024). Ефективність роботи теплових насосів із відбором теплоти від ґрунту та зовнішнього повітря в житлових будинках // Refrigeration Engineering and Technology, 60(2). – С. 122–120. – Режим доступу: <https://doi.org/10.15673/ret.v60i2.2951>

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

3. O. Klymchuk, G. Luzhanska, G. Balasanian, M. Serheiev, I. Aksyonova. Application of CAD technologies for research of heat exchange units of microclimate systems based on alternative energy sources. (2022) // Proceedings of the Odesa Polytechnic University, Issue 1(65), 2022, 47–55. – Режим доступу: DOI: <https://doi.org/10.15276/opu.1.65.2022.05>

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

4. Лужанська Г.В., Бабаєв Є.С., Сергеев М.І., Паламарчук О.О., Фуркаленко О.Л. (2024). Підвищення ефективності роботи автономних систем теплопостачання

для індивідуального опалення з застосуванням теплових насосів // Refrigeration Engineering and Technology, 60 (3). С. 197–204. – Режим доступу: DOI <https://doi.org/10.15673/ret.v60i3.3000>

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

5. A.E Denysova, M.I. Serheiev (2025). The toolkit for rising the efficiency of heat pump heating system using the accumulation of heat by walls of the building // Refrigeration Engineering and Technology, Issue 60(4). – Режим доступу: DOI <https://doi.org/10.15673/ret.v61i1.3095>

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

Published works of approbation nature:

6. Лужанська Г.В., Сергєєв М.І., Чумаченко А.М., Климчук І.О., Михайленко М.С. Потенціал сонячної енергетики в Україні // Proceedings of the XXIII International Scientific and Practical Conference “World ways and methods of improving outdated theories and trends”. Zagreb, Croatia June 11 – 14, 2024. С. 368–371. – Режим доступу: <https://isg-konf.com/world-ways-and-methods-of-improving-outdated-theories-and-trends/>

7. 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 // Proceedings of the 9th International Scientific and Practical Conference “Theory and practice of science: key aspects”. Rome, Italy, February 19-20, 2024. Р. 496–502. – Режим доступу: DOI: <https://doi.org/10.51582/interconf.19-20.02.2024>
<https://archive.interconf.center/index.php/2709-4685/issue/view/19-20.02.2024/199>

8. Климчук О.А., Андрющенко А.М., Бабаєв Є.С., Сергєєв М.І. Переведення тепlopостачання районів міст на електроенергію з використанням існуючих теплових мереж // Матеріали Міжнародної науково-практичної конференції «Енергоефективне місто. XXI століття». Секція; Енергоефективні інженерні системи міст. Одеса, ОДАБА, 10–11 листопада 2022.– С. 74 – 76. – Режим доступу: https://odaba.edu.ua/upload/files/Zbirnik_Energoefektivne_misto_2022_1.pdf

9. Климчук О. А., Бабаєв Є. С., Сергєєв М. І. Підвищення ефективності використання теплових насосів у комбінованих системах теплопостачання при змінних режимах експлуатації будівель, С. 24 //Збірка наукових праць XI Наукової конференції “Наукові підсумки 2022 року. Харків, Х.: Технологічний центр, 2022. – 81 с. – Режим доступу: <https://entc.com.ua/uk/konferentsii/610-naukovi-pidsumky-roku>

10. Serheiev M. I. Heat pump system using the subsoil and waste waters energy // XIII International Scientific Conference in Spain “Science and society: tools of modern innovative development. May 06-09, 2025. – Режим доступу: <https://isg-konf.com/science-and-society-tools-of-modern-innovative-development/>

11. Сергєєв М. І. Доцільність застосування теплонасосних установок на основі інструментарію визначення еколого-енергетичних показників // Інформаційні технології: наука, техніка, технологія, освіта, здоров'я: тези доповідей XXXIII міжнародної науково-практичної конференції MicroCAD-2025, 14-17 травня 2025 р. / за ред. проф. Сокола Є.І. – Харків: НТУ “ХПІ”. – С. 797. <https://ndch.kpi.kharkov.ua/wp-content/uploads/2025/05/Zbirnik-tez-2025.pdf>