

Вінницький національний технічний університет  
Міністерство освіти і науки України

Кваліфікаційна наукова  
праця на правах рукопису

**СЕМЕНЕНКО РОМАН АНАТОЛІЙОВИЧ**

УДК 502.36

**ДИСЕРТАЦІЯ**

**ЗМЕНШЕННЯ НЕГАТИВНОГО ВПЛИВУ КОМУНАЛЬНОЇ ЕНЕРГЕТИКИ  
НА ДОВКІЛЛЯ ШЛЯХОМ ПОЕТАПНОГО, РАЦІОНАЛЬНОГО  
ВПРОВАДЖЕННЯ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНИХ ЗАХОДІВ**

Спеціальність 183 «Технології захисту навколишнього середовища»

Галузь знань: 18 «Виробництво та технології»

Подається на здобуття наукового ступеня доктора філософії

Дисертація містить результати власних досліджень. Використання ідей, результатів і текстів інших авторів мають посилання на відповідне джерело.

\_\_\_\_\_ Р.А. Семененко

Науковий керівник:

Полив'янчук Андрій Павлович,  
д.т.н., проф. кафедри ЕХТЗД ВНТУ

Вінниця – 2024

## АНОТАЦІЯ

*Семененко Р. А.* Зменшення негативного впливу комунальної енергетики на довкілля шляхом поетапного, раціонального впровадження енергоефективних заходів. – Кваліфікаційна наукова праця на правах рукопису.

Дисертація на здобуття наукового ступеня доктора філософії за спеціальністю 183 «Технології захисту навколишнього середовища» (галузь знань 18 – «Виробництво та технології»). – Вінницький національний технічний університет, Вінниця, 2024.

Енергетична криза, що виникла у 2022 році, торкнулася багатьох європейських країн, демонструючи необхідність енергетичної незалежності. Згідно зі звітом International Energy Agency за 2022 рік, світ перебуває у критичному десятилітті із терміною потребою створення більш екологічно безпечних, стійких, доступних та ефективних енергетичних систем. Глобальний підхід до нульових викидів до 2050 року передбачає падіння попиту на вугілля між 2020 і 2050 роками на 90%, на нафту – на 75% і природний газ – на 55%.

Стратегія сталого розвитку енергетики зосереджена на розвитку відновлюваних джерел енергії, а також на підвищенні екологічної та енергетичної ефективності новітніх технологій. Значна частина енергетики працює на забезпечення потреб комунальної сфери. Так, у Європейському Союзі із загально виробленої енергії 43% споживається будівельним сектором, внесок якого у загальну кількість викидів парникових газів складає 36%. При цьому міська забудова споживає найбільше енергоресурсів, з яких 65% витрачається на опалення приміщень та гаряче водопостачання. В Україні зазначений розподіл має наступний вигляд: 26% енергії в загальнодержавному балансі споживається будівельним сектором, в той час як 98,6% споживання зазначеної енергії витрачається на опалення приміщень та гаряче водопостачання. Попередніми дослідниками визначено та висвітлено наявність та досяжність значного потенціалу зниження рівня енергоспоживання об'єктами комунальної сфери. Для зменшення екологічного впливу на довкілля від енергетичних джерел

комунального сектору необхідно: з боку об'єктів-споживачів енергії – активно впроваджувати енергоефективні заходи (ЕЕЗ) та технології, що дозволить суттєво зменшити витрати енергії на забезпечення потреб опалення, вентиляції та гарячого водопостачання; з боку об'єктів-виробників енергії – активно збільшувати частку екологічно чистих технологій опалення, а саме: теплових насосів, систем централізованого теплопостачання, опалення з використанням відновлюваних джерел та водневого опалення та ін.

Актуальним завданням сталого розвитку міст є оновлення будинків разом із термомодернізацією їх огорожувальних конструкцій та їх енергосистем, впровадження нових технологій на основі відновлюваних джерел енергії для опалення та гарячого водопостачання, надійних для всіх регіонів. Але для багатьох урбанізованих територій Європи та України, зокрема із розвинутими централізованими системами теплопостачання, вирішенню поставленого завдання в короткі терміни заважає брак коштів на проведення комплексної термомодернізації об'єктів споживачів теплової енергії, зовнішніх теплових мереж та джерел генерації теплової енергії.

В дисертації поставлена і вирішена актуальна науково-практична задача створення та відпрацювання на натурних об'єктах методології поетапного раціонального впровадження (ПРВ) ЕЕЗ в технічних системах «виробник-споживач теплової енергії», застосування якої дозволяє підвищити рівні екологічної, енергетичної і економічної ефективності цих систем.

*Проблема*, на вирішення якої спрямовано дисертацію: неефективне та нерациональне використання енергетичних та паливних ресурсів у сфері теплопостачання, яке призводить до надмірного забруднення атмосфери урбанізованих територій викидами шкідливих речовин і парникових газів комунальних котельнь та скороченню вичерпних природних ресурсів.

*Об'єкт дослідження*: процеси утворення комплексного еколого-енергетичного та економічного ефектів від впровадження заходів з ресурсо- та енергозбереження в системах теплопостачання і теплозабезпечення будівель.

*Предмет дослідження:* методологія поетапного раціонального впровадження енергоефективних заходів в технічній системі (ТС) «виробник-споживач теплової енергії (ТЕ)» в комунальній сфері в умовах фінансового дефіциту із отриманням максимально можливого еколого-економічного та ресурсозберігаючого ефектів.

*Метою роботи є:* зменшення негативного впливу систем комунальної енергетики на довкілля за рахунок застосування на об'єктах, які виробляють і споживають теплову енергію, технології ПРВ ЕЕЗ, рекомендованих за результатами енергоаудиту.

*Завданнями роботи є:* 1) аналіз механізмів утворення екологічного та економічного ефектів від впровадження ЕЕЗ на об'єктах, які виробляють і споживають теплову енергію; 2) розробка алгоритму реалізації технології ПРВ ЕЕЗ, порівняння її з технологією одночасного комплексного впровадження (ОКВ) ЕЕЗ; 3) обґрунтування доцільності використання інформаційних карт (ІК) з результатами оцінки еколого-економічної ефективності процедур впровадження ЕЕЗ; 4) створення методології ПРВ ЕЕЗ в ТС «виробник-споживач ТЕ»; 5) розробка програмного комплексу (ПК) для діагностики еколого-економічного стану натурних об'єктів (НО), визначення параметрів і оцінки ефективності процедури ПРВ ЕЕЗ; 6) відпрацювання методології ПРВ ЕЕЗ в ТС «виробник-споживач ТЕ» на НО; 7) проведення теоретичних та прикладних досліджень з екологізації об'єктів виробників і споживачів тепла: комбінованих систем теплопостачання, «розумних» систем опалення, груп типових будівель, будівель з дефектами теплового захисту.

В першому розділі дисертації проведено аналіз механізмів утворення екологічного і економічного ефектів від впровадження ЕЕЗ, виконано обґрунтування принципів ПРВ ЕЕЗ та розроблено алгоритм визначення параметрів і оцінки ефективності процедури ПРВ ЕЕЗ, обґрунтовано доцільність використання інформаційних карт ефективності процедур впровадження ЕЕЗ.

В другому розділі представлено методологію ПРВ ЕЕЗ яка складається з методик: оцінки еколого-економічного стану об'єкту досліджень; оцінки

ефективності рекомендованих до впровадження енергоефективних заходів; визначення параметрів та оцінки ефективності процедури поетапного раціонального впровадження енергоефективних заходів.

Третій розділ присвячений опису програмного комплексу для визначення параметрів та оцінки ефективності процедури поетапного раціонального впровадження енергоефективних заходів, який складається з 3-х модулів: інформаційного, розрахункового та модулю результатів.

В четвертому розділі представлено результати відпрацювання методології ПРВ ЕЕЗ на натурних об'єктах. В розділі проаналізовано технічний та еколого-економічний стан досліджуваних об'єктів, оцінено ефективність рекомендованих до впровадження ЕЕЗ, виконано оцінку ефективності процедури ПРВ ЕЕЗ для кожного натурального об'єкту.

У п'ятому розділі представлені результати теоретичних та прикладних досліджень ефективності інноваційних технологій екологізації об'єктів-виробників та об'єктів-споживачів теплової енергії, проведених з використанням методології ПРВ ЕЕЗ та ПК. Досліджено технології: використання комбінованих систем теплопостачання з альтернативними джерелами енергії, впровадження «розумних» систем опалення, проведення ПРВ ЕЕЗ в групах типових будівель, виявлення і усунення дефектів теплового захисту будівель.

**Наукова новизна** отриманих результатів, що виносяться на захист, полягає в наступному:

1. *Вперше* науково обґрунтовано доцільність використання інформаційних карт з результатами оцінки екологічного і економічного ефектів від реалізації процедур одночасного комплексного та поетапного раціонального впровадження енергоефективних заходів в будівлях і системах теплопостачання, які складають аналітичну базу для аргументованого вибору кращої процедури для виконання.

2. *Вперше* створено методологію поетапного раціонального впровадження енергоефективних заходів в ТС «виробник-споживач ТЕ», яка складає теоретичну основу для визначення параметрів та оцінки ефективності відповідної процедури реалізації еколого-економічного потенціалу цієї системи.

3. *Удосконалено* математичну модель для оцінки ефективності комбінованої системи теплопостачання будівлі з альтернативними джерелами енергії введенням критерію комплексного екологічного і економічного ефектів на основі методу вагових факторів.

4. *Дістала подальшого розвитку* математична модель для оцінки енергоефективності «розумних» систем опалення будівель врахуванням впливу на неї фактору сонячних теплонадходжень, який визначається географічним розташуванням будівлі та орієнтацією її огорожувальних конструкцій за сторонами світу.

**Практичне значення** отриманих результатів, що виносяться на захист, є таким:

1. Проаналізовано сутність, розроблено алгоритм реалізації та встановлено основні переваги технології поетапного раціонального впровадження енергоефективних заходів, якими є: досягнення однакового з технологією комплексного впровадження енергоефективних заходів річного екологічного-економічного ефекту при значно менших витратах інвестиційних ресурсів та прийнятному зростанні терміну окупності.

2. Створено програмний комплекс «Раціональне впровадження енергоефективних заходів», на базі якого можуть проводитись такі операції: діагностування теплотехнічного і еколого-економічного стану натурального об'єкту, визначення параметрів та багатокритеріальне оцінювання ефективності процедури поетапного раціонального впровадження енергоефективних заходів, таких, як: термомодернізація огорожувальних конструкцій будівлі, внутрішніх та зовнішніх трубопроводів, використання альтернативних джерел енергії, «розумних» систем опалення та ін.

3. Проведено відпрацювання методології поетапного раціонального впровадження енергоефективних заходів в ТС «виробник-споживач ТЕ» на 5-ти натурних об'єктах закладів освіти, в результаті якого встановлено наступні переваги процедури поетапного раціонального впровадження енергоефективних заходів: для досягнення рівної з процедурою комплексного впровадження

енергоефективних заходів річної еколого-економічної ефективності, яка склала 64-85 %, процедура поетапного раціонального впровадження енергоефективних заходів потребує менших обсягів інвестування – у 4,8-9,1 рази для початку своєї реалізації та у 1,4-2,0 рази – для повного виконання; зростання терміну окупності порівняно з процедурою комплексного впровадження енергоефективних заходів при цьому є несуттєвим і складає 0,3-2,0 роки.

4. Виконано порівняльний аналіз ефективності процедур комплексного впровадження і поетапного раціонального впровадження енергоефективних заходів в групі типових об'єктів, яка складалась з 36-ти типових будівель закладів освіти. Результати досліджень доводять доцільність використання процедури поетапного раціонального впровадження енергоефективних заходів, яка забезпечує на 19,5% більший еколого-економічний ефект при рівних з процедурою комплексного впровадження енергоефективних заходів обсягах фінансування та термінах реалізації.

5. Розроблено та відпрацьовано на натурних об'єктах методику оцінки екологічних та економічних збитків від наявності ділянок з прихованими дефектами у тепловому захисті будівель, яка дозволяє визначати відповідні надлишкові втрати тепла, палива, викиди у атмосферу CO<sub>2</sub> і NO<sub>x</sub> та витрати коштів.

Результати дисертаційних досліджень впроваджено в навчальні процеси підготовки студентів Вінницького національного технічного університету та Харківського національного університету міського господарства імені О.М. Бекетова, які навчаються за спеціальностями 101 – екологія і 183 – технології захисту навколишнього середовища, що підтверджується відповідними актами впровадження.

*Ключові слова:* комунальна енергетика, системи теплозабезпечення будівель, забруднення довкілля, енергоефективні заходи, альтернативні джерела енергії, поетапне раціональне впровадження, еколого-енергетична ефективність.

## ABSTRACT

*Semenenko R. A.* Reducing the negative impact of municipal energy on the environment through the gradual, rational implementation of energy efficiency measures. – Qualifying scientific work on the rights of a manuscript.

Dissertation for the Doctor of Philosophy degree by Programme Subject Area 183 «Environmental protection Technologies» (by Field of study 18 «Manufacturing and technologies»). - Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, 2024.

The energy crisis that arose in 2022 affected many European countries, demonstrating the need for energy independence. According to the International Energy Agency's 2022 report, the world is in a critical decade with an urgent need for more environmentally safe, sustainable, affordable and efficient energy systems. The global approach to zero emissions by 2050 envisages a drop in demand for coal between 2020 and 2050 by 90%, oil – by 75% and natural gas – by 55%.

The strategy of sustainable energy development is focused on the development of renewable energy sources, as well as on increasing the environmental and energy efficiency of the latest technologies. A significant part of the energy sector works to meet the needs of the utility sector. Thus, in the European Union, 43% of the total energy produced is consumed by the construction sector, which contributes 36% to the total amount of greenhouse gas emissions. This urban development consumes the most energy resources, of which 65% is spent on space heating and hot water supply. In Ukraine, the specified distribution has the following form: 26% of energy in the national balance is consumed by the construction sector, while 98.6% of energy consumption is spent on heating premises and hot water supply. Previous researchers have determined and revealed the presence and achievement of a significant potential for reducing the level of energy consumption by utilities. In order to reduce the ecological impact on the environment from energy sources of the utility sector, it is necessary: on the part of energy-consuming objects - to actively implement energy-efficient measures and technologies that allow to significantly reduce energy costs for meeting the needs of heating, ventilation and hot water supply; on the part of energy-



producing facilities, actively increase environmentally friendly heating technologies, namely: heat pumps, centralized heat supply systems, heating using renewable sources and water heating, etc.

An urgent task for the sustainable development of cities is the renewal of buildings along with the thermal modernization of their enclosing structures and their energy systems, the introduction of new technologies based on renewable energy sources for heating and hot water supply, reliable for all regions. But for many urbanized territories of Europe and Ukraine, in particular with developed centralized heat supply systems, solving the task in a short time is hindered by a lack of funds for comprehensive thermal modernization of heat energy consumer facilities, external heat networks and sources of heat energy generation.

In the dissertation, the actual scientific and practical task of creating and testing on real objects the methodology of step-by-step rational implementation of energy-efficient measures in technical systems "producer-consumer of thermal energy" was set and solved. Its use allows to increase the level of environmental, energy and economic efficiency of these systems.

The problem, the solution of which is aimed at the dissertation: inefficient and irrational use of energy and fuel resources in the field of heat supply, which leads to excessive pollution of the atmosphere of urban areas with emissions of harmful substances and greenhouse gases from communal boilers and the reduction of exhaustible natural resources.

The object of the study: the processes of the formation of complex ecological, energy and economic effects from the implementation of resource and energy saving measures in the heat supply systems of buildings.

The subject of the research: the methodology of step-by-step rational implementation of energy-efficient measures in the technical system "heat energy producer-consumer" in the communal sector in conditions of financial deficit with obtaining the maximum possible ecological, economic and resource-saving effects.

The purpose of the work is: to reduce the negative impact of communal energy systems on the environment by applying technologies of step-by-step rational

implementation of energy-efficient measures recommended by the results of an energy audit at facilities that produce and consume thermal energy.

The tasks of the work are: analysis of the mechanisms of the formation of environmental and economic effects from the implementation of energy-efficient measures at facilities that produce and consume thermal energy; development of an algorithm for implementing the technology of step-by-step rational implementation of energy-efficient measures, comparing it with the technology of simultaneous complex implementation of energy-efficient measures; substantiating the expediency of using information maps with the results of evaluating the environmental and economic efficiency of procedures for implementing energy-efficient measures; creation of a methodology for the step-by-step rational implementation of energy-efficient measures in the "heat energy producer-consumer" system; development of a software complex for diagnosing the ecological and economic condition of natural objects, determining parameters and evaluating the effectiveness of the procedure for the step-by-step rational implementation of energy-efficient measures; working out the methodology of step-by-step rational implementation of energy-efficient measures in the "heat energy producer-consumer" system at natural objects; carrying out theoretical and applied studies on the greening of objects of heat producers and consumers: combined heat supply systems, "smart" heating systems, groups of typical buildings, buildings with thermal protection defects.

In the first chapter of the dissertation, an analysis of the mechanisms of the formation of ecological and economic effects from the implementation of energy-efficient measures was carried out, the justification of the principles of phased rational implementation of energy-efficient measures was performed, an algorithm for determining the parameters and evaluating the effectiveness of the procedure for phased rational implementation of energy-efficient measures was developed, and the expediency of using an information map was substantiated.

The second chapter presents the methodology of step-by-step rational implementation of energy-efficient measures, which consists of the following methods: assessment of the ecological and economic condition of the research object; evaluation

of the effectiveness of energy-efficient measures recommended for implementation; determination of parameters and evaluation of the effectiveness of the procedure of step-by-step rational implementation of energy-efficient measures.

The third section is devoted to the description of the software complex for determining the parameters and evaluating the effectiveness of the procedure for the step-by-step rational implementation of energy-efficient measures, which consists of 3 modules: informational, calculation and results module.

The fourth chapter presents the results of working out the methodology of step-by-step rational implementation of energy-efficient measures at real-world facilities. The section analyzes the technical and ecological and economic condition of the studied objects, evaluates the effectiveness of the energy-efficient measures recommended for implementation, evaluates the effectiveness of the procedure for the step-by-step rational implementation of energy-efficient measures for each natural object.

The fifth chapter presents the results of theoretical and applied research on the effectiveness of innovative greening technologies for thermal energy-producing facilities and thermal energy-consuming facilities, conducted using the methodology of step-by-step rational implementation of energy-efficient measures and a program complex. Technologies were studied: the use of combined heat supply systems with alternative energy sources, the introduction of "smart" heating systems, the step-by-step rational implementation of energy-efficient measures in groups of typical buildings, the identification and elimination of defects in the thermal protection of buildings.

The scientific novelty of the obtained results, which are submitted for defense, is as follows:

1. For the first time, the expediency of using information maps with the results of the assessment of ecological and economic effects from the implementation of procedures for the simultaneous comprehensive and phased rational implementation of energy-efficient measures in buildings and heat supply systems, which make up the

analytical base for the reasoned choice of the best procedure for implementation, has been scientifically substantiated.

2. For the first time, a methodology for the step-by-step rational implementation of energy-efficient measures in the "heat energy producer-consumer" system was created, which forms the theoretical basis for determining the parameters and evaluating the effectiveness of the corresponding procedure for realizing the ecological and economic potential of this system.

3. The mathematical model for evaluating the efficiency of the combined building heating system with alternative energy sources was improved by introducing the criterion of complex ecological and economic effects based on the method of weighting factors.

4. The mathematical model for evaluating the energy efficiency of "smart" heating systems of buildings, taking into account the influence of the factor of solar heat input on it, which is determined by the geographical location of the building and the orientation of its enclosing structures according to the cardinal points, has received further development. The practical significance of the obtained results, which are submitted to the defense, is as follows:

1. The essence was analyzed, an implementation algorithm was developed, and the main advantages of the technology of step-by-step rational implementation of energy-efficient measures were established, which are: achieving the same annual ecological and economic effect as the technology of complex implementation of energy-efficient measures with significantly lower costs of investment resources and an acceptable increase in the payback period.

2. The program complex "Rational implementation of energy-efficient measures" has been created, on the basis of which the following operations can be carried out: diagnosis of the thermal and ecological and economic condition of the natural object, determination of parameters and multi-criteria evaluation of the effectiveness of the procedure for the step-by-step rational implementation of energy-efficient measures, such as: thermal modernization building enclosing structures,

internal and external pipelines, use of alternative energy sources, "smart" heating systems, etc.

3. The methodology of the step-by-step rational implementation of energy-efficient measures in the technical system "producer-consumer of thermal energy" was worked out at 5 real-time objects of educational institutions, as a result of which the following advantages of the procedure of the step-by-step rational implementation of energy-efficient measures were established: to achieve equal to the procedure of comprehensive implementation of energy-efficient measures annual ecological and economic efficiency, which was 64-85%, the procedure of step-by-step rational implementation of energy-efficient measures requires smaller amounts of investment - 4.8-9.1 times for the start of its implementation and 1.4-2.0 times - for full implementation; the growth of the payback period compared to the procedure of comprehensive implementation of energy-efficient measures is insignificant and amounts to 0.3-2.0 years.

4. A comparative analysis of the effectiveness of the procedures of complex implementation and step-by-step rational implementation of energy-efficient measures in a group of typical objects, which consisted of 36 typical buildings of educational institutions, was performed. The results of the research prove the feasibility of using the procedure of step-by-step rational implementation of energy-efficient measures, which provides a 19.5% greater ecological and economic effect with the same amount of financing and terms of implementation as the procedure of complex implementation of energy-efficient measures.

5. A methodology for assessing environmental and economic losses from the presence of areas with hidden defects in the thermal protection of buildings was developed and worked out on real objects, which allows determining the corresponding excess losses of heat, fuel, CO<sub>2</sub> and NO<sub>x</sub> emissions into the atmosphere, and costs.

*Key words:* municipal energy, building heat supply systems, environmental pollution, energy-efficient measures, alternative energy sources, phased rational implementation, environmental and energy efficiency.

## СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

**Наукові праці, в яких опубліковані основні наукові результати дисертації:**

**– матеріали дисертаційної роботи, викладені у виданнях, що внесені до переліку фахових для захисту дисертацій з технічних наук:**

[1] А.П. Полив'янчук, М.Ф. Смирний, С.В. Романенко, Р.А. Семененко, [та інш.], «Дослідження ефективності системи екологічної діагностики теплових двигунів та котельних установок», *Комунальне господарство міст. Серія: Технічні науки та архітектура*, № 6 (152), с. 73–78, 2019. ISSN 2522-1817. DOI: <https://doi.org/10.33042/2522-1809-2019-6-152-73-78>.

[2] А. Polyvianchuk, S. Romanenko, R. Semenenko, [et al.], “Complex assessment of the energy-saving measures effectiveness in the field of heat supply of educational institutions”, *Municipal economy of cities. Series: Engineering science and architecture*, - №4 (157), pp. 122 – 126, 2020. ISSN 2522-1817. DOI: <https://doi.org/10.33042/2522-1809-2020-4-157-122-126>.

**– статті у періодичних наукових виданнях, проіндексованих у базах даних Web of Science Core Collection та/або Scopus:**

[3] Polyvianchuk A. The efficiency of innovative technologies for transition to 4th generation of district heating systems in Ukraine / A. Polyvianchuk, R. Semenenko, P. Kapustenko, J.J. Klemeš, O. Arsenyeva // *Energy*, 2023. – Vol. 263, Part D. – p. 11. (Scopus, Q1), ISSN: 0360-5442. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.energy.2022.125876>.

[4] Polyvianchuk A. The general-purpose approach for estimation of residential heating systems efficiency using the various energy sources / A. Polyvianchuk, V. Malyarenko, R. Semenenko, K. Gura, P.S. Varbanov, O. Arsenyeva // *Energy and Buildings*, 2023. – Vol. 296. – p. 9. (Scopus, Q1), ISSN: 0378-7788. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2023.113390>.

**Статті в наукових періодичних виданнях держав ЄС:**

[5] А.П. Polyvianchuk, Р.А. Семененко, О.О. Skuridina, [et al.], “Research of the ecological and economic efficiency of the "smart home" technology application in the building heating system“, *German International Journal of Modern Science*,

№ 12, Vol. 1 – pp. 71-73, 2021. ISSN: 2701-8377. DOI: <https://doi.org/10.24412/2701-8369-2021-12-71-73>

**Закордонні колективні монографії опубліковані в виданнях держав ЄС:**

[6] A.P. Polyvianchuk, I.V. Belousov, R.A. Semenenko, “Development and implementation methods multicriteria evaluation of efficiency energy saving activities in the field of heat supply“ – collective monograph, *Riga: Izdevnieciba “Baltija Publishing”*, pp. 370-396, 2020. ISBN: 978-9934-588-34-1. DOI: <https://doi.org/10.30525/978-9934-588-47-1.17>.

[7] A.P. Polyvianchuk, R.A. Semenenko, S.V. Romanenko, [et al.], “Evaluation of the energy saving measures effectiveness in the production, transportation and consumption of thermal energy in the communal sector“ – collective monograph. *Riga: Izdevnieciba “Baltija Publishing”*, pp. 166-191, 2020. ISBN: 978-9934-588-34-1. DOI: <https://doi.org/10.30525/978-9934-588-65-5.10>.

**Статті в наукових періодичних виданнях України:**

[8] М.К. Сухонос, А.П. Полив’янчук, Ю.Л. Коваленко, М.Ф. Смирний, С.В. Романенко, Р.А. Семененко, [та інш.], «Створення та апробація концепції комплексного оцінювання енергетичної, екологічної та економічної ефективності заходів з енергозбереження в будівлях», *Комунальне господарство міст. Серія: Економічні науки*, № 6 (145), с. 33–37, 2018. ISSN 2522–1817. DOI: <https://doi.org/10.33042/2522-1809-2018-6-145-33-37>.

[9] А.П. Полив’янчук, Н.М. Полив’янчук, Р.А. Семененко, [та інш.], «Дослідження еколого-економічної ефективності геліосистем при реалізації концепції сталого розвитку в комунальній енергетиці», *Комунальне господарство міст. Серія: Технічні науки та архітектура*, № 1 (147). с. 83–88, 2019. ISSN 2522-1817. DOI: <https://doi.org/10.33042/2522-1809-2019-1-147-83-88>.

[10] А.П. Полив’янчук, Ю.Л. Коваленко, С.В. Романенко, Р.А. Семененко, «Комплексне оцінювання економічної та еколого-енергетичної ефективності використання технологій «розумний будинок» в системах опалення закладів освіти», *Комунальне господарство міст. Серія: Економічні науки*, № 2 (148), с. 53–57, 2019. ISSN 2522–1817. DOI: <https://doi.org/10.33042/2522-1809-2019-2-148-53-57>.

[11] Є.Г. Пономаренко, М.В. Катков, Р.А. Семененко, «Комплексна оцінка еколого-економічної ефективності режимів роботи газових котлів», *Комунальне господарство міст. Серія: Технічні науки та архітектура*, № 4 (157), с. 73–78, 2020. ISSN 2522-1817. DOI: [10.33042/2522-1809-2020-4-157-127-133](https://doi.org/10.33042/2522-1809-2020-4-157-127-133).

**Наукові праці, які засвідчують апробацію матеріалів дисертації:**

[12] А.Р. Polyvianchuk, S.V. Romanenko, R.A. Semenenko, “Complex assessment of the energy-saving measures effectiveness in the field of buildings heat supply”, *International scientific and practical conference «Science, engineering and technology: global trends, problems and solutions»: Conference proceedings, Prague, Izdevnieciba «Baltija Publishing»*, pp. 101-106, 2020. ISBN 978-9934-588-79-2. DOI: <https://doi.org/10.30525/978-9934-588-79-2-2.25>.

[13] A. Polyvianchuk, V. Bilichenko, S. Romanyuk, R. Semenenko, [et al.], “Innovative technologies to increase environmental and energy safety of urban transport and municipal energy“, *Theoretical and science bases of actual tasks. Proceedings of the XXIII International Scientific and Practical Conference. Lisbon, Portugal*, pp. 594-597, 2022. DOI: <https://doi.org/10.46299/ISG.2022.1.23>.

[14] A. Polyvianchuk, V. Petruk, G. Petruk, K. Gura, R. Semenenko, “Study of the effectiveness innovative measures for energy saving in educational institutions”, *Multidisciplinary academic notes. Theory, methodology and practice. Proceedings of the XXVII International Scientific and Practical Conference. Prague, Czech Republic*, pp. 391-394, 2022. DOI: <https://doi.org/10.46299/ISG.2022.1.27>.

[15] А.П. Полив’янчук, О.П. Арсеньєва, Р.В. Петрук, Н.М. Полив’янчук, Р.А. Семененко, О.С. Єфімов. Аналіз світового досвіду енергомодернізації та декарбонізації сфери теплопостачання. Екологічно сталий розвиток урбосистем: виклики та рішення в контексті євроінтеграції України: матеріали Всеукраїнська науково-практична інтернет конференція «Екологічно сталий розвиток урбосистем: виклики та рішення в контексті євроінтеграції України» до дня пам’яті д.т.н., професора Ф.В. Стольберга. – Харків: ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, С. 116-118, 2023. ISBN 978-966-695-596-1. [https://eprints.kname.edu.ua/64315/1/Conference\\_NUUEK\\_2023\\_November\\_rev.pdf](https://eprints.kname.edu.ua/64315/1/Conference_NUUEK_2023_November_rev.pdf)



## ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК СКОРОЧЕНЬ, УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ І ТЕРМІНІВ . . . . .	19
ВСТУП . . . . .	24
РОЗДІЛ 1 ОБҐРУНТУВАННЯ ЕКОЛОГО-ЕКОНОМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ ЗАСТОСУВАННЯ В КОМУНАЛЬНІЙ ЕНЕРГЕТИЦІ ТЕХНОЛОГІЇ ПОЕТАПНОГО РАЦІОНАЛЬНОГО ВПРОВАДЖЕННЯ ЕЕЗ . . . . .	32
1.1 Аналіз механізмів утворення та критеріїв оцінки екологічного і економічного ефектів від впровадження ЕЕЗ . . . . .	40
1.2 Сутність та алгоритм реалізації технології ПРВ ЕЕЗ, її переваги над технологією ОКВ ЕЕЗ. . . . .	41
1.3 Обґрунтування доцільності використання інформаційних карт еколого-економічної ефективності процедур впровадження ЕЕЗ . . . . .	50
Висновки до розділу 1 . . . . .	57
РОЗДІЛ 2 МЕТОДОЛОГІЯ ПОЕТАПНОГО РАЦІОНАЛЬНОГО ВПРОВАДЖЕННЯ ЕЕЗ В ТС «ВИРОБНИК-СПОЖИВАЧ ТЕ» . . . . .	58
2.1 Методика діагностики еколого-економічного стану досліджуваного натурального об'єкту . . . . .	60
2.2 Методика оцінки ефективності рекомендованих до впровадження енергоефективних заходів . . . . .	67
2.3 Методика визначення параметрів та оцінки ефективності процедури ПРВ ЕЕЗ . . . . .	69
Висновок до розділу 2 . . . . .	73
РОЗДІЛ 3 ПРОГРАМНИЙ КОМПЛЕКС ДЛЯ ДІАГНОСТИКИ ЕКОЛОГО-ЕКОНОМІЧНОГО СТАНУ НО, ВИЗНАЧЕННЯ ПАРАМЕТРІВ ТА ОЦІНКИ ЕФЕКТИВНОСТІ ПРОЦЕДУРИ ПРВ ЕЕЗ . . . . .	74
3.1 Інформаційний модуль ПК. . . . .	76
3.2 Розрахунковий модуль ПК. . . . .	86
3.3 Модуль результатів досліджень . . . . .	87
Висновок до розділу 3 . . . . .	88

РОЗДІЛ 4 ВІДПРАЦЮВАННЯ МЕТОДОЛОГІЇ ПРВ ЕЕЗ В ТС «ВИРОБНИК-СПОЖИВАЧ ТЕ» НА НАТУРНИХ ОБ'ЄКТАХ .....	89
4.1 Оцінка поточного еколого-економічного стану досліджуваних НО. ....	91
4.2 Оцінка ефективності ЕЕЗ рекомендованих до впровадження на НО. ....	94
4.3 Визначення параметрів і оцінка ефективності процедур ПРВ ЕЕЗ ...	116
Висновок до розділу 4 .....	123
РОЗДІЛ 5 РЕЗУЛЬТАТИ ТЕОРЕТИЧНИХ ТА ПРИКЛАДНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ ЕФЕКТИВНОСТІ ТЕХНОЛОГІЙ ЕКОЛОГІЗАЦІЇ ОБ'ЄКТІВ ВИРОБНИКІВ І СПОЖИВАЧІВ ТЕПЛА .....	124
5.1 Математичне моделювання ефективності комбінованих системи теплопостачання з альтернативними джерелами енергії.....	124
5.2 Математичне моделювання ефективності «розумних» систем опалення..	129
5.3 Оцінка ефективності застосування технології ПРВ ЕЕЗ в групі типових будівель .....	135
5.4 Оцінка еколого-економічних збитків від прихованих дефектів у тепловому захисті будівлі .....	140
Висновки до розділу 5 .....	143
ВИСНОВКИ.....	145
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	148
Додаток А СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ .....	162
Додаток Б Структура дисертаційного дослідження.....	165
Додаток В Акти впровадження результатів дисертаційної роботи . ....	166
Додаток Г Комерційні пропозиції щодо вартості ЕЕЗ.....	169
Додаток Д Протоколи екологічних випробувань котельних установок .....	184
Додаток Е Результати використання програмного комплексу ЭОЛ 2000 [Н] при проведенні екологічного моніторингу котельних установок....	186
Додаток Ж Лист від ТОВ «Роберт БОШ ЛТД.» що до терміну служби конденсаційних котлів Logamax plus GB162.....	192
Додаток И Таблиці Інформаційного модулю ПК .....	193

## ПЕРЕЛІК СКОРОЧЕНЬ, УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ І ТЕРМІНІВ

### *Перелік скорочень*

- ГВП – гаряче водопостачання;  
 ГKK – газоконденсаційний котел;  
 ГС – геліосистема;  
 EEЗ – енергоефективні заходи;  
 ЖКГ - житлово-комунальне господарство.  
 ЗР – забруднюючі речовини;  
 КKD – коефіцієнт корисної дії;  
 КСТ – комбінована система теплопостачання;  
 ОК – зовнішні огорожувальні конструкції;  
 ОКВ – одночасне комплексне впровадження EEЗ (єдиним пакетом);  
 НО – натурний об’єкт досліджуваної ТС «виробник-споживач» теплової енергії;  
 ПР – поетапне раціональне впровадження EEЗ;  
 ТБ – типова будівля;  
 ТС – технічна система;  
 ТН – тепловий насос;  
 NR<sub>3</sub> – номер пріоритетності EEЗ;  
 ПК – програмний комплекс;  
 ПРВ EEЗ – поетапне раціональне впровадження енергоефективних заходів;  
 ПЕБ – потенціал енергоефективності будівлі;  
 ПЕР – паливно-енергетичні ресурси (первинні: природний газ, вугілля, пелети, дрова, ...; вторинні: тепла енергія, електрична енергія);  
 НПСВ – Національний план скорочення викидів;  
 ТЕ – тепла енергія;  
 ЦТП – центральне теплопостачання.

### *Скорочення рекомендованих до впровадження EEЗ*

- TM<sub>ок(i)</sub> – термомодернізація огорожувальних конструкцій і-го типу: крівлі (к), зовнішніх стін (с), вікон (в), зовнішніх дверей (д), підлоги (п);

$TM_{T(j)}$  – термомодернізація трубопроводів систем опалення та ГВП j-го типу: внутрішньо будинкових (В), зовнішніх (З);

$M_{св}$  – модернізація системи вентиляції будівлі;

$M_{ГВП}$  – модернізація системи гарячого водопостачання будівлі шляхом заміни кожухотрубного теплообмінного апарату на сучасний пластинчастий;

$AT_{(1)}$  – використання альтернативного джерела теплової енергії 1-го типу: газового конденсаційного котла (ГКК); теплового насосу (ТН), геліосистеми (ГС).

### ***Перелік умовних позначень***

#### ***Параметри еколого-економічного стану об'єкту досліджень***

$R_{\Sigma пр}$  – фактичний приведений опір огорожувальних конструкцій,  $(m^2 \cdot K)/Вт$ ;

$R_{q,max}$  – мінімально допустиме значення приведенного опору теплопередачі,  $(m^2 \cdot K)/Вт$ ;

$q$  – річна потреба у тепловій енергії об'єкта теплоспоживання,  $кВт \cdot год$ ;

$q_s$  – питома річна енергопотреба будівлі,  $(кВт \cdot год)/m^2$ ;

$EP_{max}$  – максимально допустиме значення питомої річної енергопотреби будівлі,  $(кВт \cdot год)/m^2 [(кВт \cdot год)/m^3]$ ;

$m_{п} (v_{п})$  – річна потреба у паливі,  $кг (m^3)$ ;

$m_{зр}$  – річний викид у атмосферу ЗР: вуглекислого газу –  $CO_2$ , оксидів азоту –  $NO_x$ ,  $кг$ ;

$c_{п} (c_{т})$  – річна потреба у фінансових ресурсах,  $грн.$ ;

$p$  – узагальнене позначення параметрів  $q$ ,  $q_s$ ,  $m_{п} (v_{п})$ ,  $m_{зр}$  та  $c_{п} (c_{т})$ ;

$P$  – інтегральне значення параметру  $p$  за довгостроковий період  $t_e$ .

#### ***Параметри ефективності рекомендованих до впровадження ЕЕЗ***

$\Delta p_3$  – абсолютне зменшення параметрів  $p$  (ефект), розмірність  $p$ ;

$\overline{\Delta p_3}$  – відносне зменшення параметрів  $p$  (ефект), долі 1;

$C_3$  – вартість заходу;  $грн.$ ;

$T_{p(ок)}$  – розрахунковий термін окупності заходу, роки;

$I_3$  – коефіцієнт доцільності реалізації заходу: 0 – не доцільно, 1 – доцільно;

$\bar{e}_3$  – коефіцієнт значимості ЕЕЗ, долі 1;

$NP_3$  – номер пріоритетності впровадження заходу.

***Параметри процедури ПРВ ЕЕЗ***

$C_{ет}^n$  ( $C_{пр}^n$ ) – повна вартість етапу (процедури), грн.;

$T_{ет(ок)}$  – розрахунковий термін окупності етапу, роки;

$T_{ет(ок)}^f$  – фактичний термін окупності етапу, роки;

$T_{ет(n)}$  – період початку впровадження етапу, роки;

$T_{пр}$  – тривалість процедури, роки;

$C_{ет}^{in}$  ( $C_{пр}^{in}$ ) – обсяг інвестування етапу (процедури), грн.;

***Параметри річної ефективності процедури ПРВ ЕЕЗ***

$\Delta p_{ет}$  ( $\Delta p_{пр}$ ) – абсолютне зменшення  $p$  в результаті реалізації етапу (процедури), розмірність  $p$ ;

$\overline{\Delta p}_{ет}$  ( $\overline{\Delta p}_{пр}$ ) – відносне зменшення  $p$  в результаті реалізації етапу (процедури), долі 1;

$\overline{e}_{ет}$  – коефіцієнт значимості етапів, долі 1;

$\overline{R}_{ет}^{in}$  ( $\overline{R}_{пр}^{in}$ ) – відносний внесок інвестицій у вартість етапу (процедури), долі 1;

***Параметри довгострокової ефективності процедури ПРВ ЕЕЗ***

$\Delta P_{ет}$  ( $\Delta P_{пр}$ ) – абсолютне зменшення  $P$  в результаті реалізації етапу (процедури), розмірність  $P$ ;

$\overline{\Delta P}_{ет}$  ( $\overline{\Delta P}_{пр}$ ) – відносне зменшення  $p$  в результаті реалізації етапу (процедури), долі 1;

$P_{ет}$  ( $P_{пр}$ ) – абсолютне значення  $P$  після реалізації етапу (процедури), розмірність  $P$ ;

$\overline{P}_{ет}$  ( $\overline{P}_{пр}$ ) – відносне значення  $P$  після реалізації етапу (процедури), долі 1;

$\Delta C_{ет}^3$  ( $\Delta C_{пр}^3$ ) – абсолютний загальний економічний ефект етапу (процедури), грн.;

$\overline{\Delta C}_{ет}^3$  ( $\overline{\Delta C}_{пр}^3$ ) – відносний загальний економічний ефект етапу (процедури), долі 1;

$\overline{E}_{ет}^d$  – коефіцієнт довгострокової екологічної значимості етапів, долі 1;

$\overline{E}_{ет}^e$  – коефіцієнт довгострокової економічної значимості етапів, долі 1.

### *Перелік термінів*

У цій дисертаційній роботі використано терміни, що означають поняття, визначені відповідно до:

**Опалюваний об'єм, не кондиціонований об'єм** - ДСТУ Б EN ISO 13790:2011.

**Теплоутилізаційна установка (рекуператор)** - ДСТУ 9190:2022.

**Світлопрозорі огорожувальні конструкції, термомодернізація будівлі** - ДБН В 2.6-31:2021.

**Опалюваний об'єм** - приміщення або відгороджене місце, яке за розрахунком передбачено опалювати до заданої температури або заданих температур (п.3.2.1 ДСТУ Б EN ISO 13790:2011).

**Кондиціонований об'єм** – опалюваний та/або охолоджуваний та вентиляований об'єм (п.3.2.3 ДСТУ Б EN ISO 13790:2011).

**Не кондиціонований об'єм** – приміщення або відгороджене місце, що не входить до кондиціонованого об'єму (п.3.2.4 ДСТУ Б EN ISO 13790:2011).

**Теплоутилізаційна установка (рекуператор)** - установка в системі вентиляції, яка в значній мірі впливає на використання теплових надходжень та на зменшення витрат енергії на опалення та охолодження (термін згідно ДСТУ Б EN ISO 13790:2011) за рахунок передачі теплової енергії від повітря що викидається із будівлі через витяжну систему до повітря що подається в будівлю через припливну систему.

**Світлопрозорі огорожувальні конструкції** - ділянки теплоізоляційної оболонки будинку (вікна, балконні та вхідні двері, вітражі, фасадні системи, вітрини, ліхтарі тощо), що пропускають видиме світло.

**Термомодернізація будівлі** - комплекс робіт, спрямованих на підвищення теплотехнічних показників огорожувальних конструкцій будівлі, показників споживання енергетичних ресурсів інженерними системами та забезпечення енергетичної ефективності будівлі на рівні не нижчому ніж встановлено мінімальними вимогами до енергетичної ефективності будівель, що здійснюється під час виконання робіт з реконструкції, капітального ремонту.

**Технічна система «виробник – споживач тепла»** – система що об'єднує джерело теплової енергії, зовнішні теплові мережі (що з'єднують джерело теплової енергії та споживачів теплової енергії) та споживачів теплової енергії.

**Технологія «Розумний будинок»** або **«Smart house»** – система домашніх пристроїв, здатних виконувати дії і вирішувати певні повсякденні завдання без участі людини. Функціонально пов'язуються між собою усі електроприлади будівлі, якими можна керувати централізовано – з пульта-дисплею або смартфона. В рамках даної роботи роздивляються системи контролю та регулювання температури та рівня CO<sub>2</sub> внутрішнього повітря.

**«Розумна» система опалення** – система пристроїв, здатних виконувати дії по регулюванню системою опалення приміщенні та будівлі в цілому без участі та присутності людини. Дозволяють керувати системою опалення централізовано – з пульта-дисплею або смартфона. Результатом роботи «розумної» системи опалення є підтримка температури внутрішнього повітря на заданому рівні та зміна зазначеної температури протягом доби та тижня по заданому алгоритму.

**Попередньоізолювані трубопроводи** – трубопроводи на зовнішню поверхню яких в заводських умовах наноситься теплоізоляційний шар (як приклад пінополіуретан) який в свою чергу вкривається монолітним гідроізолюючим шаром.

**Мінімальні вимоги до енергетичної ефективності будівель** – сукупність вимог до огорожувальних конструкцій будівлі, інженерних систем та їх елементів (у тому числі обладнання), результатом дотримання яких є забезпечення належних умов проживання та/або життєдіяльності людей у такій будівлі протягом нормативного строку експлуатації будівлі при нормативно допустимому рівні витрат енергії (п.п. 11. п.1. ст. 1. Закону України «Про енергетичну ефективність будівель»).

**Приведений опір огорожувальних конструкцій** – згідно з ДСТУ 9191:2022.

**Питома енергопотреба** – згідно з ДБН В 2.6-31:2021.

## ВСТУП

**Обґрунтування вибору теми дослідження.** Стратегія розвитку сучасної світової економіки базується на принципах концепції сталого розвитку, якою передбачається використання ресурсо- і енергозберігаючих технологій, альтернативних та відновлюваних джерел енергії у всіх сферах економічної діяльності людини і, в першу чергу – в найбільш енерговитратних, а зменшення енерговитрат дозволяє отримати пропорційні обсяги зменшення викидів забруднюючих речовин (ЗР) та обсяги ресурсозбереження. Однією з сфер господарювання із найбільшими енерговитратами є житлово-комунальне господарство (ЖКГ), частка якого у сумарних енерговитратах всіх сфер економіки є значною.

Основний потенціал енерго- та ресурсозбереження в цій сфері складається із витрат енергії на функціонування систем теплозабезпечення будівель, зовнішніх теплових мереж та джерел енергії. Зменшення зазначених витрат досягається підвищенням енергоефективності елементів систем теплопостачання.

Світовий досвід реалізації потенціалу енергозбереження в комунальній сфері свідчить про застосування системного підходу до підвищення енергоефективності, який передбачає комплексне, тобто одночасне, впровадження енергоефективних заходів (ЕЕЗ). До них відносяться: утеплення огорожувальних конструкцій (ОК) будівлі, впровадження систем альтернативного та «розумного» опалення, впровадження рекуперації тепла в системи вентиляції та ін.. Реалізація такого підходу дозволяє досягти суттєвої – до 45-67% [1, 2, 3] економії енергетичних ресурсів, які витрачаються на теплозабезпечення будівель, та отримати відповідні по кількості екологічний і економічний ефекти. Це має високе значення для вітчизняної економіки, оскільки рівень енергоефективності будівель в Україні є в 1,5-2,2 рази меншим ніж середньоєвропейський [1, 2, 3].



В урбанізованих місцевостях із розвинутими системами централізованого теплопостачання при впровадженні комплексного підходу впровадження ЕЕЗ виникає проблема із нестачею фінансових ресурсів на одночасну термомодернізацію всіх об'єктів системи централізованого теплопостачання: будівель що опалюються; зовнішніх теплових мереж, які з'єднують джерела теплової енергії та її споживачів; джерела теплової енергії, які включені в систему централізованого теплопостачання населеного пункту. В подальшому згадані об'єкти системи централізованого теплопостачання будемо називати як технічна система «виробник-споживач теплової енергії» (ТС «виробник-споживач ТЕ»). Звідси виникає питання: на які об'єкти системи централізованого теплопостачання та на які саме ЕЕЗ в першу чергу потрібно спрямовувати наявні фінанси для отримання якнайбільшого еколого-енергетичного та економічного ефектів.

Для забезпечення ефективного вирішення виявленої проблеми в будівлях різних періодів забудови, з різними початковими рівнями теплового захисту, кліматичними умовами експлуатації та сферами призначення слід вирішити актуальну науково-прикладну задачу, створення теоретичної та експериментальної баз для підвищення енергоефективності будівель на основі системного підходу шляхом комплексного використання технологій з різними механізмами утворення енергетичного ефекту: утеплення зовнішніх огорожувальних конструкцій (ОК), альтернативного та «розумного» опалення. Вирішенню цієї задачі присвячено дисертаційну роботу.

### **Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами**

Робота містить результати наукових досліджень кафедри «Інженерної екології міст» Харківського національного університету міського господарства імені О.М. Бекетова та кафедри «Екології, хімії та технологій захисту довкілля» Вінницького національного технічного університету в рамках держбюджетних тем: НДР 53-68/17 «Створення та дослідження ефективності універсальної системи екологічного діагностування теплових двигунів та котельних установок» (ДР №0117U000342, 2017-2019 рр.); НДР 53-70/18 «Розробка

інноваційних об'єктно-орієнтованих технологій підвищення еколого-енергетичної безпеки систем комунальної енергетики» (ДР № 0118U000145, 2018-2020 рр.); НДР 3046/18 «Оцінка економічної та еколого-енергетичної ефективності використання інноваційних технологій опалення на об'єктах освіти» (ДР № 0118U006761, 2018 р.); НДР 16-Д-407 «Підвищення еколого-енергетичної безпеки урбанізованих територій шляхом поетапного раціонального впровадження енергоефективних заходів в сфері теплопостачання» (ДР № 0123U101998, 2023-2025 рр.).

**Об'єкт дослідження:** процеси утворення екологічного та економічного ефектів від впровадження ЕЕЗ в системах теплопостачання і теплоспоживання будівель.

**Предмет дослідження:** методологія поетапного раціонального впровадження ЕЕЗ в технічній системі «виробник-споживач тепла».

**Мета і завдання дослідження.**

*Мета* дисертації: зменшення негативного впливу систем комунальної енергетики на довкілля за рахунок застосування на об'єктах, які виробляють і споживають теплову енергію, технології поетапного раціонального впровадження енергоефективних заходів, рекомендованих за результатами енергетичного аудиту.

Для досягнення мети сформульовані та вирішені наступні *задачі*.

1. Аналіз механізмів утворення екологічного та економічного ефектів від впровадження ЕЕЗ на об'єктах, які виробляють і споживають теплову енергію.
2. Розробка алгоритму реалізації технології ПРВ ЕЕЗ, порівняння її з технологією ОКВ ЕЕЗ.
3. Обґрунтування доцільності використання ІК з результатами оцінки еколого-економічної ефективності процедур впровадження ЕЕЗ.
4. Створення методології ПРВ ЕЕЗ в ТС «виробник-споживач ТЕ».
5. Розробка ПК для діагностики еколого-економічного стану НО, визначення параметрів і оцінки ефективності процедури ПРВ ЕЕЗ.

6. Відпрацювання методології ПРВ ЕЕЗ в ТС «виробник-споживач ТЕ» на натурних об'єктах.

7. Проведення теоретичних та практичних досліджень з екологізації об'єктів виробників і споживачів тепла: комбінованих систем теплопостачання, «розумних» систем опалення, груп типових будівель, будівель з дефектами теплового захисту.

**Методи дослідження.** При вирішенні задач дисертаційної роботи використовувались методи: *аналіз, систематизація і узагальнення інформації* – при дослідженні механізмів утворення екологічного та економічного ефектів від впровадження ЕЕЗ на об'єктах, які виробляють і споживають теплову енергію; розробці ПК для діагностики еколого-економічного стану НО; *математичне моделювання* – при створенні методології ПРВ ЕЕЗ в ТС «виробник-споживач ТЕ»; дослідженні ефективності комбінованих систем теплопостачання і «розумних» систем опалення будівель; *розрахунковий експеримент* – при відпрацюванні створених Методології і ПК на натурних об'єктах; *експериментальні дослідження* – при проведенні інструментального контролю теплотехнічних параметрів будівель та екологічних показників котельних установок; *планування експерименту* – при розробці математичних моделей ефективності систем теплопостачання і опалення будівель та *статистична обробка даних* – при оцінюванні адекватності створених математичних моделей.

### **Наукова новизна отриманих результатів**

*Вперше* науково обґрунтовано доцільність використання інформаційних карт з результатами оцінки екологічного і економічного ефектів від реалізації процедур одночасного комплексного та поетапного раціонального впровадження енергоефективних заходів в будівлях і системах теплопостачання, які складають аналітичну базу для аргументованого вибору кращої процедури для виконання.

*Вперше* створено методологію поетапного раціонального впровадження енергоефективних заходів в технічній системі «виробник-споживач» теплової енергії, яка складає теоретичну основу для визначення параметрів та

багатокритеріальної оцінки ефективності відповідної процедури реалізації еколого-економічного потенціалу цієї системи.

*Удосконалено* математичну модель для оцінки ефективності комбінованої системи тепlopостачання будівлі з альтернативними джерелами енергії введенням критерію комплексного екологічного і економічного ефектів на основі методу вагових факторів.

*Дістала подальшого розвитку* математична модель для оцінки енергоефективності «розумних» систем опалення будівель врахуванням впливу на неї фактору сонячних теплonaдходжень, який визначається географічним розташуванням будівлі та орієнтацією її огорожувальних конструкцій за сторонами світу.

### **Практичне значення отриманих результатів**

1. Проаналізовано сутність, розроблено алгоритм реалізації та встановлено основні переваги технології ПРВ ЕЕЗ, якими є: досягнення однакового з технологією ОКВ ЕЕЗ річного екологічного-економічного ефекту при значно менших витратах інвестиційних ресурсів та прийнятному зростанні терміну окупності.

2. Створено програмний комплекс «Раціональне впровадження ЕЕЗ», на базі якого можуть проводитись такі операції: діагностування теплотехнічного і еколого-економічного стану НО, визначення параметрів та багатокритеріальне оцінювання ефективності процедури ПРВ ЕЕЗ, таких, як: термомодернізація огорожувальних конструкцій будівлі, внутрішніх та зовнішніх трубопроводів, використання альтернативних джерел енергії, «розумних» систем опалення та ін.

3. Проведено відпрацювання методології ПРВ ЕЕЗ в ТС «виробник-споживач ТЕ» на 5-ти натурних об'єктах закладів освіти, в результаті якого встановлено наступні переваги процедури ПРВ ЕЕЗ: для досягнення рівної з процедурою ОКВ ЕЕЗ річної еколого-економічної ефективності, яка склала 64-85 %, процедура ПРВ ЕЕЗ потребує менших обсягів інвестування – у 4,8-9,1 рази для початку своєї реалізації та у 1,4-2,0 рази – для повного виконання; зростання

терміну окупності порівняно з процедурою ОКВ ЕЕЗ при цьому є несуттєвим і складає 0,3-2,0 роки.

4. Виконано порівняльний аналіз ефективності процедур ОКВ і ПРВ ЕЕЗ в групі типових об'єктів, яка складалась з 36-ти типових будівель закладів освіти. Результати досліджень доводять доцільність використання процедури ПРВ ЕЕЗ, яка забезпечує на 19,5% більший еколого-економічний ефект при рівних з процедурою ОКВ ЕЕЗ обсягах фінансування та термінах реалізації.

5. Розроблено та відпрацьовано на натурних об'єктах методика оцінки екологічних та економічних збитків від наявності ділянок з прихованими дефектами у тепловому захисті будівель, яка дозволяє визначати відповідні надлишкові втрати тепла, палива, викиди у атмосферу CO<sub>2</sub> і NO<sub>x</sub> та витрати коштів.

Результати досліджень впроваджено в навчальний процес підготовки студентів ВНТУ та Харківського національного університету міського господарства ім. О.М. Бекетова, які навчаються за спеціальностями 101 – екологія і 183 – технології захисту навколишнього середовища, що підтверджується відповідними актами впровадження.

**Особистий внесок здобувача.** Усі наукові положення та результати дисертаційної роботи, що виносяться на захист, отримані здобувачем самостійно. Особистий внесок здобувача в роботах, опублікованих в співавторстві, згідно списку опублікованих праць здобувача за темою дисертації, є таким: в роботі [1] – обґрунтовано доцільність багатокритеріальної оцінки ефективності енергозберігаючих заходів при прийнятті раціональних рішень щодо їх впровадження; в роботі [2] – розроблено принципову схему універсальної системи екологічного діагностування теплових двигунів та котельнь; в роботі [3] – досліджено еколого-економічні показники ефективності ЕЕЗ для будівлі навчального корпусу Харківського національного університету міського господарства ім. О.М. Бекетова; в роботі [4] – розроблено методика багатокритеріальної оцінки комбінованої системи теплопостачання з альтернативними джерелами енергії; в роботі [5] – проаналізовано технологію

автоматизованого опалення приміщень з використанням системи HERZ Smart Comfort; в роботі [6] – впровадження методу багатокритеріальної оцінки ефективності енергозберігаючих заходів у сфері теплопостачання Харківського палацу дитячої та юнацької творчості; в роботі [7] – визначення енергоефективності використання теплового насоса для опалення будівель; в роботі [8] – сформульовано концепцію комплексного оцінювання енергетичної, екологічної та економічної ефективності заходів з енергозбереження в будівлях; в роботі [9] – проведено багатокритеріальну оцінку ефективності використання геліосистеми в системі теплопостачання закладу освіти; в роботі [10] – досліджено ефективність «розумної» системи опалення будівлі; в роботі [11] – проаналізовано енергоефективність газових котлів при різних режимах експлуатації; в роботі [12] – оцінено екологічний ефект від використання сонячних колекторів в системі теплопостачання КЗ Харківського палацу дитячої та юнацької творчості; в роботі [13] – проаналізовано ефективність впровадження технології поетапного раціонального впровадження енергоефективних заходів в закладі освіти; в роботі [14] – проаналізовано сучасний стан, проблеми та перспективи розвитку вітчизняної комунальної енергетики; в роботі [15] – проаналізовано сучасний стан євроінтеграції урбосистем України в контексті екологічного сталого розвитку.

**Публікації.** За темою дисертації з викладенням її основного змісту опубліковано 15 праць в наукових періодичних виданнях, з них: 2 публікації у закордонних фахових виданнях віднесених до першого квартиля (Q1) відповідно до класифікації SCImago Journal and Country Rank; 2 публікації у наукових фахових виданнях України категорії Б, 1 стаття в науковому періодичному виданні держави ЄС, 2 колективні монографії опубліковані в виданнях держав ЄС, 4 статті в наукових періодичних виданнях України, 3 міжнародних науково-практичних конференціях та 1 Всеукраїнській науково-практичній конференції.

#### **Апробація результатів дисертації**

Основний зміст дисертації та її положення викладено та обговорено на науково-практичних конференціях та форумах різного рівня:

1. Міжнародна науково-практична конференція «Наука, інженерія та технологія: Глобальні тенденції, проблеми та рішення» м. Прага, 25–26 вересня 2020 р.

2. Theoretical and science bases of actual tasks. Proceedings of the XXIII International Scientific and Practical Conference. Lisbon, Portugal, June 14-17, 2022.

3. Multidisciplinary academic notes. Theory, methodology and practice. Proceedings of the XXVII International Scientific and Practical Conference. Prague, Czech Republic, July 12-15, 2022.

4. Всеукраїнська науково-практична інтернет-конференція: до дня пам'яті Ф.В. Стольберга. – Харків: ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, С. 116-118, 2023.

### **Структура та обсяг дисертації**

Дисертаційна робота викладена на 206 сторінках друкованого тексту, складається із вступу, 5 розділів, загальних висновків, переліку використаних джерел та 8 додатків. Обсяг основного тексту дисертації складає 124 сторінок друкованого тексту. Робота ілюстрована 25 таблицями та 39 рисунками. Перелік використаних джерел містить 107 найменувань.

# РОЗДІЛ 1

## ОБҐРУНТУВАННЯ ЕКОЛОГО-ЕКОНОМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ ЗАСТОСУВАННЯ В КОМУНАЛЬНІЙ ЕНЕРГЕТИЦІ ТЕХНОЛОГІЇ ПОЕТАПНОГО РАЦІОНАЛЬНОГО ВПРОВАДЖЕННЯ ЕЕЗ

**Аналітичний огляд вітчизняних і зарубіжних публікацій та нормативної документації за темою дисертації.** Дана робота присвячена вирішенню актуальної екологічної проблеми надлишкового забруднення навколишнього середовища викидами шкідливих речовин та парникових газів від комунальних котельнь, обумовленого неефективним використанням матеріальних і енергетичних ресурсів об'єктами-виробниками та об'єктами-споживачами теплової енергії.

В статусі діючого члена ООН, Україна виконує міжнародні зобов'язання в галузі екологічної безпеки та є підписантом 26 міжнародних багатосторонніх договорів, 3 протоколів, 18 міжнародних угод та більш ніж 20-ти міжнародних конвенцій та понад 10 двосторонніх угод присвячених зменшенню впливу антропогенної діяльності на довкілля [4-6].

Вітчизняні галузі економіки використовують для свого функціонування різні джерела енергії, такі як: нафта, природний газ, вугілля, атомна енергія, енергія вітру, сонця тощо. Традиційно найбільш затребуваними паливами в Україні є вичерпні ресурси: природний газ і вугілля, при спалюванні яких утворюються ЗР та парникові гази що забруднюють атмосферне повітря. На вказані енергетичні ресурси припадає понад 60 % вітчизняного енергетичного балансу [7].

Для дотримання міжнародних зобов'язань перед Енергетичним Співтовариством міністерством енергетики та вугільної промисловості України розроблено Національний план скорочення викидів від великих спалювальних установок (НПСВ) метою НПСВ є поступове скорочення викидів діоксиду сірки –  $SO_2$ , оксидів азоту –  $NO_x$  та суспендованих, недиференційованих за складом твердих частинок – пилу, від існуючих великих спалювальних установок, номінальна теплова потужність яких становить 50 МВт і більше [8]. Після



завершення терміну дії НПСВ всі спалювальні установки мають відповідати вимогам Директиви 2010/75/ЄС [9] по викидах вказаних ЗР.

За даними Міністерства енергетики України в ході реалізації НПСВ загальні викиди ЗР від об'єктів теплової генерації у 2021 році майже на чверть зменшились порівняно з базовим 2018 роком. При цьому скорочення викидів пилу від ТЕЦ, ТЕС та великих котельнь складає 24,9%, викидів  $SO_2$  та  $NO_x$  на 19,6 % та 21,4 % відповідно [10, 11].

Такі результати обумовлені переважно зменшенням обсягів виробництва електроенергії з використанням ТЕЦ, ТЕС та великих котельнь, які були частково заміщені атомною та відновлюваною енергетикою. Подальший прогрес у виконанні НПСВ тісно пов'язаний із реалізацією програм екологічної модернізації спалювальних установок і спорудженням нових генеруючих більш екологічно безпечних потужностей, які замінять застаріле обладнання [10].

Слід зазначити, що в НПСВ подальший прогрес у зменшенні обсягів викидів ЗР не пов'язаний з фактором скорочення обсягів виробництва теплової енергії.

В той же час значна кількість міст України приєдналась до «Угоди мерів по клімату і енергетиці», в якій передбачається проведення муніципальною владою заходів щодо істотного скорочення викидів парникових газів на 30% до 2030 року [12]. Для досягнення результатів, що були заявлені у підписаних Україною міжнародних договорах та угод з питань екології потрібна детально відпрацьована стратегія використання і розвитку муніципальної енергетичної системи, яка б передбачала підвищення екологічної безпеки котельних установок і теплоцентралей, в тому числі за рахунок впровадження інноваційних високоефективних енергозберігаючих, екологічних та економічно обґрунтованих технологій на об'єктах-споживачах теплової енергії та на об'єктах що генерують цю енергію [13].

Відносні внески різних галузей економіка України в забруднення атмосфери згідно зі статистичних даних за період 2016-2019 рр. [14] представлені на рис. 1.1 (без урахування тимчасово окупованої території Автономної Республіки Крим,

м. Севастополя та частини тимчасово окупованих територій у Донецькій та Луганській областях).

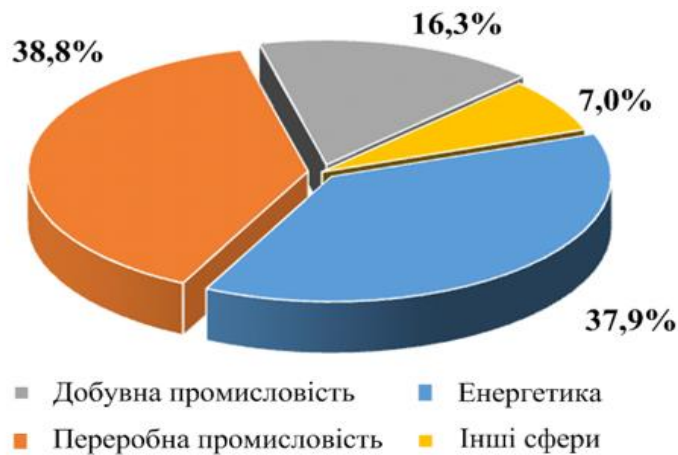


Рисунок 1.1 – Внески різних галузей вітчизняної економіки в забруднення атмосфери за період 2016-2019 рр.

Як видно із рис. 1.1, енергетична галузь є одним з основних джерел забруднення атмосфери в Україні, відносний внесок якої складає 37,9%. Це обумовлено значною часткою в загальному енергетичному балансі – 89% [15] обсягу енергії що видобувається з первинних паливних ресурсів, спалювання яких супроводжується забрудненням атмосфери. При цьому 25,7% енергії, що виробляється вітчизняною енергетикою припадає на енергопостачання будівель (рис. 1.2) [1].



Рисунок 1.2 – Частка енергопостачання будівель в загальному енергетичному балансі в Україні

На рис. 1.3 та 1.4 наведено дані щодо розподілу теплової енергії за категоріями споживання в приватних домогосподарствах Німеччини та у вітчизняних житлових будинках [1, 16]. Аналіз представлених даних показує, що основна частина теплової енергії що споживається будинками вказаних категорій в Німеччині та Україні – 89% та 98,6% відповідно, використовується для теплозабезпечення систем опалення та гарячого водопостачання (ГВП) будівель.



Рисунок 1.3 – Розподіл споживання теплової енергії в приватних домогосподарствах Німеччини



Рисунок 1.4 – Розподіл споживання теплової енергії в житлових будинках в Україні

Виходячи із вищевикладеного, можна зробити висновок про те що, комунальна енергетика є одним із найбільших забруднювачів атмосферного повітря і для її екологізації потрібно скорочувати витрати ТЕ на теплозабезпечення будівель шляхом впровадження енерго- та ресурсозберігаючих технологій в сфері теплопостачання.

На рис. 1.5 представлені результати порівняльного аналізу рівнів енергоефективності будівель різного призначення в різних країнах світу [2, 3]. Ці дані свідчать про те, що група країн з найбільш ефективним енергоспоживанням – група А (це – Німеччина, Фінляндія, Австрія, Словаччина) має в 1.51-2,44 рази менший рівень питомих енерговитрат на теплозабезпечення будівель ніж група країн з неефективним енергоспоживанням – група В (це – РФ, Чехія, Болгарія, Канада). Також слід відмітити, що проблема недостатнього рівня енергоефективності будівель спостерігається в різних країнах Європейського Союзу та Північної Америки.

Станом на 2012 рік в Україні використовувався житловий фонд, який складався із будівель: дореволюційної забудови – 4,6%, будівель, збудованих в радянські часи – 88,0 %, збудованих після 1991 року – 7,4% [17].

Крім того за даними [18], для закладів освіти України річне нормативне середньозважене значення питомого енергоспоживання будівель, скориговане на єдині кліматичні умови, складає 200,9 кВт·год/м<sup>2</sup> з довірчим інтервалом  $\pm 14\%$ , що майже вдвічі перевищує відповідні показники країн групи А (рис. 1.5).

Результати виконаного аналізу підкреслюють значимість висвітленої проблеми значного впливу комунальної енергетики на довкілля та свідчить про значний потенціал зниження енергоспоживання об'єктами комунальної сфери в Україні та світі, та можливість зменшення рівня забруднення атмосферного повітря викидами шкідливих речовин та парникових газів від джерел теплової енергії.

Країни ЄС активно займаються вирішенням зазначеної проблеми, ставлять перед собою мету забезпечення кліматичної нейтральності до 2050 року [19, 20] в тому числі за рахунок зниження рівнів енергоспоживання будівлями різних типів.

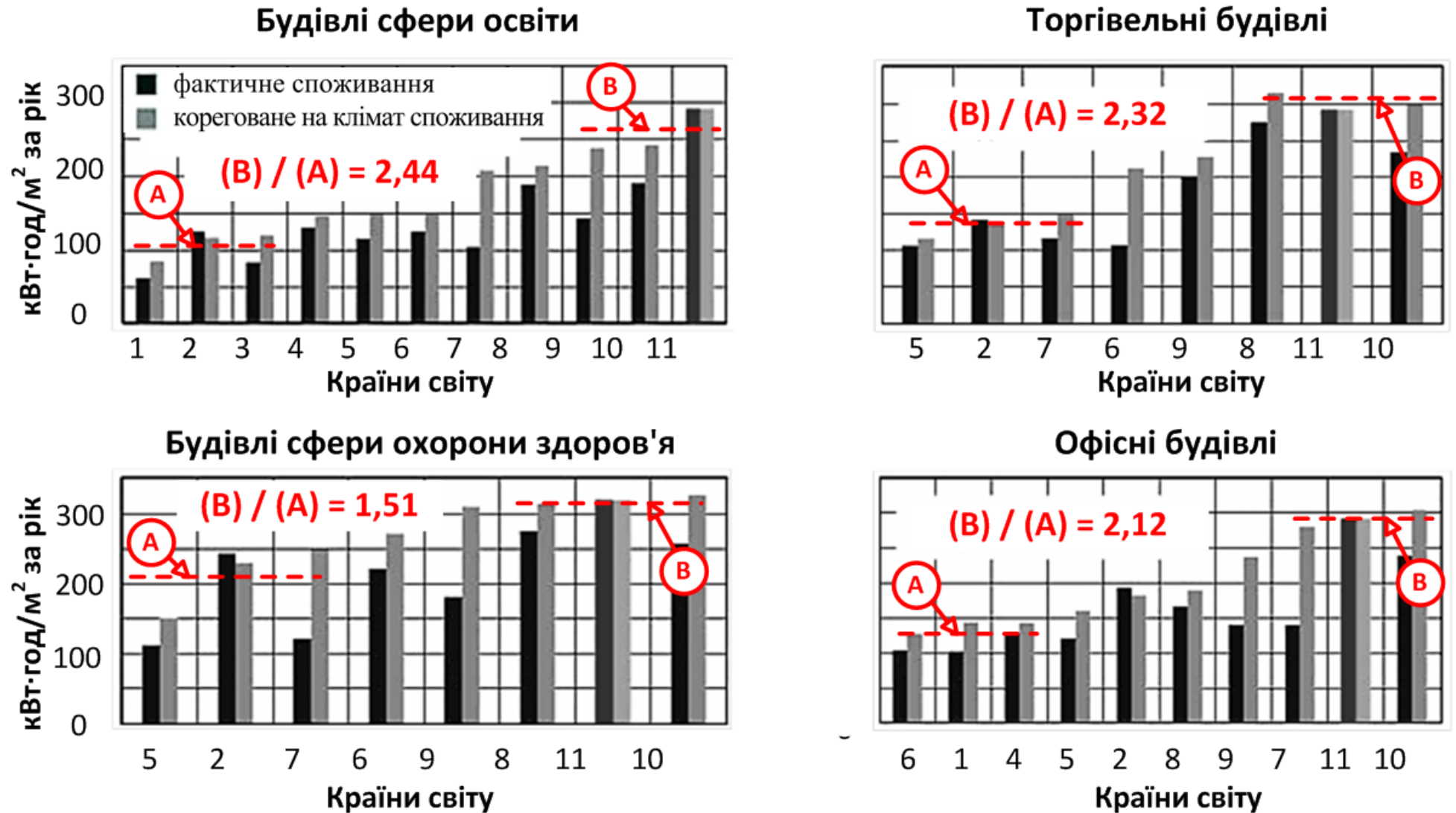


Рисунок 1.5 – Аналіз рівнів енергоефективності будівель різного призначення в різних країнах світу

Для зменшення екологічного впливу на довкілля від енергетичних джерел комунального сектору необхідно: з боку об'єктів споживачів енергії – активно впроваджувати ЕЕЗ та технології, які дозволять суттєво зменшити потребу енергії на забезпечення потреб опалення, вентиляції та гарячого водопостачання; з боку джерел енергії – активно збільшувати частку екологічно чистих технологій опалення за рахунок використання теплових насосів, систем централізованого теплопостачання (ЦТП), систем опалення з використанням відновлюваних джерел, тощо. У той же час, заходи з відновлення існуючих енергетичних систем можуть запропонувати значну економію первинної енергії з одночасним скороченням викидів парникових газів [21]. Вплив різних джерел енергії, що використовуються системами опалення, на навколишнє середовище розглядається в [22], де надається рекомендація використовувати відновлювані джерела енергії. Інтеграція відновлюваних джерел енергії в системи ЦТП передбачається в рамках концепцій 4-го та 5-го поколінь систем ЦТП, впровадження яких допоможе отримати стійкі енергонезалежні та екологічно безпечні системи, які задовольняють потреби в опаленні, охолодженні та електроенергії в сучасних містах [23]. Актуальним завданням сталого розвитку міст є оновлення будинків разом із термомодернізацією їх огорожувальних конструкцій та їх енергосистем, впровадження нових технологій на основі відновлюваних джерел енергії для опалення та гарячого водопостачання, надійних для всіх регіонів. Аналіз енергоефективності будівель, розташованих у різних регіонах Європейського Союзу, опублікований у роботі [24], виявив різний попит на опалення/охолодження та споживання енергії для регіонів з різним кліматом.

Одним із основних критеріїв ефективної модернізації централізованих систем ЦТП є її економічна оцінка та наявні кошти для її впровадження. Хороші результати оцінки продемонструвало застосування аналізу витрат життєвого циклу для оцінки чистої теперішньої вартості модернізації [25], де враховуються інвестиційні та експлуатаційні витрати. Техніка реагування на попит є перспективною для впровадження системи відновлюваної енергетики в мережах

ЦТП [26]. У статті [27] розглядаються існуючі системи ЦТП, надаючи дані для деяких країн Східної Європи, наголошуючи на їх неефективних мережах з високими втратами при передачі, що також стосується українських систем ЦТП. Автори пропонують перетворити його на більш стійкі системи з передовими технологіями відновлюваного опалення. Необхідність оцінювати одночасно такі показники ефективності, як енергетичні, економічні та викиди, призвела до застосування методів багатокритеріальної оптимізації. Огляд сучасних технологій, які використовуються в централізованому теплопостачанні та засновані на відновлюваних джерелах енергії, опубліковано в роботі [28]. Визначено, що застосування сонячних і геотермальних джерел разом з тепловими насосами (ТН) може підвищити ефективність систем ЦТП і знизити викиди парникових газів. У статті [29] запропоновано багатоцільову оптимізацію системи централізованого опалення та охолодження з теплоакumuлюючою потужністю на цілий рік на основі погодинної оптимізації витрат і екологічних критеріїв.

Вагомий внесок у висвітленні та вирішенні зазначеної проблеми, внесли такі закордонні та вітчизняні вчені як: С. Штювер, Дж. Вольт, В. Доризас, Малярєнко В.А., Неміровський І.А., Варламов Г.Б., Любчик Г.М. та інші. С. Штювер, Дж. Вольт, В. Доризас розробили методикy комплексного підходу до оновлення та модернізації забудованого середовища для допомоги містам в подоланні кліматичних, економічних та медичних криз [19, 20]. В своїх працях Малярєнко В.А. докладно розкрив сутність процесів впливу енергетики на довкілля [13, 15] та вказав основні напрямки підвищення ефективності комунальної енергетики та, відповідно, зменшення її негативного екологічного впливу [1, 30, 31-37]. Неміровський І.А. в своїх роботах надає практичні рекомендації та викладає методи визначення енергетичної ефективності об'єктів ЖКГ [16, 38], Варламов Г.Б. та Любчик Г.М. також в своїх спільних працях ґрунтовно розглядають екологічні аспекти виробництва енергії та надають рекомендації по реалізації принципу екологічної рівноваги [39-41].

Фондом енергоефективності України розроблено Програму підтримки енергомодернізації багатоквартирних будинків "ЕНЕРГОДІМ" [42], в якій розглядається порядок впровадження ЕЕЗ, але визначення черговості впровадження заходів покладається на співвласників багатоквартирних будинків залежно від їхнього розуміння.

Аналітичний огляд закордонних та вітчизняних публікацій за темою дослідження свідчить про недостатній рівень вивчення питання реалізації потенціалу енергоефективності ТС «виробник-споживач ТЕ» в умовах фінансового дефіциту. В дисертації пропонується для вирішення висвітленого питання використання процедури ПРВ ЕЕЗ.

### **1.1 Аналіз механізмів утворення та критеріїв оцінки екологічного і економічного ефектів від впровадження ЕЕЗ**

На законодавчому рівні в Україні діяльність у сфері забезпечення енергетичної ефективності будівель, яка спрямовується на зменшення споживання енергії у будівлях, регламентується чисельними законодавчими та нормативними актами [42-45], ДБН та ДСТУ [46-48]. Необхідні для цього першочергові напрямки енерго- і ресурсозбереження в житлово-комунальному господарстві викладені в [1, 30-37, 42]. Усереднене значення потенціалу в зниженні енергоспоживання існуючими будівлями в Україні за умови їхньої відповідності діючим нормативним вимогам складає 42-48 % від загального обсягу споживання первинних енергоносіїв [1, 43, 44]. Це свідчить також і про значний еколого-економічний потенціал енерго та ресурсозберігаючих технологій в сфері комунального теплопостачання. Разом з цим за існуючими оцінками втрати теплової енергії при її виробництві і транспортуванні складають приблизно 28-35%, у кінцевого споживача споживається решта теплової енергії в обсязі – 72-65% [1].

Оскільки впровадження технологій енергомодернізації супроводжується одночасним отриманням різних ефектів, в даній роботі було застосовано



багатокритеріальний підхід до оцінки ефективності ЕЕЗ. На рис. 1.6 представлено результати аналізу механізмів утворення різних ефектів при впровадженні ЕЕЗ в ТС «виробник-споживач ТЕ», з різними типами систем теплопостачання – централізована або автономне. При цьому загальний ефект поділяється на три складові:

– *екологічні ефекти*, до яких відносяться: енергозбереження або економія ТЕ; ресурсозбереження або економія палива та середовищезахисний ефект або зменшення викидів у атмосферу РЗ і парникових газів з димовими газами котельнь;

– *економічний ефект* або економія коштів за спожити теплову енергію (при централізованому теплопостачанні) і паливо (при автономному теплопостачанні);

– *узагальнений еколого-економічні ефекти*, який одночасно характеризує різні ефекти, які є пропорційними один одному, є зручним для аналізу, має безрозмірну форму.

При оцінюванні кожного ефекту введено показники питомого або річного ефекту та довгострокового або інтегрального тривалого ефекту за встановлений період – усереднений термін дії впроваджених ЕЕЗ.

## **1.2 Сутність та алгоритм реалізації технології ПРВ ЕЕЗ, її переваги над технологією ОКВ ЕЕЗ**

Спочатку ЕЕЗ що рекомендуються до впровадження за результатами енергоаудиту ранжуються за показниками розрахункових термінів окупності -  $T_{з(ок)і}^p$  (після попереднього їх визначення) за принципом: «від найменшого до найбільшого значення  $T_{з(ок)і}^p$ » (рис. 1.7); це дозволяє встановити номери пріоритетності заходів, що будуть впроваджуватись –  $NP_3$  та забезпечує пріоритетність більш швидкоокупним ЕЕЗ. Заходи, терміни окупності яких перевищують 12,5 років вважаються нерентабельними і через це їх впровадження вважається нераціональним. Заходи, терміни окупності яких не

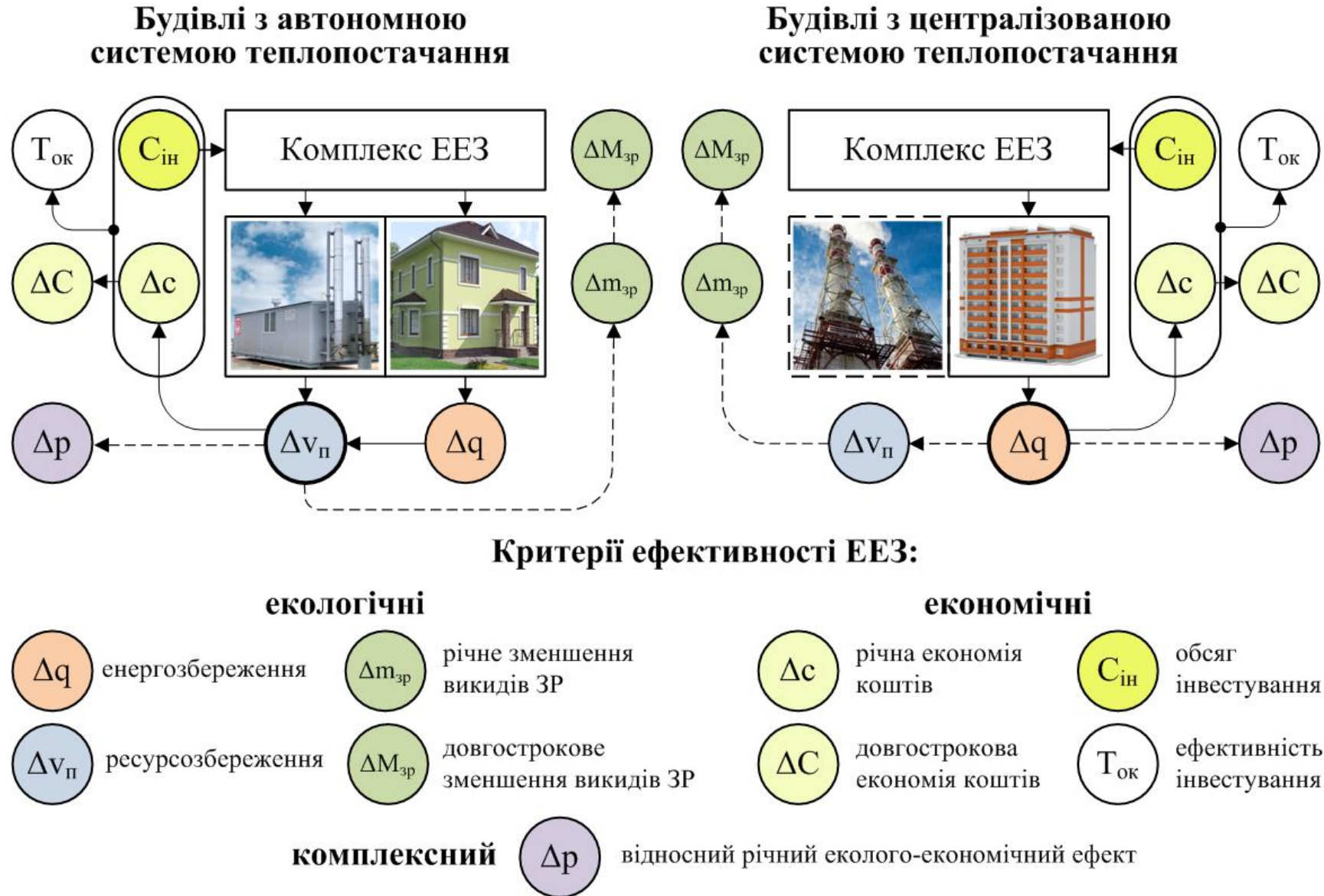


Рисунок 1.6 – Механізми утворення екологічного і економічного ефектів від впровадження ЕЕЗ

перевищують 12,5 років, розподіляються на 3 категорії: швидкоокупні – з  $T_{з(ок)}^p \leq 4$  роки, ці заходи відносяться до I етапу (процедури ПРВ ЕЕЗ); середньоокупні – з  $4 < T_{з(ок)}^p \leq 8$  років, ці заходи відносяться до II етапу (процедури ПРВ ЕЕЗ); та довгоокупні – з  $8 < T_{з(ок)}^p \leq 12,5$  років, ці заходи відносяться до III етапу (процедури ПРВ ЕЕЗ).

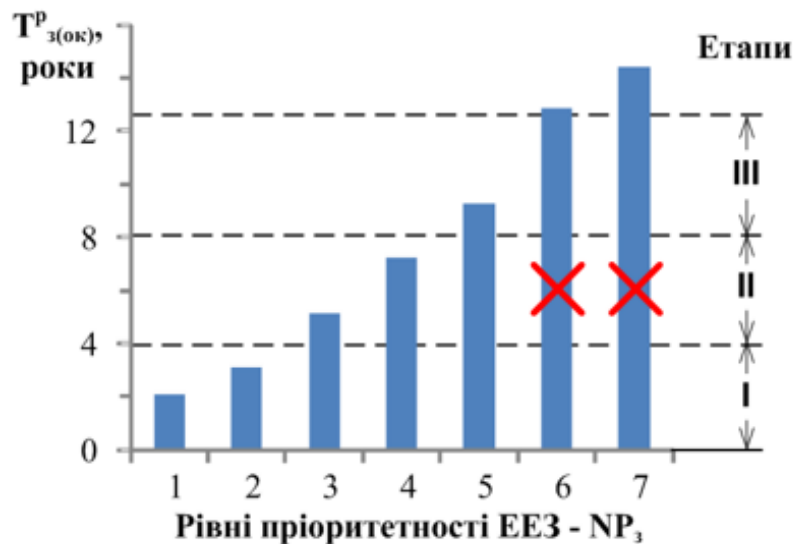


Рисунок 1.7 – Ранжування та розподіл ЕЕЗ за етапами

Після розподілу ЕЕЗ по етапах визначаються значення вартостей та розрахункових термінів окупності етапів процедури ПРВ ЕЕЗ (рис. 1.8).

Розподіл ЕЕЗ по етапах дозволяє впорядкувати процес їх впровадження з наданням переваги заходам, які забезпечують можливість отримання еколого-економічного ефекту у найкоротші терміни та акумуляції зекономлених коштів для фінансування наступних етапів.

Після визначення вказаних властивостей етапів виконується їх нормування, в результаті чого встановлюється нормовані значення вартостей (порівняні із загальною вартістю всіх ЕЕЗ) та ефектів (порівняні із загальним ефектом від впровадження всіх ЕЕЗ) етапів, які відображаються на діаграмі «вартість-ефект». Ця діаграма дозволяє попередньо порівняти ефективність етапів процедури ПРВ ЕЕЗ з ефективністю процедури ОКВ ЕЕЗ (рис. 1.9).

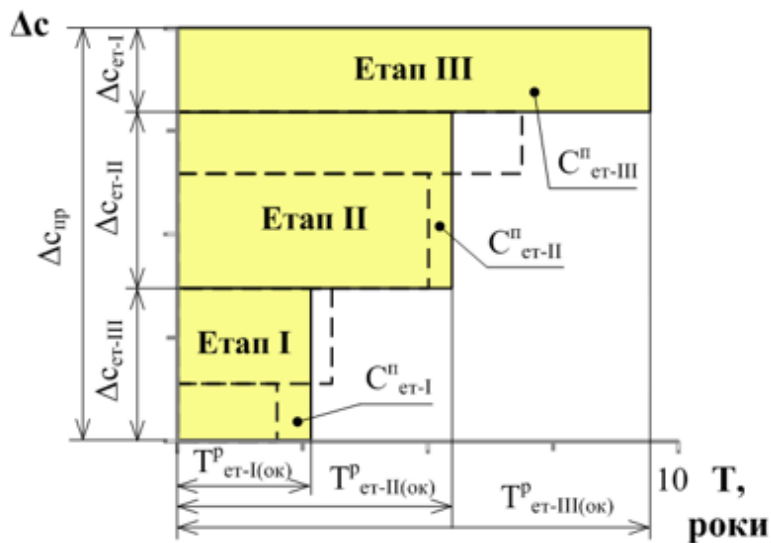


Рисунок 1.8 – Визначення тривалості і вартості етапів

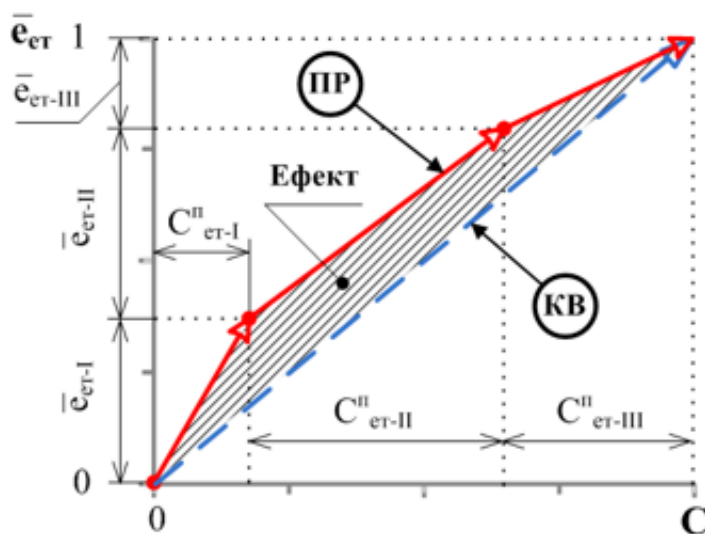


Рисунок 1.9 – Нормування ефективності етапів

Технологію ПРВ ЕЕЗ можна реалізувати двома способами (рис. 1.10):

- 1) при заданих значеннях фактичних термінів окупності II-го та III-го етапів; при цьому визначаються терміни початку виконання кожного з етапів;
- 2) при заданих значеннях термінів початку виконання II-го та III-го етапів; при цьому визначаються фактичних термінів окупності заданих варіантів.

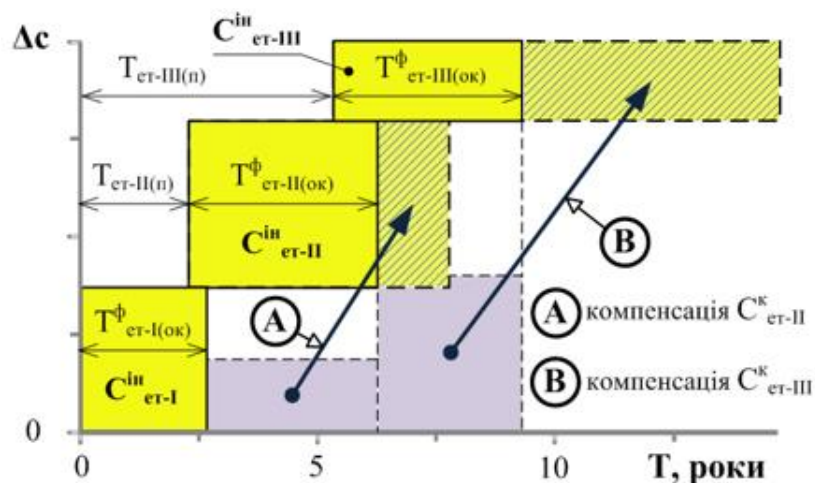


Рисунок 1.10 – Поетапне раціональне впровадження ЕЕЗ

При виконанні обох способів реалізації технології ПРВ ЕЕЗ досягається зниження вартості процедури впровадження ЕЕЗ за рахунок використання коштів з акумульованих після виконання реалізованих етапів I і II.

Для оцінки ефективності процедури ПРВ ЕЕЗ передбачена можливість проведення аналізу як річного так і довгострокового узагальненого еколого-економічного та економічного ефектів (рис. 11 та рис.1.12).

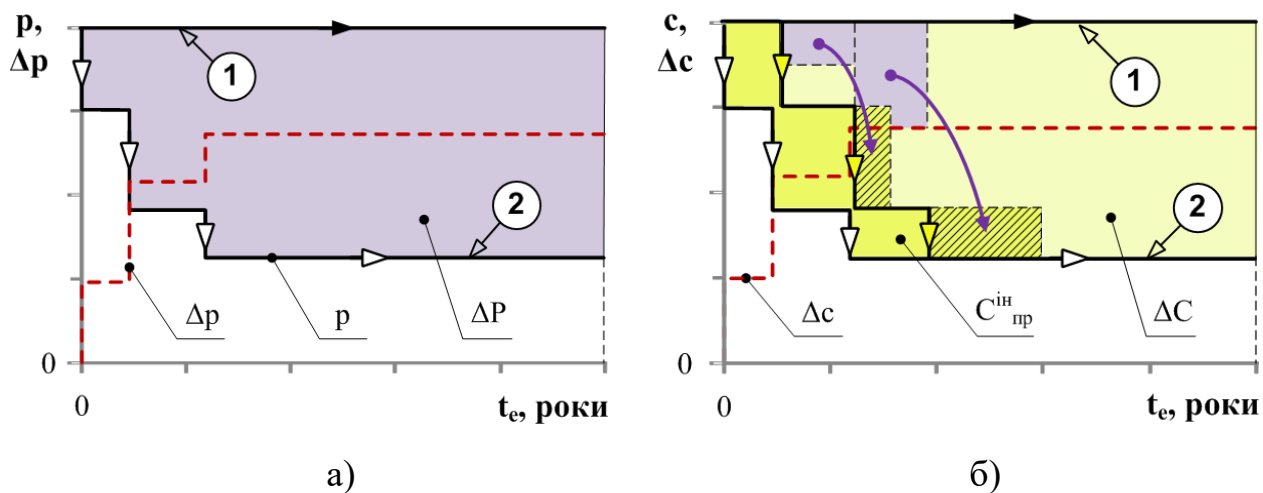


Рисунок 1.11 – Оцінка річної ефективності процедури ПРВ ЕЕЗ:

а) еколого-економічного ефекту –  $\Delta c$ ; б) узагальненого економічного ефекту –  $\Delta p$ .

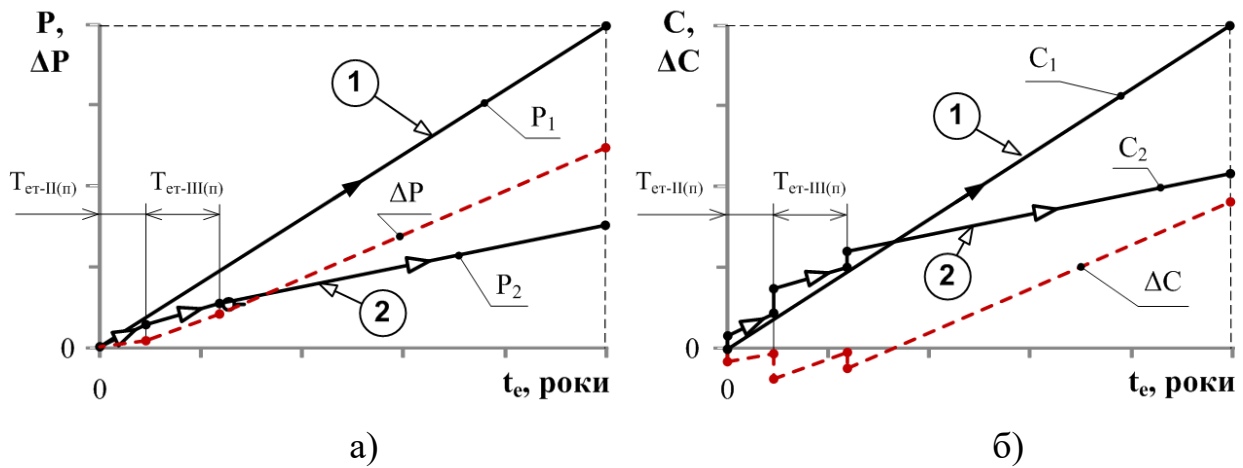


Рисунок 1.12 – Оцінка довгострокової ефективності процедури ПРВ ЕЕЗ:

а) еколого-економічного ефекту –  $\Delta C$ ; б) узагальненого економічного ефекту –  $\Delta P$ .

На основі результатів даного аналізу приймається рішення по вибору найбільш ефективної процедури впровадження ЕЕЗ.

Перед реалізацією технології ПРВ ЕЕЗ будівля має бути попередньо підготовлена шляхом встановлення приладів будинкового обліку споживання теплової енергії, індивідуальних теплових пунктів [48], що працюють на дотримання встановленої температури внутрішнього повітря в будівлі та гідравлічних балансувальних клапанів на стояках внутрішньо будинкової системи опалення [49]. Встановлення зазначеного обладнання дозволяє: здійснювати облік отриманого ефекту за розрахунковий період; проводити регулювання теплового потоку в будівлі, що опалюється, в залежності від встановленої температури внутрішнього повітря та можливості запровадження «чергового режиму опалення»; автоматично вирівнювати гідравлічний баланс внутрішньо будинкової системи опалення при впровадженні «розумне» опалення. Також слід відзначити, що поетапне впровадження ЕЕЗ відповідає Указу Президента України від 16.06.1999 № 662/99 в частині забезпечення органами влади які здійснюють термомодернізацію будівель до «...стимулювання енергозбереження в бюджетній сфері, зокрема шляхом спрямування коштів, зекономлених внаслідок впровадження енергозберігаючих заходів, на фінансування заходів з енергозбереження в бюджетних установах,

організаціях та на казенних підприємствах та проведення енергетичних обстежень» (пп.4 п.1 [50]).

**Алгоритм реалізації технології ПРВ ЕЕЗ** складається з п'яти операцій, які виконуються послідовно одна за одною (рис.1.13, 1.14):

1) оцінка технічного та еколого-економічного стану кожного з об'єктів досліджень; для кожного із об'єктів досліджень визначаються: тип системи теплопостачання, вид палива, що використовує джерело ТЕ; опалювальна площа і об'єм, річна енергопотреба, питома енергопотреба, обсяги натурального палива, необхідні для забезпечення річної енергопотреби, річні обсяги викидів ЗР у атмосферу від джерела ТЕ, річний обсяг коштів на оплату спожитих енергоносіїв – тепла (для об'єктів із ЦТП) або палива (для об'єктів із автономним опаленням); визначені дані є базовими для проведення подальших розрахунків;

2) формування комплексу рекомендованих до впровадження ЕЕЗ; не відповідність теплотехнічних характеристик об'єкту досліджень нормативним вимогам [44, 46] є приводом для рекомендацій до впровадження комплексу ЕЕЗ, опис яких наведено нижче;

3) оцінка еколого-економічної ефективності рекомендованих до впровадження ЕЕЗ; визначається вартість рекомендованих ЕЕЗ, терміни їхньої окупності, оцінюється еколого-економічна ефективність ЕЕЗ та їх значимість; виконується їх ранжування за номером пріоритетності, виконується розподіл заходів по етапах;

4) визначення параметрів та оцінка річної ефективності процедури ПРВ ЕЕЗ; вартості етапів процедури ПРВ ЕЕЗ та процедури в цілому, встановлюються або задаються значення періодів початку реалізації та фактичних термінів окупності етапів процедури ПРВ ЕЕЗ та процедури в цілому; визначаються абсолютні та відносні значення річного екологічних та економічних ефектів, узагальненого еколого-економічного ефекту;

5) оцінка довгострокової еколого-економічної ефективності процедури ПРВ ЕЕЗ; визначаються абсолютні та відносні значення довгострокових екологічних та економічних ефектів, узагальненого еколого-економічного ефекту, загального економічного ефекту процедури ПРВ ЕЕЗ.

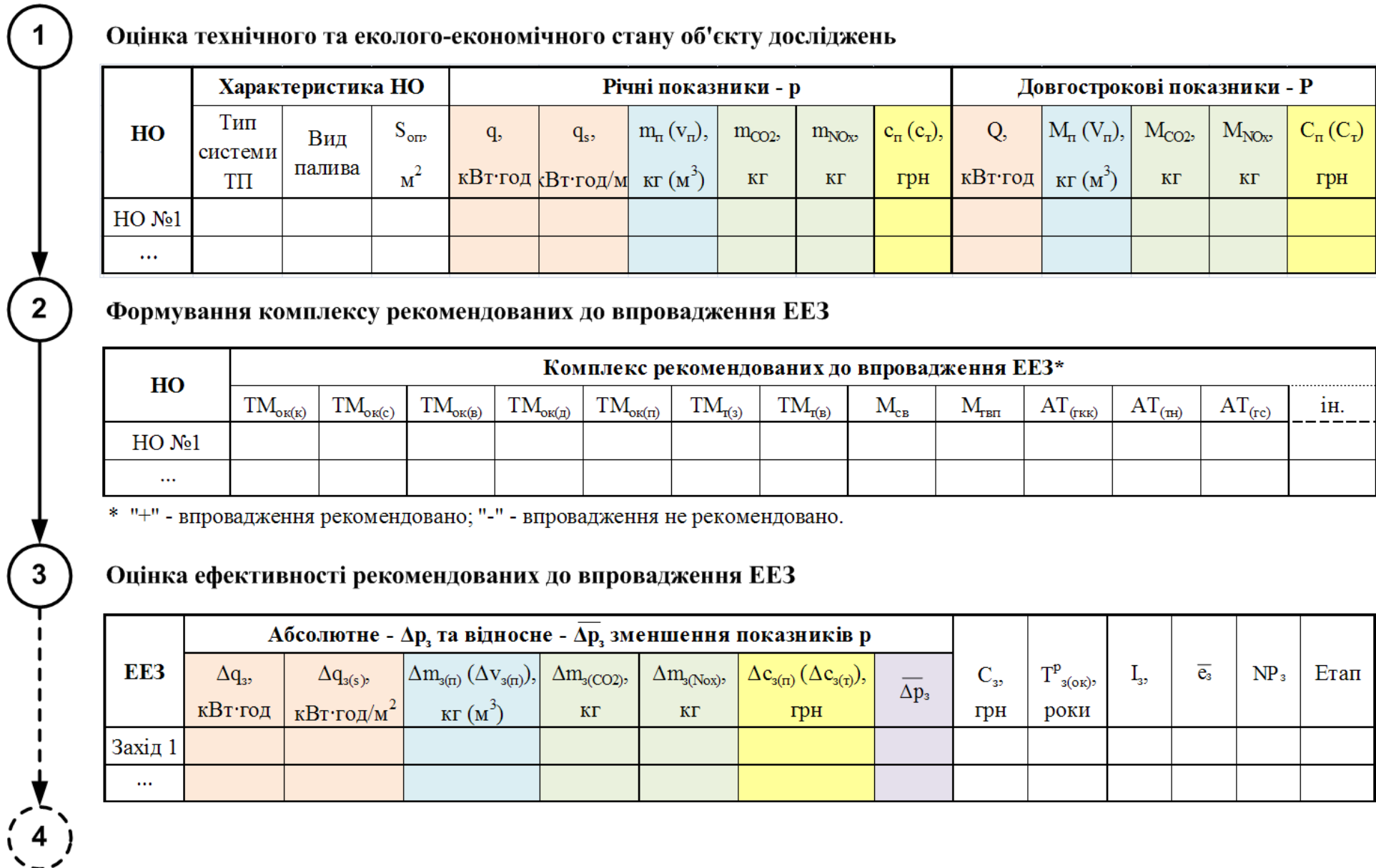


Рисунок 1.13 – Алгоритм визначення параметрів та оцінки еколого-економічної ефективності процедури ПРВ ЕЕЗ – етапи 1-3



4

**Визначення параметрів та оцінка річної ефективності процедури ПР впровадження ЕЕЗ**

Складові процедури	Абсолютні - $\Delta P_{ет}$ , $\Delta P_{пр}$ та відносні - $\overline{\Delta P}_{ет}$ , $\overline{\Delta P}_{пр}$ зменшення показників р							Параметри процедури						
	$\Delta Q_{ет}$ $\Delta Q_{пр}$ кВт·год	$\Delta Q_{ет(s)}$ $\Delta Q_{пр(s)}$ кВт·год/м <sup>2</sup>	$\Delta M_{ет(n)}$ ( $\Delta V_{ет(n)}$ ), $\Delta M_{пр(n)}$ ( $\Delta V_{пр(n)}$ ), кг (м <sup>3</sup> )	$\Delta M_{ет(CO2)}$ , $\Delta M_{пр(CO2)}$ , кг	$\Delta M_{ет(Nox)}$ , $\Delta M_{пр(Nox)}$ , кг	$\Delta C_{ет(n)}$ ( $\Delta C_{ет(r)}$ ), $\Delta C_{пр(n)}$ ( $\Delta C_{пр(r)}$ ), грн	$\overline{\Delta P}_{ет}$ , $\overline{\Delta P}_{пр}$	$C_{ет}^п$ , $C_{пр}^п$ грн	$T_{ет(ок)}$ , $T_{пр}$ роки	$T_{ет(п)}$ , роки	$\bar{e}_{ет}$ , $\bar{e}_{пр}$	$\bar{C}_{ет}^{ін}$ , $\bar{C}_{пр}^{ін}$ грн	$\bar{R}_{ет}^{ін}$ , $\bar{R}_{пр}^{ін}$	
Етапи	I													
	II													
	III													
Процедура	$\Delta Q_{пр}$	$\Delta Q_{пр(s)}$	$\Delta M_{пр(n)}$ ( $\Delta V_{пр(n)}$ )	$\Delta M_{пр(CO2)}$	$\Delta M_{пр(Nox)}$	$\Delta C_{пр(n)}$ ( $\Delta C_{пр(r)}$ )	$\overline{\Delta P}_{пр}$	$C_{пр}^п$	-	$T_{пр}$	-	$\bar{e}_{пр}$	$\bar{C}_{пр}^{ін}$	$\bar{R}_{пр}^{ін}$

5

**Оцінка довгострокової ефективності процедури ПР впровадження ЕЕЗ**

Складові процедури	Абсолютні - $\Delta P_{ет}$ , $\Delta P_{пр}$ та відносні - $\overline{\Delta P}_{ет}$ , $\overline{\Delta P}_{пр}$ зменшення Р							Загальний економічний ефект	
	$\Delta Q_{ет}$ $\Delta Q_{пр}$ кВт·год	$\Delta M_{ет(n)}$ ( $\Delta V_{ет(n)}$ ), $\Delta M_{пр(n)}$ ( $\Delta V_{пр(n)}$ ), кг (м <sup>3</sup> )	$\Delta M_{ет(CO2)}$ , $\Delta M_{пр(CO2)}$ , кг	$\Delta M_{ет(Nox)}$ , $M_{пр(Nox)}$ , кг	$\Delta C_{ет(n)}$ ( $\Delta C_{ет(r)}$ ), $\Delta C_{пр(n)}$ ( $\Delta C_{пр(r)}$ ), грн	$\overline{\Delta P}_{ет}$ , $\overline{\Delta P}_{пр}$	$\Delta C_{ет}^3$ , $\Delta C_{пр}^3$ грн	$\overline{\Delta C}_{ет}^3$ , $\overline{\Delta C}_{пр}^3$	
Етапи	I								
	II								
	III								
Процедура	$\Delta Q_{пр}$	$\Delta M_{пр(n)}$ ( $\Delta V_{пр(n)}$ )	$\Delta M_{пр(CO2)}$	$M_{пр(Nox)}$	$\Delta C_{пр(n)}$ ( $\Delta C_{пр(r)}$ )	$\overline{\Delta P}_{пр}$	$C_{пр}^3$	$\overline{C}_{пр}^3$	

Складові процедури	Абсолютні - $P_{ет}$ , $P_{пр}$ та відносні - $\bar{P}_{ет}$ , $\bar{P}_{пр}$ значення Р						Значимість етапів	
	$Q_{ет}$ $Q_{пр}$ кВт·год	$M_{ет(n)}$ ( $V_{ет(n)}$ ), $M_{пр(n)}$ ( $V_{пр(n)}$ ), кг (м <sup>3</sup> )	$M_{ет(CO2)}$ , $M_{пр(CO2)}$ , кг	$M_{ет(Nox)}$ , $M_{пр(Nox)}$ , кг	$C_{ет(n)}$ ( $C_{ет(r)}$ ), $C_{пр(n)}$ ( $C_{пр(r)}$ ), грн	$\bar{P}_{ет}$ , $\bar{P}_{пр}$	$\bar{E}_{ет}^д$	$\bar{E}_{ет}^е$
Етапи	I							
	II							
	III							
Процедура	$Q_{пр}$	$M_{пр(n)}$ ( $V_{пр(n)}$ )	$M_{пр(CO2)}$	$M_{пр(Nox)}$	$C_{пр(n)}$ ( $C_{пр(r)}$ )	$\bar{P}_{пр}$	-	-

Рисунок 1.14 – Алгоритм визначення параметрів та оцінки еколого-економічної ефективності процедури ПРВ ЕЕЗ – етапи 4-5

### 1.3 Обґрунтування доцільності використання інформаційних карт еколого-економічної ефективності процедур впровадження ЕЕЗ.

В результаті проведення оцінки річного еколого-економічного ефекту процедури ПРВ ЕЕЗ має місце отримання значного обсягу інформації по еколого-економічних та узагальнених показниках. Для спрощення аналізу цих даних та підвищенні ефективності запропоновано використання інформаційних карт (ІК) (рис. 1.15), в які вносяться найбільш важливі та інформативні показники. На основі цих карт можуть прийматись аргументовані оптимальні технічні рішення щодо практичної реалізації найбільш ефективної процедури впровадження ЕЕЗ.

До ІК заносяться наступні дані, розподілені по групах.

*Екологічні показники поточного стану об'єкту досліджень:*

$q$  – річна потреба у тепловій енергії об'єкта теплоспоживання, кВт·год;

$q_s$  – питома річна енергопотреба будівлі, (кВт·год)/м<sup>2</sup>;

$m_n$  ( $v_n$ ) – річна потреба у паливі, кг (м<sup>3</sup>);

$m_{зр}$  – річний викид у атмосферу ЗР: діоксиду вуглецю – CO<sub>2</sub>, оксидів азоту – NO<sub>x</sub>, кг;

$Q$  – потреба у тепловій енергії об'єкта теплоспоживання за довгостроковий період  $t_e$ , кВт·год;

$M_n$  ( $V_n$ ) – потреба у паливі за довгостроковий період  $t_e$ , кг (м<sup>3</sup>);

$M_{зр}$  – викид у атмосферу ЗР за довгостроковий період  $t_e$ : діоксиду вуглецю – CO<sub>2</sub>, оксидів азоту – NO<sub>x</sub>, кг.

*Економічні показники поточного стану об'єкту досліджень:*

$c$  – річна потреба у фінансових ресурсах на сплату за спожиті енергоносії, тис.грн;

$C$  – потреба у фінансових ресурсах на сплату за спожиті енергоносії протягом довгострокового періоду, тис.грн;

$C_{ет}^{ін}$  ( $C_{пр}^{ін}$ ) – обсяг інвестування етапу (процедури), грн.;

$\bar{R}_{ет}^{ін}$  ( $\bar{R}_{пр}^{ін}$ ) – відносний внесок інвестицій у вартість етапу (процедури);

Критерій ефективності	Поточний стан ТС			Показники ефективності процедур впровадження ЕЕЗ						
	Показник	Розмірність	Значення	Показник	Розмірність	Етапи процедури ПР			Процедура ПР	Процедура КВ
						етап I	етап II	етап III		
Екологічний	q	кВт·год		$\Delta q$	кВт·год					
	$q_s$	кВт·год		$\Delta q_s$	кВт·год/м <sup>2</sup>					
	$v_{п}$	тис. м <sup>3</sup>		$\Delta v_{п}$	тис. м <sup>3</sup>					
	$m_{CO_2}$	кг		$\Delta m_{CO_2}$	кг					
	$m_{NO_x}$	кг		$\Delta m_{NO_x}$	кг					
	Q	кВт·год		$\Delta Q$	кВт·год					
	$V_{п}$	тис. м <sup>3</sup>		$\Delta V_{п}$	тис. м <sup>3</sup>					
	$M_{CO_2}$	кг		$\Delta M_{CO_2}$	кг					
	$M_{NO_x}$	кг		$\Delta M_{NO_x}$	кг					
Економічний	c	тис. грн		$\Delta c$	тис. грн					
	C	тис. грн		$\Delta C$	тис. грн					
	$R_{інт}$	долі 1	0	$R_{інт}$	долі 1	$\ll 1$			< 1	1
	$T_{ок}$	роки	0	$\Delta T_{ок}$	роки	0			> 0	0
Узагальнений	p	долі 1	1	$\Delta p$	долі 1					
	P	долі 1	1	$\Delta P$	долі 1					

Рисунок 1.15 – Бланк форми Інформаційної карти з результатами оцінки ефективності процедури ОКВ і ПРВ ЕЕЗ

$T_{P(ок)}$  – розрахунковий термін окупності етапу (процедури), роки.

*Узагальнені показники поточного стану об'єкту досліджень:*

$p$  – узагальнене позначення параметрів  $q$ ,  $q_s$ ,  $m_{п}$  ( $v_{п}$ ),  $m_{зр}$  та  $c_{п}$  ( $c_{т}$ );

$P$  – інтегральне значення параметру  $p$  за довгостроковий період  $t_e$ .

*Екологічні показники ефективності процедур впровадження ЕЕЗ:*

$\Delta q$  – абсолютне річне зменшення потреби у тепловій енергії об'єкта теплоспоживання, кВт·год;

$\Delta q_s$  – абсолютне річне зменшення питомої річної енергопотреби будівлі, (кВт·год)/м<sup>2</sup>;

$\Delta m_{п}$  ( $v_{п}$ ) – абсолютне річне зменшення річної потреби у паливі, кг (м<sup>3</sup>);

$\Delta m_{зр}$  – абсолютне річне зменшення річних викидів у атмосферу ЗР: діоксиду вуглецю – CO<sub>2</sub>, оксидів азоту – NO<sub>x</sub>, кг;

$\Delta Q$  – абсолютне річне зменшення потреби у тепловій енергії об'єкта теплоспоживання за довгостроковий період  $t_e$ , кВт·год;

$\Delta M_{п}$  ( $V_{п}$ ) – абсолютне річне зменшення потреби у паливі за довгостроковий період  $t_e$ , кг (м<sup>3</sup>);

$\Delta M_{зр}$  – абсолютне річне зменшення викидів у атмосферу ЗР за довгостроковий період  $t_e$ : діоксиду вуглецю – CO<sub>2</sub>, оксидів азоту – NO<sub>x</sub>, кг;

*Економічні показники ефективності процедур впровадження ЕЕЗ:*

$\Delta c$  – абсолютне річне зменшення потреби у фінансових ресурсах на сплату за спожиті енергоносії, тис.грн;

$\Delta C_{ет}^{ін}$  ( $C_{пр}^{ін}$ ) – обсяг інвестування етапу (процедури), грн.;

$\Delta C_{ет}^3$  ( $\Delta C_{пр}^3$ ) – абсолютний загальний економічний ефект етапу (процедури), грн.;

$\bar{R}_{ет}^{ін}$  ( $\bar{R}_{пр}^{ін}$ ) – відносний внесок інвестицій у вартість етапу (процедури), долі 1;

$T_{P(ок)}$  – розрахунковий термін окупності етапу (процедури), роки.

До узагальнених показників ефективності процедур впровадження ЕЕЗ відносяться:

$\Delta p_{ет}$  ( $\Delta p_{пр}$ ) – абсолютне зменшення  $p$  в результаті реалізації етапу (процедури), розмірність  $p$ ;

$\Delta P_{\text{er}}$  ( $\Delta P_{\text{пр}}$ ) – абсолютне зменшення  $P$  в результаті реалізації етапу (процедури), розмірність  $P$ .

**Систематизований комплекс рекомендованих до впровадження ЕЕЗ** базується на переліку заходів, які рекомендується під час впровадження заходів по зниженню споживання тепла житловими багатоквартирними будинками [31-37] та міжнародною програмою "Енергодім" Фонду енергоефективності України [42] і складається з 12-ти основних та 1-го додаткового заходів, короткий опис яких наведено нижче.

До *основних заходів* відносяться: термомодернізація огорожувальних конструкцій (ОК) будівлі, термомодернізація зовнішніх та внутрішніх трубопроводів систем опалення та гарячого водопостачання і запірної арматури на цих трубопроводах, реконструкція системи ГВП шляхом заміни кожухотрубних теплообмінників на сучасні пластинчасті, впровадження теплоутилізаційних установок в загальнообмінну систему вентиляції, використання енергоефективних газових та твердопаливних котлів, використання альтернативного джерела тепlopостачання – теплових насосів (ТН) та геліосистем [33, 34]. До *додаткового заходу* відноситься впровадження «розумних» систем опалення, як складової технології «розумний будинок».

*1-6) Термомодернізація будівлі* передбачає виконання комплексу робіт, спрямованих на підвищення теплотехнічних показників огорожувальних конструкцій будівлі [35-37, 55], а саме: з нанесення теплоізолюючих матеріалів на зовнішні ОК – зовнішні стіни, суміщену покрівлю, горищні покриття, підлогу першого поверху; заміна застарілих світлопрозорих конструкцій та неутеплених вхідних дверей на сучасні - з метою підвищення їх опорів теплопередачі до рівнів, що відповідають вимогам ДБН В.2.6-31:2021 [46].

*7) Термомодернізація зовнішніх трубопроводів загального тепlopостачання та трубопроводів внутрішньобудинкових систем опалення та гарячого водопостачання і запірної арматури на цих трубопроводах* передбачає виконання робіт по відновленню або заміні існуючої теплоізоляції на трубопроводах та запірній арматурі (відповідно до п.п. 6.3.27, 6.3.45 [56]) з

метою підвищення їхнього опору теплопередачі до рівнів, що відповідають вимогам діючих нормативних документів [47].

Існують декілька способів виконання теплоізоляційних робіт, які залежать від місця розташування трубопроводу системи теплопостачання та виду теплової ізоляції, що використовується. Діючими нормативними документами рекомендується під час прокладання нових та при капітальному ремонті старих зовнішніх трубопроводів теплових мереж впроваджувати попередньоізольовані трубопроводи відповідно до п.1.1. [56]. Під час відновлення або заміни існуючої теплоізоляції на трубопроводах та запірній арматурі внутрішньобудинкових систем опалення рекомендується впровадження шкаралупної теплоізоляції, яка має значні переваги: швидко монтується, протягом всього строку експлуатації не змінює геометричні розміри, має низьку гігроскопічність, має відповідну заданого діаметру товщину, яка відповідає вимогам діючих нормативних документів [47].

8) *Реконструкція системи гарячого водопостачання шляхом заміни кожухотрубних теплообмінників на сучасні пластинчасті* передбачає виконання робіт по заміні кожухотрубних теплообмінників на сучасні пластинчасті теплообмінні апарати відповідної до існуючої потреби потужності, із подальшим їх теплоізолюванням п.1.1. [47] та 6.2.13 [56]. Пластинчасті теплообмінні апарати мають вищий тепловий коефіцієнт корисної дії та меншу зовнішню поверхню і відповідно менші втрати теплової енергії у порівнянні із кожухотрубними теплообмінниками.

9) *Впровадження теплоутилізаційних установок в загальнообмінну систему вентиляції* передбачає реконструкцію існуючої системи вентиляції або впровадження централізованої або локальної систем вентиляції із впровадженням в них теплоутилізаційних установок (відповідно до п. 10.23 [49]).

Теплоутилізаційне устаткування в значній мірі впливає на використання теплових надходжень та на зменшення витрат енергії на опалення та охолодження за рахунок передачі теплової енергії від повітря, що викидається з будівлі через витяжну систему до повітря, яке подається в будівлю через

припливну систему. Процес теплообміну зустрічних повітряних потоків саме і відбувається в повітряних теплообмінниках - теплоутилізаційних установках.

Існує багато конструкцій зазначених теплоутилізаційних установок, але для зменшення тепловтрат через вентиляцію в закладах та об'єктах, які забезпечуються теплом від джерел комунальної енергетики, можна поділити теплоутилізаційні установки на два основних типи: на об'єктах, де в наявності централізована система вентиляції або де вона може бути впроваджена, доцільно використання теплоутилізаційних установок промислових типорозмірів; в житлових багатоквартирних будинках та на інших об'єктах, де економічно не вигідно впровадження централізованих систем вентиляції (через незначні розміри кондиціонованих об'ємів та незначну кількість людей що одночасно перебувають у зазначеному об'ємі), доцільно використання локальних теплоутилізаційних установок невеликої потужності, як правило, реверсивного виконання, що монтуються в індивідуальних отворах зовнішніх стін.

*10) Реконструкція існуючих та будівництво нових котельнь із впровадженням енергоефективних газових та твердопаливних котлів* передбачає проведення заміни застарілого газовикористовуючого обладнання або твердопаливних котлів на сучасні газові конденсаційні або твердопаливні котли з підвищеним коефіцієнтом корисної дії (ККД) [1] та обладнані автоматикою, яка контролює процеси горіння, що дозволяє виробляти потрібну кількість теплової енергії при меншому обсязі споживання палива і відповідно менших економічних витратах на виробництво теплової енергії.

*11) Використання альтернативного джерела теплопостачання – геліосистеми (ГС)* передбачає застосування сонячних колекторів [57] для перетворення сонячної теплової енергії в теплову енергію теплоносія, що забезпечує функціонування систем опалення та/або гарячого водопостачання досліджуваного об'єкту без використання вичерпного палива. В кліматичних умовах України ГС дозволяє забезпечити річну потребу в гарячій воді на 40-60%. Для отримання найбільшого ефекту від ГС необхідно передбачати накопичувальну ємність, в якій накопичується

надлишок нагрітої води, що дозволяє компенсувати змінну сонячну активність протягом світового дня та забезпечити споживачів гарячою водою протягом всієї доби. До складу ГС входять плоскі колектори, теплоізольовані трубопроводи, насосні станції контуру геліосистеми та контуру гарячого водопостачання, водонагрівача із двома теплообмінними контурами, накопичувальна ємність та автоматика керування ГС. Зазначена технологія є абсолютно екологічною за умови виробництва електричної енергії, що споживається насосною групою та автоматикою керування зазначеної системи, екологічно чистими джерелами – сонячними фотопанелями або вітрогенераторами.

*12) Використання альтернативного джерела теплопостачання – теплових насосів (ТН).* ТН бувають різної конструкції, але всі вони працюють по принципу відбору низько потенційного тепла із навколишнього (зовнішнього повітря, проточних ґрунтових або поверхневих вод, ґрунту) через випарювання холодоагентів в зовнішніх контурах. За допомогою компресора зазначені холодоагенти віддають відібране тепло через водо-водяний теплообмінник теплоносію низькотемпературної системи опалення. Для монтажу та експлуатації найпростіше використовувати реверсивні ТН повітря/вода, що складаються із двох блоків: зовнішнього блоку, який забирає від зовнішнього повітря тепло, та внутрішнього блоку, де відібрана тепла енергія передається в опалювальну систему через конденсатор. Зазначена технологія є абсолютно екологічною за умови виробництва електричної енергії, що споживається компресором, вентилятором, насосною групою та автоматикою керування зазначеної системи, екологічно чистими джерелами – сонячними фотопанелями або вітрогенераторами.

*Додатковий ЕЕЗ) Керування тепловими режимами опалювальних приміщень з використанням технології «розумна» система опалення як складової технології «розумний будинок»* передбачає використання приладів регулювання та органів керування нагрівальних приладів внутрішньобудинкової системи опалення, здатних виконувати дії по регулюванню системою опалення



в приміщенні та будівлі в цілому без участі та присутності людини. Керування системою опалення відбувається дистанційно – з пульта-дисплею комп'ютера або смартфона. Результатом роботи «розумної» системи опалення є підтримка температури внутрішнього повітря на заданому рівні та зміна зазначеної температури протягом доби та тижня по заданому алгоритму в автоматичному режимі для забезпечення потреби споживача в комфортному та енергозберігаючому режимах теплозабезпечення. Прикладом «розумної» системи опалення є технічний комплекс HERZ Smart Comfort [58, 59] або її аналоги.

### **Висновки до розділу 1**

1. Проведено аналіз механізмів утворення комплексного ефекту від впровадження ЕЕЗ на об'єктах, які виробляють і споживають теплову енергію, та встановлено його критерії: екологічний, економічний і узагальнений ефекти.

2. Проаналізовано сутність, розроблено алгоритм реалізації та встановлено основні переваги технології ПРВ ЕЕЗ, якими є: досягнення однакового з технологією ОКВ ЕЕЗ річного екологічного-економічного ефекту при значно менших витратах інвестиційних ресурсів та прийнятному зростанні терміну окупності.

3. Обґрунтовано доцільність використання інформаційних карт з результатами оцінки екологічного і економічного ефектів від реалізації процедур ОКВ та ПРВ ЕЕЗ в будівлях і системах теплопостачання, які складають аналітичну базу для аргументованого вибору кращої процедури для виконання.

## РОЗДІЛ 2

### МЕТОДОЛОГІЯ ПОЕТАПНОГО РАЦІОНАЛЬНОГО ВПРОВАДЖЕННЯ ЕЕЗ В ТЕХНІЧНІЙ СИСТЕМІ «ВИРОБНИК–СПОЖИВАЧ ТЕ»

Даний розділ присвячений опису методології поетапного раціонального впровадження ЕЕЗ в технічній системі «виробник–споживач ТЕ», яка складає теоретичну основу для проведення досліджень за такими напрямками: А) оцінки еколого-економічного стану об'єкту досліджень, В) оцінки річної ефективності рекомендованих до впровадження ЕЕЗ, С) визначення параметрів та багатокритеріальної оцінки ефективності процедури ПРВ ЕЕЗ. Дана методологія являє собою комплекс методик, які забезпечують можливість проведення досліджень за вказаними напрямками (рис. 2.1).

**Методика А** призначена для проведення досліджень за напрямком А та базується на довідковій та нормативній документації [46, 62, 60-68].

**Методика В** призначена для проведення досліджень за напрямком В. При визначенні черговості реалізації ЕЕЗ заходи, які стосуються впровадження джерел тепла (паливні котли із підвищеним ККД, теплові насоси, геліосистеми, тощо) реалізуються в останню чергу не зважаючи на термін їхньої окупності; це обумовлено тим, що потужність обладнання джерел тепла розраховується за умови впровадження рекомендованого до впровадження пакету ЕЕЗ на об'єкті споживачі тепла.

Для проведення досліджень за напрямком С використовуються 2 методики.

**Методика С1** призначена для визначення параметрів та оцінки річної ефективності процедури ПРВ ЕЕЗ.

**Методика С2** призначена для оцінки довгострокової ефективності процедури ПРВ ЕЕЗ.

Методологія ПРВ ЕЕЗ в ТС «виробник-споживач ТЕ» складається з 26 розрахункових фрагментів, нумерація яких показана в табл. 2.1. Методика А включає розрахункові фрагменти 1-6, методика В – 7-12, С1 – 13-19, С2 – 20-26. Нижче наведені вказані методики та відповідні їм розрахункові фрагменти.

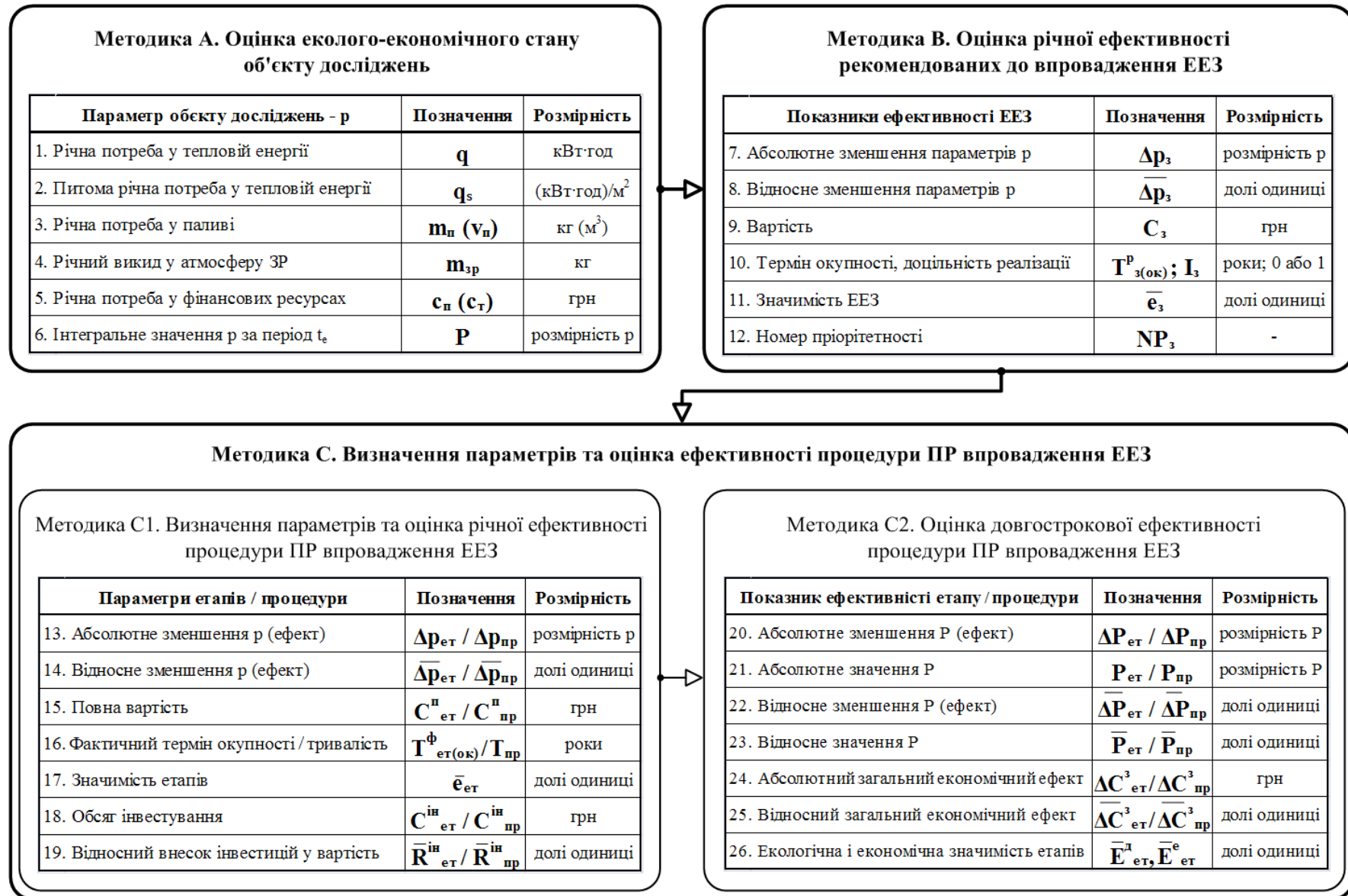


Рисунок 2.1 – Методологія поетапного раціонального впровадження ЕЕЗ

## 2.1 Методика діагностики еколого-економічного стану досліджуваного натурального об'єкту

Для оцінки еколого-економічного стану об'єкту досліджень використовується «Методика А», яка наведена на рис. 2.1 та складається із розрахункових фрагментів 1-6.

**Розрахунковий фрагмент (РФ) 1** *Визначення (q)*. Загальний рівень витрат теплової енергії, що потребує будівля при поточному стані за умови підтримки в ньому температури внутрішнього повітря на нормативному рівні здійснюється за формулою:

$$q = q_{\text{ок}} + q_{\text{інф}} + q_{\text{вт}} + q_{\text{гвп}} - k_{\text{авт}} \cdot (q_{\text{вд}} + q_{\text{інс}}), \quad (2.1)$$

де  $q_{\text{ок}}$  – втрата теплової енергії будівлею через ОК (зовнішні стіни, суміщену покрівлю, горищні покриття, підлогу першого поверху, вікна, балконні та входні двері, вітражі, фасадні системи, вітрини, ліхтарі тощо), кВт·год;

$q_{\text{інф}}$  – втрата теплової енергії будівлею через інфільтрацію зовнішнього повітря, кВт·год;

$q_{\text{вт}}$  – витрата теплової енергії з зовнішніх поверхонь трубопроводів внутрішньобудинкових систем опалення та/або ГВП і запірної арматури на цих трубопроводах в неопалювальних приміщеннях, кВт·год;

$q_{\text{гвп}}$  – витрата теплової енергії з зовнішніх поверхонь теплообмінних апаратів системи ГВП, кВт·год;

$k_{\text{авт}}$  – коефіцієнт, що вказує на наявність ( $k_{\text{авт}} = 1,0$ ) або відсутність ( $k_{\text{авт}} = 0,0$ ) «розумної» системи опалення;

$q_{\text{вд}}$  – кількість теплової енергії, що надходить до опалювального об'єму за рахунок внутрішніх тепловиділень, кВт·год;

$q_{\text{інс}}$  – кількість теплової енергії, що надходить до опалювального об'єму за рахунок інсоляції через зовнішні огорожувальні конструкції, кВт·год.

Визначення кількості витрат теплової енергії будівлею через огорожувальні конструкції  $q_{\text{ок}}$  в кВт·год, здійснюється за методикою викладеною в документі [60] та обчислюється за формулою:

$$q_{ок} = \sum_{i=1}^{N_{\tau}} \left( \sum_{j=1}^{N_{ок}} k_{ок(j)} \cdot S_{ок(j)} \right) \cdot (t_{в} - t_{з(i)}) \cdot \tau_i \cdot (1 + b), \quad (2.2)$$

де  $N_{\tau}$  – кількість місяців опалювального сезону;

$N_{ок}$  – кількість типів ОК;

$k_{ок(j)}$  – приведена (тобто, що враховує теплопровідні включення в однорідну площу) теплопередача  $j$ -ї зовнішньої огорожувальної конструкції, Вт/(м<sup>2</sup>·°С), визначається згідно з документом [69];

$S_{ок(j)}$  – загальна площа  $j$ -ї зовнішньої ОК, визначається згідно з Додатком А документу [46], м<sup>2</sup>;

$t_{в}$  – розрахункова температура внутрішнього повітря, °С, що приймається відповідно до табл. 2.2 документу [18] або за табл. В.2 документу [46] або за положеннями відповідних будівельних норм за типами будівель і споруд;

$t_{з(i)}$  – розрахункова температура зовнішнього повітря, °С, приймається згідно з табл. 2 документу [61];

$\tau_i$  – протяжність періоду протягом якого визначається кількість втрат теплової енергії будівлею через огорожувальні конструкції, год;

$b$  – величина добавок до основних тепловтрат в залежності від орієнтації огорожувальної конструкції по сторонах світу, визначається за документом [60].

Визначення кількості витрати теплової енергії будівлею на інфільтрацію,  $q_{інф}$  в кВт·год, здійснюється за формулою документу [62]:

$$q_{інф} = \sum_{i=1}^{N_{\tau}} (1 - \eta_{рек}) \cdot c_{ін} \cdot m_{ін} \cdot (t_{в} - t_{з(i)}) \cdot \tau_i, \quad (2.3)$$

де  $\eta_{рек}$  – ефективність теплоутилізаційної установки, що визначають за результатами розрахунків відповідно до стандартів по системах вентиляції, за результатами випробувань, за паспортними даними на обладнання або на підставі значень, наведених в таблиці 5 документу [62];

$c_{ін}$  – теплоємність повітря, для спрощення приймається рівною 0,33 Вт·год/(м·К) за документом [62];

$t_e$  – задана температура внутрішнього повітря в будівлі протягом опалювального періоду, °С, визначається за проектними даними або за табл. 2.2 документу [18];

$t_{3(i)}$  – середньомісячна температура зовнішнього середовища протягом розрахункового і-го періоду, °С, визначається за даними табл. 2 документу [61];

$\tau_i$  – тривалість розрахункового і-го періоду, для якого проводиться розрахунок, год, визначена згідно з табл. А.1 з урахуванням табл. 3 документу [61];

$m_{in}$  – усереднена за часом витрата повітря від k-го елемента, м<sup>3</sup>/год, визначають за формулою:

$$q_{ve,k} = V_w \cdot n_{об}, \quad (2.4)$$

де  $V_w$  – вентиляований об'єм будинку, м<sup>3</sup>;

$n_{об}$  – середня кратність повітрообміну будинку за опалювальний період, год<sup>-1</sup>, визначено за методикою, викладено в розділі 5 [63].

Визначення кількості витрати теплової енергії через поверхню ізольованих трубопроводів внутрішньобудинкових систем опалення та гарячого водопостачання  $q_{вт}$  в кВт·год визначається за методикою, викладеною в документі [18] та обчислюємо за формулою:

$$q_{вт} = \sum_{i=1}^{N_{\tau}} \left( \sum_{j=1}^{N_{вт}} (q_j \cdot l_j) \cdot 3,6 \cdot 10^{-6} \cdot \beta \cdot k_2 \right) \cdot \tau_i, \quad (2.5)$$

де  $q_j$  – норма щільності теплового потоку із поверхні  $j$ -ї ділянки подаючого або зворотного ізольованого трубопроводу відповідного діаметра, в залежності від виду прокладки, Вт/м, (табл. Д.2.1-Д2.10 Додатку 2 документу [47]);

$l_j$  – довжина  $j$ -ї ділянки подаючого або зворотного ізольованого трубопроводу відповідного діаметру, м;

$\beta$  – коефіцієнт місцевих теплових втрат, який враховує теплові втрати арматури, опор і компенсаторів, (табл. 4 документу [47]);

$k_2$  – коефіцієнт, що враховує зміни норм щільності теплового потоку при використанні теплоізоляційного шару із пінополіуретану (табл. 3 до Додатку 8 документу [47]).

Визначення кількості витрати теплової енергії через поверхню неізолюваних трубопроводів внутрішньобудинкових систем опалення та ГВП,  $q_{\text{вт}}$  в кВт·год, визначаємо за методикою, викладеною в документі [64] та обчислюємо за формулою:

$$q_{\text{вт}} = \sum_{i=1}^{N_{\text{т}}} \left( \sum (k_{\text{вт}(j)} \cdot S_{\text{вт}(j)}) \cdot (t_{\text{вт}} - t_{\text{о.п.}}) \right) \cdot \tau_i, \quad (2.6)$$

де  $N_{\text{вт}}$  – кількість неізолюваних ділянок на трубопроводах внутрішньобудинкових систем опалення та ГВП, од.;

$k_{\text{вт}(i)}$  – коефіцієнт теплопровідності  $i$ -ї ділянки теплопроводу без теплової ізоляції,  $\text{м}^2 \cdot \text{°C} / \text{Вт}$ , визначається за методикою викладеною в документі [64];

$S_{\text{вт}(i)}$  – площа зовнішньої поверхні  $i$ -ї ділянки теплопроводу без ізоляції,  $\text{м}^2$ ;

$t_{\text{вт}}$  – усереднена температури теплоносія протягом розрахункового періоду,  $\text{°C}$ , визначається за температурним графіком роботи системи тепlopостачання;

$t_{\text{о.п.}}$  – температура оточуючого повітря біля теплопроводу без ізоляції протягом розрахункового періоду,  $\text{°C}$ , визначається за місцем виявлення пошкодження теплоізоляційного шару на трубопроводі системи тепlopостачання.

Визначення кількості витрати теплової енергії через зовнішню поверхню неізолюваних кожухотрубних теплообмінників систем ГВП,  $q_{\text{гвп}}$  в кВт·год, визначається за методикою, викладеною в документі [64] та обчислюємо з використанням формули:

$$q_{\text{гвп}} = \sum_{i=1}^{N_{\text{т}}} (k_{\text{гвп}} \cdot S_{\text{гвп}} \cdot (t_{\text{вт}} - t_{\text{о.п.}}) \cdot \tau_i), \quad (2.7)$$

де  $k_{\text{гвп}}$  – коефіцієнт теплопровідності зовнішньої поверхні неізолюваних кожухотрубних теплообмінників систем ГВП,  $\text{м}^2 \cdot \text{°C} / \text{Вт}$ , визначається за методикою викладеною в документі [64];

$S_{\text{гвп}}$  – площа зовнішньої поверхні неізолюваних кожухотрубних теплообмінників систем гарячого водопостачання,  $\text{м}^2$ .

Визначення кількості теплонадходжень до опалювального об'єму  $q_{\text{вд}}$ , кВт·год, визначаємо за методикою викладеною в документі [62] та обчислюємо за формулою:

$$q_{\text{вд}} = q_{\text{мб}} + q_{\text{ел}} + q_{\text{обл}} \quad (2.8)$$

де  $q_{\text{мб}}$  – внутрішній тепловий потік від людей, Вт/м<sup>2</sup>, визначається за даними, наведеними в табл. 6 документу [62];

$q_{\text{ел}}$  – внутрішній тепловий потік від системи освітлення, Вт/м<sup>2</sup>, визначається за даними наведеними в табл. 6 документу [62];

$q_{\text{обл}}$  – внутрішній тепловий потік від електроспоживаючого обладнання, Вт/м<sup>2</sup>, визначається за даними наведеними в табл. 6 документу [62].

Визначення кількості витрати теплової енергії через поверхню трубопроводів зовнішніх теплових мереж  $q_{\text{зт}}$ , кВт·год, визначається за методикою, викладеною в документу [64] та обчислюється за формулою:

$$q_{\text{зт}} = \sum_{i=1}^{N_{\text{т}}} \left( \sum_{j=1}^{N_{\text{зт}}} k_{\text{зт}(j)} \cdot S_{\text{зт}(j)} \right) \cdot (t_{\text{зт}} - t_{\text{з}(i)}) \cdot \tau_i, \quad (2.9)$$

де  $k_{\text{зт}(j)}$  – коефіцієнт теплопровідності  $j$ -ї ділянки теплопроводу, м<sup>2</sup>·°C/Вт, визначається за методикою, викладеною в документі [64];

$S_{\text{зт}(j)}$  – площа зовнішньої поверхні  $j$ -ї ділянки теплопроводу без ізоляції, м<sup>2</sup>.

**РФ 2.** *Визначення  $q_s$ .* Фактична річна питома енергопотреба будівлі  $q_s$ , кВт·год/м<sup>2</sup>, яка порівнюється з нормативною максимальною питомаю енергопотребою для відповідної будівлі –  $EP_{\text{max}}$  що наведена в табл. 1 документу [46], визначається за формулою:

$$q_s = \frac{q}{S_{\text{оп}}}, \quad (2.10)$$

де  $S_{\text{оп}}$  – опалювальна площа будівлі, м<sup>2</sup>.

Під час аналізу фактичного стану будівлі визначена розрахункова питома річна енергопотреба будівлі  $q_s$  має відповідати наступній умові  $q_s \leq EP_{\text{max}}$  відповідно до п. 5.1 документу [46]. У разі невиконання зазначеної умови має бути прийняте рішення щодо впровадження заходів які призводять до виконання зазначеної умови.

**РФ 3.** *Визначення  $m_n$  ( $v_n$ ).* Річна потреба у паливі  $m_n$  ( $v_n$ ), кг (м<sup>3</sup>), визначається за формулою:



$$m_{\text{п}} = m_{\text{п(т)}} + m_{\text{п(а)}}, \quad (2.11)$$

де  $m_{\text{п(т)}}$  – річна потреба в паливі, що витрачає традиційне джерело теплової енергії, кг ( $\text{м}^3$ );

$m_{\text{п(а)}}$  – річна потреба в паливі, що витрачає альтернативне джерело теплової енергії, кг ( $\text{м}^3$ ).

$$m_{\text{п(т)}} = \frac{q + q_{\text{зт}}}{q_{\text{н}}} \cdot \left( \frac{1 - \gamma_{\text{а}}}{\eta_{\text{т}}} \right), \quad (2.12)$$

де  $q_{\text{н}}$  – нижча теплота згоряння натурального палива, Вт/кг ( $\text{Вт/м}^3$ ), визначається для природного газу за «паспортом фізико-хімічних показників природного газу» оператора газотранспортної системи, а у випадку використання твердого палива – за даними наведеними в «сертифікаті якості» на партію палива від його постачальника.

$\gamma_{\text{а}}$  – частка теплової енергії, що виробляється альтернативними джерелами теплової енергії (ГКК та ТН);

$\eta_{\text{т}}$  – середнє значення ККД традиційного джерела тепла на відпуск ТЕ за розрахунковий період; приймається за даними режимної карти роботи традиційного джерела ТЕ за його середньорічною завантаженістю із врахуванням власних потреб самого джерела енергії.

$$m_{\text{п(а)}} = \frac{(q + q_{\text{зт}}) \cdot \gamma_{\text{а}}}{q_{\text{н}}} \cdot \left( \frac{\gamma_{\text{ГКК}}}{\eta_{\text{ГКК}}} + \frac{\gamma_{\text{ТН}} \cdot k_{\text{е/т}}}{\text{COP}} \right); \quad (2.13)$$

де  $\gamma_{\text{ГКК}}$  – частка від загального обсягу теплової енергії, виробленої альтернативними джерелами енергії, що виробляється ГКК;

$\eta_{\text{ГКК}}$  – середнє значення ККД газоконденсаційних котлів на відпуск ТЕ за розрахунковий період; приймається за даними режимної карти роботи ГКК із врахуванням власних потреб самого джерела енергії;

$\gamma_{\text{ТН}}$  – частка від загального обсягу ТЕ, виробленої альтернативними джерелами енергії, що виробляється ТН;

$k_{\text{е/т}}$  – коефіцієнт, що враховує співвідношення масових витрат палива на виробництво одиниці електричної та теплової енергії; приймається рівним 1,55 згідно з документом [65];

COP – коефіцієнт перетворення енергії у ТН за розрахунковий період, приймається відповідно до паспортних даних на ТН.

**РФ 4.** *Визначення  $m_{зр}$ .* Визначення річних викидів у атмосферу ЗР та парникових газів (вуглекислого газу – CO<sub>2</sub>, оксидів азоту – NO<sub>x</sub>) в кг, здійснюється відповідно до методик викладених в роботах [66-68] за формулою:

$$m_{зр} = 3,6 \cdot 10^{-6} \cdot k_{зр} \cdot (q + q_{зт}), \quad (2.14)$$

де  $k_{зр(i)}$  – коефіцієнт емісії ЗР, г/ГДж, який залежить від виду палива та визначається за даними наведеними в методиці, викладеній в [68]. Значення  $k_{CO_2}$  наведено в табл.Д.20 [68];  $k_{CO}$  наведено в табл.Д.19 [68];  $k_{NO_x}$  наведено в табл.Д.8 [68];  $k_{N_2O}$  наведено в табл.Д.21 [68];  $k_{CH_4}$  наведено в табл.Д.22 [68];  $k_{HMLOR}$  наведено в табл.Д.23 [68]. Наприклад для природного газу:  $k_{CO_2} = 15,3 \cdot 10^3$  г/ГДж;  $k_{NO_x} = 95,0$  г/ГДж. У разі можливості бажано виконувати індивідуальні виміри емісії забруднюючих речовин.

**РФ 5.** *Визначення  $c_n$  ( $c_m$ ).* Річна потреба у фінансових ресурсах для сплати за спожите паливо, грн, визначається за формулою:

$$c_{п} = s_{п} \cdot m_{п}, \quad (2.15)$$

де  $s_{п}$  – питома вартість палива що споживається, грн/м<sup>3</sup> (грн/кг) із НДС [70, 71].

Річна потреба у фінансових ресурсах на сплату за спожите тепло, грн, визначається за формулою:

$$c_{т} = s_{т} \cdot q, \quad (2.16)$$

де  $s_{т}$  – питома вартість ТЕ, що споживається, грн/кВт із НДС [72].

**РФ 6.** *Визначення  $P$ .* Інтегральне значення параметру  $p$  за довгостроковий період  $t_e$ , визначається за формулою:

$$P = p \cdot t_e \quad (2.17)$$

де  $p$  – узагальнене річне позначення еколого-економічних параметрів об'єкту досліджень –  $q$ ,  $q_s$ ,  $m_{п}$  ( $v_{п}$ ),  $m_{зр}$  та  $c_{п}$  ( $c_{т}$ );

$t_e$  – значення тривалості періоду довгострокової оцінки ефективної експлуатації ЕЕЗ, років.

Введення узагальненого позначення параметрів  $p$  дозволяє спростити

аналіз результатів досліджень ефективності ЕЕЗ та прийняття рішення щодо їх впровадження.

При визначенні величини  $t_e$  враховуються такий як усереднений термін ефективної експлуатації ЕЕЗ. Проведено аналіз нормативних та експлуатаційних значень строків ефективної експлуатації основних матеріалів та обладнання, які використовуються у відповідних запропонованих до впровадження ЕЕЗ [46, 69, 73-76]. Зазначені строки ефективної експлуатації ЕЕЗ коливаються в межах  $15 \div 50$  років. В даній роботі було прийнято в якості усередненого значення даного показника період у 25 років.

## 2.2 Методика оцінки річної ефективності рекомендованих до впровадження енергоефективних заходів

Для оцінки річної ефективності рекомендованих до впровадження ЕЕЗ використовується «Методика В», яка представлена на рис. 2.1 та складається із розрахункових фрагментів 7-12.

**РФ 7.** *Визначення  $\Delta p$ .* Абсолютне зменшення параметрів  $p$  (абсолютний ефект) (розмірність  $p$  визначається розмірністю відповідного еколого-економічного параметру об'єкту досліджень) та визначається за формулою:

$$\Delta p_3 = p_{1(3)} - p_{2(3)} \quad (2.18)$$

де  $p_{1(3)}$  – початкове значення параметру  $p$  до впровадження ЕЕЗ;

$p_{2(3)}$  – значення параметру  $p$  після впровадження ЕЕЗ.

**РФ 8.** *Визначення  $\overline{\Delta p}_3$ .* Відносне зменшення параметрів  $p$  (відносний ефект), визначається за формулою:

$$\overline{\Delta p}_3 = \frac{\Delta p_3}{p_1} \quad (2.19)$$

Показник  $\overline{\Delta p}_3$  характеризує узагальнений еколого-економічний ефект від впровадження ЕЕЗ в безрозмірній формі, тому він є зручною характеристикою для одночасного оцінювання різних ефектів.

**РФ 9.** *Визначення  $C_3$ .* Визначення вартості ЕЕЗ виконується на основі

аналізу усереднених ринкових пропозицій.

**РФ 10.** *Визначення  $T_{з(ок)}^p$ .* Розрахунковий термін окупності заходу, в роках, визначається за формулою:

$$T_{з(ок)}^p = \frac{C_3}{\Delta c_3}, \quad (2.20)$$

де  $\Delta c_3$  – економічний ефект від впровадження  $i$ -го заходу, грн.

Для реалізації прийнятого рішення щодо доцільності впровадження  $i$ -го ЕЕЗ в математичному апараті розрахункового комплексу введено коефіцієнт доцільності реалізації  $i$ -го заходу ( $I_3$ ).

Реалізація прийнятого рішення відбувається присвоєнням коефіцієнту  $I_3$  значень 0 або 1 за наступними правилами:

при  $T_{з(ок)}^p > 12,5$  років  $\rightarrow$  рішення: захід впроваджувати не доцільно  $\rightarrow I_3 = 0$ ;

при  $T_{з(ок)}^p \leq 12,5$  років  $\rightarrow$  рішення: захід впроваджувати доцільно  $\rightarrow I_3 = 1$ .

**РФ 11.** *Визначення  $\bar{e}_3$ .* Коефіцієнтів значимості етапів розраховується за формулою:

$$\bar{e}_3 = \frac{\Delta p_3}{\sum_{i=1}^{NP_3} \Delta p_{з(i)}}, \quad (2.21)$$

де  $NP_3$  – кількість рекомендованих до впровадження ЕЕЗ.

Значення  $\bar{e}_3$  дозволяють оцінити відносний внесок кожного заходу що впроваджується, в загальний еколого-економічний ефект від реалізації всіх ЕЕЗ.

**РФ 12.** *Визначення  $NP_3$ .* Номер пріоритетності ЕЕЗ який впорядковує процес поетапного їх впровадження визначається наступним чином. Першим по пріоритетності є захід із мінімальним терміном окупності, тобто:

$$\text{Min} \{T_{з(ок)}^p\} \rightarrow NP_3 = 1 \quad (2.22)$$

для всіх інших заходів визначення номеру пріоритетності здійснюється за допомогою виразу:

$$T_{з(ок)}^p (NP_3 + 1) > T_{з(ок)}^p (NP_3). \quad (2.23)$$

Таким чином пріоритетність заходів зменшується із зростанням термінів їхньої окупності.

## 2.3 Методика визначення параметрів та оцінка ефективності процедури ПРВ ЕЕЗ

**Методика С1. Визначення параметрів та оцінка річної ефективності процедури ПРВ ЕЕЗ.** «Методика С1», яка представлена на рис. 2.1 та складається із розрахункових фрагментів 13-19.

**РФ 13.** Визначення  $\Delta p_{\text{ет}}$  і  $\Delta p_{\text{пр}}$ . Абсолютні зменшення параметрів  $p$  в результаті виконання етапів процедури ПРВ ЕЕЗ і процедури в цілому визначаються за формулами:

$$\Delta p_{\text{ет}} = \sum_{i=1}^{N_3(\text{ет})} \Delta p_{3-i}, \quad (2.24)$$

$$\Delta p_{\text{пр}} = \sum_{j=1}^3 \Delta p_{\text{ет}-j}, \quad (2.25)$$

де,  $\Delta p_{3-i}$  – абсолютне зменшення параметру  $p$  в результаті реалізації  $i$ -го ЕЕЗ;  
 $\Delta p_{\text{ет}-j}$  – абсолютне зменшення параметру  $p$  в результаті реалізації  $j$ -го етапу.

**РФ 14.** Визначення  $\overline{\Delta p}_{\text{ет}}$  і  $\overline{\Delta p}_{\text{пр}}$ . Відносні зменшення параметрів  $p$  в результаті виконання етапів процедури ПРВ ЕЕЗ і процедури в цілому визначаються за формулами:

$$\overline{\Delta p}_{\text{ет}} = \frac{\Delta p_{\text{ет}}}{p_1}, \quad (2.26)$$

$$\overline{\Delta p}_{\text{пр}} = \frac{\Delta p_{\text{пр}}}{p_1}. \quad (2.27)$$

**РФ 15.** Визначення  $C_{\text{ет}}^n$  і  $C_{\text{пр}}^n$ . Повні вартості етапів та або процедури ПРВ ЕЕЗ, грн, визначаються за формулами:

$$C_{\text{ет}}^n = \sum_{i=1}^{N_3(\text{ет})} C_{3-i}, \quad (2.28)$$

$$C_{\text{пр}}^n = \sum_{j=1}^3 C_{\text{ет}-j}, \quad (2.29)$$

де  $C_{3-i}$  – вартість  $i$ -го ЕЕЗ, грн;

$C_{\text{ет-}j}^{\text{п}}$  – повна вартість  $j$ -го етапу, процедури ПРВ ЕЕЗ, грн.

**РФ 16.** Визначення  $T_{\text{ет(ок)}}^{\Phi}$  ( $T_{\text{ет(п)}}$ ). Значення фактичних термінів окупності етапів процедури ПРВ ЕЕЗ (періодів початка реалізації етапів), роки, визначаються за допомогою виразів (рис.2.2):

$$T_{\text{ет(ок)}}^{\Phi} = f\left(T_{\text{ет(п)}}, T_{\text{ет(ок)}}^{\text{р}}, \Delta c_{\text{ет}}, k_{\text{ет(а)}}\right), \quad (2.30)$$

$$T_{\text{ет(п)}} = f\left(T_{\text{ет(ок)}}^{\Phi}, T_{\text{ет(ок)}}^{\text{р}}, \Delta c_{\text{ет}}, k_{\text{ет(а)}}\right), \quad (2.31)$$

які, в залежності від етапу впровадження ЕЕЗ, представляють собою формули:

$$T_{\text{ет-II(ок)}}^{\Phi} = \frac{\Delta c_{\text{ет-II}} \cdot T_{\text{ет-II(ок)}}^{\text{р}} - k_{\text{ет-II(а)}} \cdot \Delta c_{\text{ет-I}} \cdot (T_{\text{ет-II(п)}} - T_{\text{ет-I(ок)}}^{\Phi})}{k_{\text{ет-II(а)}} \cdot \Delta c_{\text{ет-I}} + \Delta c_{\text{ет-II}}}, \quad (2.32)$$

$$T_{\text{ет-III(ок)}}^{\Phi} = \frac{\Delta c_{\text{ет-III}} \cdot T_{\text{ет-III(ок)}}^{\text{р}} - k_{\text{ет-III(а)}} \cdot (\Delta c_{\text{ет-I}} + \Delta c_{\text{ет-II}}) \cdot (T_{\text{ет-III(п)}} - T_{\text{ет-II(п)}} - T_{\text{ет-II(ок)}}^{\text{р}})}{k_{\text{ет-III(а)}} \cdot (\Delta c_{\text{ет-I}} + \Delta c_{\text{ет-II}}) + \Delta c_{\text{ет-III}}}, \quad (2.33)$$

$$T_{\text{ет-II(п)}} = \frac{\Delta c_{\text{ет-II}} \cdot (T_{\text{ет-II(ок)}}^{\text{р}} - T_{\text{ет-II(ок)}}^{\Phi})}{k_{\text{ет-II(а)}} \cdot \Delta c_{\text{ет-I}}} - (T_{\text{ет-II(ок)}}^{\Phi} - T_{\text{ет-I(ок)}}^{\Phi}), \quad (2.34)$$

$$T_{\text{ет-III(п)}} = \frac{\Delta c_{\text{ет-III}} \cdot (T_{\text{ет-III(ок)}}^{\text{р}} - T_{\text{ет-III(ок)}}^{\Phi})}{k_{\text{ет-III(а)}} \cdot (\Delta c_{\text{ет-I}} + \Delta c_{\text{ет-II}})} - (T_{\text{ет-III(ок)}}^{\Phi} - T_{\text{ет-II(п)}} - T_{\text{ет-II(ок)}}^{\Phi}). \quad (2.35)$$

де  $k_{\text{ет-}i(\text{а})}$  – коефіцієнт, відносного ступеню акумуляції коштів на етапі від попередньо реалізованого економічного ефекту.

Значення фактичного терміну окупності процедури ПРВ ЕЕЗ визначаються за формулою:

$$T_{\text{пр}}^{\Phi} = T_{\text{ет-III(п)}} + T_{\text{ет-III(ок)}}^{\Phi}. \quad (2.36)$$

**РФ 17.** Визначення  $\bar{e}_{\text{ет}}$ . Відносний коефіцієнт значимості етапів визначається в долях одиниці за формулою:

$$\bar{e}_{\text{ет}} = \frac{\Delta p_{\text{ет}}}{\Delta p_{\text{пр}}}. \quad (2.37)$$

Значення  $\bar{e}_{\text{ет}}$  дозволяють оцінити відносний внесок кожного етапу що впроваджується, в загальний еколого-економічний ефект від реалізації всіх ЕЕЗ.

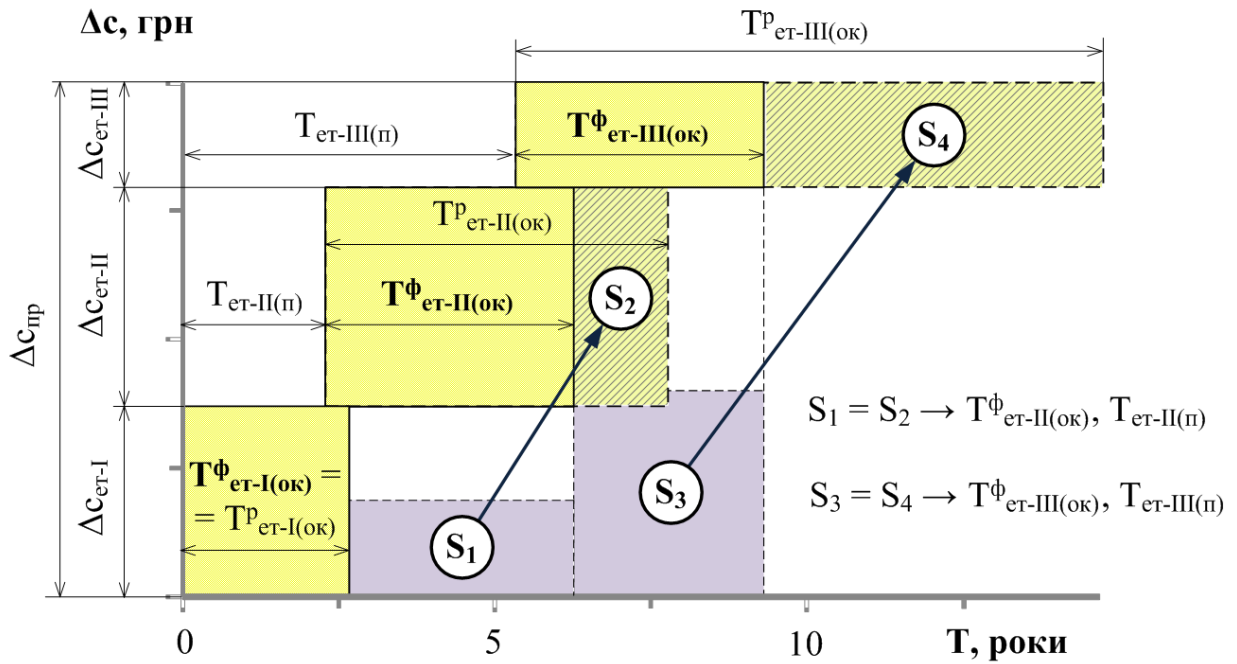


Рисунок 2.2 – Визначення параметрів процедури ПРВ ЕЕЗ –  $T_{ет(ок)}$ ,  $T_{ет(п)}$ ,  $T_{ет(ок)}$

**РФ 18.** Визначення  $C_{ет}^{ін}$  і  $C_{пр}^{ін}$ . Визначення обсягів інвестиційних ресурсів, грн, потрібних для реалізації етапів процедури ПРВ ЕЕЗ та процедури в цілому здійснюється за формулами:

$$C_{ет}^{ін} = \Delta c_{ет} \cdot T_{ет(ок)}^{\phi}, \quad (2.38)$$

$$C_{пр}^{ін} = \sum_{j=1}^3 C_{етj}^{ін}. \quad (2.39)$$

**РФ.19.** Визначення  $\bar{R}_{ет}^{ін}$  і  $\bar{R}_{пр}^{ін}$ . Визначення відносних внесків інвестиційних ресурсів у вартість етапів процедури ПРВ ЕЕЗ та процедури в цілому здійснюється за формулами:

$$\bar{R}_{ет(ін)} = \frac{C_{ет}^{ін}}{C_{ет}^{п}}, \quad (2.40)$$

$$\bar{R}_{пр(ін)} = \frac{C_{пр}^{ін}}{C_{пр}^{п}}. \quad (2.41)$$

### Методика С2. Оцінка довгострокової ефективності процедури ПРВ ЕЕЗ.

«Методика С2», представлена на рис. 2.1 та складається із розрахункових

фрагментів 20-26.

**РФ 20.** *Визначення  $\Delta P_{\text{ет}}$  і  $\Delta P_{\text{пр}}$ .* Значення абсолютних зменшень  $P$  в результаті реалізації етапів процедури ПРВ ЕЕЗ та процедури в цілому визначаються за формулами:

$$\Delta P_{\text{ет}} = \Delta p_{\text{ет}} \cdot (t_{\text{ет}}^{\text{сп}} - T_{\text{ет}(\text{п})}), \quad (2.42)$$

де  $T_{\text{ет}(\text{п})}$  – період початку впровадження етапу, роки;

$$\Delta P_{\text{пр}} = \sum_{j=1}^3 \Delta P_{\text{ет-j}}. \quad (2.43)$$

**РФ 21.** *Визначення  $P_{\text{ет}}$  і  $P_{\text{пр}}$ .* Абсолютні значення  $P$  після реалізації етапів процедури ПРВ ЕЕЗ та процедури в цілому визначаються за формулами:

$$P_{\text{ет-j}} = P_1 - \sum_{i=1}^j \Delta P_{\text{ет-i}}, \quad (2.44)$$

$$P_{\text{пр}} = P_1 - \Delta P_{\text{пр}}. \quad (2.45)$$

**РФ 22.** *Визначення  $\overline{\Delta P}_{\text{ет}}$  і  $\overline{\Delta P}_{\text{пр}}$ .* Визначення відносних зменшень  $P$  в результаті реалізації етапів процедури ПРВ ЕЕЗ та процедури в цілому здійснюється за формулами:

$$\overline{\Delta P}_{\text{ет}} = \frac{\Delta P_{\text{ет}}}{P_1}, \quad (2.46)$$

$$\overline{\Delta P}_{\text{пр}} = \frac{\Delta P_{\text{пр}}}{P_1}. \quad (2.47)$$

**РФ 23.** *Визначення  $\overline{P}_{\text{ет}}$  і  $\overline{P}_{\text{пр}}$ .* Відносні значення  $P$  після реалізації етапів процедури ПРВ ЕЕЗ та процедури в цілому визначаються за формулами:

$$\overline{P}_{\text{ет-j}} = 1 - \sum_{i=1}^j \overline{\Delta P}_{\text{ет-i}}, \quad (2.48)$$

$$\overline{P}_{\text{пр}} = 1 - \overline{\Delta P}_{\text{пр}}. \quad (2.49)$$

**РФ 24.** *Визначення  $\Delta C_{\text{ет}}^3$  і  $\Delta C_{\text{пр}}^3$ ,* Значення абсолютних зменшень загального економічного ефекту етапів процедури ПРВ ЕЕЗ та процедури в цілому, грн, визначаються за формулами:

$$\Delta C_{\text{ет}}^3 = \Delta C_{\text{ет}} - C_{\text{ет}}^{\text{п}}, \quad (2.50)$$



$$\Delta C_{\text{пр}}^3 = \Delta C_{\text{пр}} - C_{\text{пр}}^{\text{п}}. \quad (2.51)$$

**РФ 25.** Визначення  $\overline{\Delta C}_{\text{ет}}^3$  і  $\overline{\Delta C}_{\text{пр}}^3$ . Визначення відносних зменшень загального економічного ефекту етапів процедури ПРВ ЕЕЗ та процедури в цілому здійснюється за формулами:

$$\overline{\Delta C}_{\text{ет}}^3 = \frac{\Delta C_{\text{ет}}^3}{C_1}, \quad (2.52)$$

$$\overline{\Delta C}_{\text{пр}}^3 = \frac{\Delta C_{\text{пр}}^3}{C_1}, \quad (2.53)$$

де  $C_1$  – річна потреба у фінансових ресурсах на сплату енергоносіїв при поточному стані об'єкту досліджень, грн;

$\Delta C_{\text{ет}}^3$  ( $\Delta C_{\text{пр}}^3$ ) – зменшення повної вартості етапу (процедури), грн.

**РФ 26.** Визначення  $\overline{\Delta E}_{\text{ет}}^{\text{д}}$  і  $\overline{\Delta E}_{\text{ет}}^{\text{е}}$ . Коефіцієнти довгострокової екологічної та економічної значимості етапів визначаються за формулами:

$$\overline{E}_{\text{ет}}^{\text{д}} = \frac{\Delta P_{\text{ет}}}{\Delta P_{\text{пр}}}, \quad (2.54)$$

$$\overline{E}_{\text{ет}}^{\text{е}} = \frac{\Delta C_{\text{ет}}^3}{\Delta C_{\text{пр}}^3}, \quad (2.55)$$

де  $\overline{E}_{\text{ет}}^{\text{д}}$  – коефіцієнт довгострокової екологічної значимості етапів;

$\overline{E}_{\text{ет}}^{\text{е}}$  – коефіцієнт довгострокової економічної значимості етапів.

## Висновок до розділу 2

Створено методологію ПРВ ЕЕЗ в ТС «виробник-споживач ТЕ», яка є теоретичною базою для проведення комплексу досліджень з оцінювання еколого-економічного стану об'єкту досліджень, багатокритеріальної оцінки ефективності рекомендованих до впровадження ЕЕЗ та визначення параметрів і оцінки річної та довгострокової еколого-економічної ефективності окремих етапів процедури ПРВ ЕЕЗ та процедури в цілому.

### РОЗДІЛ 3

## ПРОГРАМНИЙ КОМПЛЕКС ДЛЯ ДІАГНОСТИКИ ЕКОЛОГО-ЕКОНОМІЧНОГО СТАНУ НО, ВИЗНАЧЕННЯ ПАРАМЕТРІВ ТА ОЦІНКИ ЕФЕКТИВНОСТІ ПРОЦЕДУРИ ПРВ ЕЕЗ

Даний розділ призначений опису програмного комплексу «раціональне впровадження ЕЕЗ» (ПК), розробленого в процесі виконання дисертаційної роботи.

Для практичної реалізації методології ПРВ ЕЕЗ, представленої в другому розділі, на базі табличного редактору Microsoft Office Excel розроблено ПК, який дозволяє проводити такі дослідження:

- оцінки теплотехнічного та еколого-економічного стану досліджуваної технічної системи «виробник-споживач ТЕ»;
- оцінки еколого-економічної ефективності ЕЕЗ, рекомендованих до за результатами енергоаудиту;
- визначення параметрів процедури ПРВ ЕЕЗ та багатокритеріальна оцінка її річної та довгострокової ефективності.

ПК складається з трьох модулів – інформаційного, розрахункового та модулю результатів досліджень, опис яких наведено нижче (рис. 3.1).

Інформаційний модуль ПК призначено для внесення початкової інформації, що описує існуючий стан об'єктів дослідження та дозволяє визначити технічні та еколого-економічні показники об'єктів дослідження. Також в інформаційному модулі виконується етап відбору ЕЕЗ, виходячи із індивідуальних властивостей об'єктів дослідження, та вноситься інформація, яка дозволяє виконати обрахунок запропонованих до реалізації ЕЕЗ.

Розрахунковий модуль призначений для розрахунку всіх перелічених в Методиках А, В та С параметрів та складається з трьох компонентів: методології ПРВ ЕЕЗ; методик викладених в довідковій та нормативній документації [39, 46, 61-68] та керівництв з проектування систем теплопостачання із ТН та ГС [77-81].



Рисунок 3.1 – Структура програмного комплексу для визначення параметрів та оцінки ефективності процедури ПРВ ЕЕЗ

Модуль результатів призначений для висвітлення результатів обчислень у докладній формі у вигляді таблиць, графіків та діаграм, та в формі інформаційної карти, де наведені найважливіші із отриманих параметрів для спрощення аналізу отриманих результатів.

### **3.1 Інформаційний модуль ПК**

Інформаційний модуль ПК призначений для внесення потрібної аналітичної інформації про початковий стан досліджуваної ТС «виробник-споживач ТЕ» (далі об'єкт досліджень), та дозволяє визначити теплотехнічні і еколого-економічні показники цієї системи, а також зробити обґрунтовані висновки про фактичний рівень її енергоефективності.

Для внесення інформації про об'єкт досліджень розроблено комплекс інтерактивних таблиць (табл. И.1 – И.11 Додатку И), в яких зеленим кліром відзначено комірки призначені для заповнення користувачем (рис. 3.2, 3.3).

В ПК реалізовано часткову автоматизацію вводу даних за рахунок використання випадючих списків, що пов'язані із довідковими та нормативними даними; це дозволяє підвищити швидкість внесення даних і, за рахунок впровадження функцій IF, OR, AND та VLOOKUP, частково спростити роботу із нормативною та довідковою базами. У разі відсутності деяких даних про об'єкт досліджень відповідні комірки не заповнюються і, в разі потреби, в них автоматично вносяться довідкові дані відповідно до будівлі об'єкту досліджень.

Під час планування та обґрунтування впровадження ЕЕЗ визначається їхня загальна вартість, що складається з показників вартості матеріали та роботи по проектуванню і монтажу. Ці показники визначаються на основі аналізу усереднених ринкових пропозицій з використанням математичного апарату обробки статистичних даних [97].

№ п/п	Назва параметру	Значення параметру
1	2	3
1	Назва об'єкта	Будівля Краснокутської гімназії
2	Призначення будівлі	Будівлі навчальних закладів
3	Регіон, в якому здійснюються розрахунки	Готелі поверховістю 10 і більше
4	Номер температурної зони України	Будівлі навчальних закладів
5	Температура теплоносія в подаючому трубопроводі при розрахунковій температурі зовнішнього повітря	Будівлі дитячих дошкільних закладів
6	Температура теплоносія в зворотньому трубопроводі при розрахунковій температурі зовнішнього повітря	Будівлі закладів охорони здоров'я
7	Температура теплоносія в подаючому трубопроводі системи гарячого водопостачання	Ресторани
		Спортивні заклади
		Будівлі культурно-розважальних закладів та дозвільних
		Інші види будівель

№ п/п	Тип приміщень	Режим використання, год/тиждень	Площа, м <sup>2</sup>	Нормована температура в даному типі приміщення, °С	Тимчасове пропонуємо зниження температури на, °С
1	2	3	4	5	6
1					
2					
3					
4					
5					

№ п/п	Тип огорожуючої конструкції	Площа поверхні, м <sup>2</sup>	Коментарі до огорожуючих конструкцій	Характеристика існуючих огорожуючих конструктивних елементів (розрахункові хар-ки в умовах експлуатації)		Коефіцієнт теплопередачі при наявному конструктиві, Вт/(м <sup>2</sup> *°С)	2.6-31:2016 [2] коеф. теплопередачі має бути Вт/(м <sup>2</sup> *°С)
				Матеріал огорожуючих конструкцій	Товщина, м		
1	2	3	4	5	6	7	8
1	Сумішені покриття кондиціонованого об'єму, що межують з сусідніми приміщеннями	2610,3	Суміщені покриття №1)	Руберойд, пергамін 1000 кг/м <sup>3</sup>	0,040	1,17	0,17
2				Руберойд, пергамін 1000 кг/м <sup>3</sup>	0,150		
3				Мембрана ПВХ 1000 кг/м <sup>3</sup>	0,230		
4				Пароізоляційна плівка 1600 кг/м <sup>3</sup>			
5				Лінолеум полівінілхлоридний на теплоізоляційній підоснові 1600 кг/м <sup>3</sup>			
6				Лінолеум полівінілхлоридний на теплоізоляційній підоснові 1800 кг/м <sup>3</sup>			
7				Лінолеум полівінілхлоридний на тканинній основі 1400 кг/м <sup>3</sup>			
	Лінолеум полівінілхлоридний на тканинній основі 1600 кг/м <sup>3</sup>						
	Лінолеум полівінілхлоридний багат шаровий та одношаровий без підоснов						

Рисунок 3.2 – Фрагменти інформаційного модулю ПК з відомостями про джерела теплопостачання

№ п/п	Найменування параметру	Одиниці виміру	Значення
1	2	3	4
1	Питома норма витрати умовного палива на відпуск теплової енергії існуючого постачальника тепла	кг.у.п./Гкал	
2	Фактичний відсоток втрат тепла в теплових мережах існуючого постачальника тепла	%	
3	Паспортний ККД котла, що пропонується до впровадження, при середньозваженому річному навантаженні	%	
4	Калорійний еквівалент по природному газу за попередній звітний період		
5	Вартість природного газу	грн./тис.м <sup>3</sup>	9 393,18
6	Вартість активної електроенергії	грн./кВт*год	3,00
7	Вартість супутніх матеріалів та основного обладнання при впровадженні запланованого заходу	грн.	

№ п/п	Найменування параметру	Сі-чень	Лю-тий	Бере-зень	Кві-тень	Тра-вень	Чер-вень	Ли-пень	Сер-пень	Вер-есень	Жов-тень	Лис-топад	Гру-день
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
1	Регіон, для якого здійснюються розрахунки	Харків											
2	Значення питомої середньомісячної теплопродуктивності сонячних колекторів в існуючій кліматичній зоні E <sub>с</sub> , Вт*год/(м <sup>2</sup> *день)	1,19	2,02	3,05	3,92	5,38	5,46	5,56	4,88	3,49	2,10	1,19	0,90
3	Загальна площа колекторів обраного типу що працюють протягом місяця, м <sup>2</sup>												
4	ККД сонячного колектору												
5	Тип обрані секції сонячного колектора												

№ п/п	Найменування параметру	Значення параметру
1	2	3
1	Регіон, для якого здійснюються розрахунки	Харків
2	Тип обраного теплового насосу	Харків
3		Асканія-Нова
		Генічеськ
		Херсон
		Хмельницький
		Золотоноша
		Умань
		Черкаси
4	Вартість впровадження обраного типу теплового насосу (обладнання, роботи по монтажу) з ПДВ, грн.	
5	Розрахункова потужність обраного теплового насосу, кВт	
6	Споживання електроенергії обладнанням при номінальній тепловій потужності	
7	Потужність, яка витрачається допоміжним обладнанням обраного типу теплового насосу N <sub>п</sub> , кВт	

Рисунок 3.3 – Фрагменти інформаційного модулю ПК з відомостями про джерела тепlopостачання

До табл. И.1 вносяться загальні дані про об'єкт досліджень, а саме:

– географічне розташування з використанням даних документу [61] (у списку що випадає, вибирається назва населеного пункту або найближчий населений пункт);

– загальні опалювальні об'єм та площа (приймаються за індивідуальними проектними даними, за даними технічної інвентаризації будівлі або, в разі відсутності зазначених документів – за результатами безпосередніх вимірювань з вирахуванням вимоги розділу 3 документу [62]);

– середня фактична температура внутрішнього повітря в будівлі (приймається за індивідуальними проектними даними або за профільними по призначенню ДБН або, у разі відсутності зазначених документів – за документом [49]);

– діючі тарифи на теплову та електричну енергію від джерел, до яких приєднано об'єкт досліджень; тип джерела теплової енергії (індивідуальна котельня або централізоване теплозабезпечення);

– тип палива на якому працює джерело теплової енергії та теплотворна здатність зазначеного палива (теплотворна здатність приймається за звітними даними постачальника палива, у разі відсутності приймаються довідкові дані [18]);

– фактичний рівень втрат тепла в теплових мережах існуючого постачальника ТЕ у разі централізованого теплопостачання (приймається за звітними даними постачальника ТЕ; у разі індивідуального теплопостачання від вбудованого або прибудованого джерел – не враховується);

– фактична середньорічна питома норма витрати умовного палива на відпуск теплової енергії існуючого джерела ТЕ (приймається за звітними даними постачальника ТЕ: у разі індивідуального теплопостачання від вбудованого або прибудованого джерел – не враховується);

– фактичні показники емісії ЗР існуючого джерела ТЕ (визначаються за допомогою газоаналізаторів під час обстеження або у разі відсутності цих даних,

- використовуються розрахункові значення відповідно до типу палива що використовується за табл. Д.8-Д.23 [68]);

– максимально прийнятний рівень окупності ЕЕЗ (використовується рекомендоване значення 12,5 років);

Додатково можуть бути задані: бажаний рівень викидів ЗР об'єкту досліджень, бажаний рівень питомої енергопотреби на опалення будівлі або бажаний клас енергетичної ефективності будівлі відповідно до [82]. У разі відсутності даної інформації, за замовчуванням задається граничне значення питомого енергоспоживання при опаленні та охолодженні житлових та громадських будівель відповідно до [82].

До табл. И.2 вносяться помісячні фактичні дані по об'єкту досліджень за попередній річний період, а саме: фактичні обсяги споживання тепла на гаряче водопостачання; фактичні обсяги споживання тепла на опалення; фактична температура внутрішнього повітря; фактична температура зовнішнього повітря. Зазначена інформація необхідна для аналізу отриманих після розрахунків результатів, що описують еколого-енергетичний стан об'єкту досліджень, які порівнюються із фактичними даними для перевірки достовірності даних, що заносяться до таблиць И.1, И.3, И.6, И.7.

До табл. И.3 вносяться вихідні дані для еколого-енергетичної оцінки фактичного стану ОК елементів опалювального об'єму об'єкту досліджень: зовнішніх стін, перекриттів, покрівель, світлопрозорих ОК, зовнішніх дверей (зазначається їх площа, виміряна за внутрішніми розмірами відповідно до розділу 8 документу [62]) з врахуванням їх орієнтації по сторонах світу; також вказується назва матеріалів, з яких складаються відповідні огорожувальні конструкції, товщини цих матеріалів та додаються за табл. Б.3 [46] дані щодо їхньої теплопровідності в умовах експлуатації (у разі відсутності даних щодо фактичної теплопровідності матеріалів приймається довідкове значення відповідно до табл. А.1 [69]). За результатами заповнення даних в табл. И.3 напроти кожного з видів зовнішніх ОК відображається автоматично розрахований фактичний опір теплопередачі. Після внесення необхідних даних виконується порівняння



отриманого значення опору теплопередачі ОК з його мінімально допустимим значенням що відповідає табл. 1 [46]. За результатами порівняння у разі перевищення фактичного значення опору теплопередачі над регламентованим приймається рішення щодо впровадження заходу по термомодернізації відповідної зовнішньої ОК.

В табл. И.4 виконується планування параметрів термомодернізованої конструкції для реалізації заходів по утепленню зовнішніх огорожувальних конструкцій будівлі. В таблиці за передбаченим випадочим списком вибирається тип будівельних матеріалів, якими утеплюється відповідна ОК (перелік яких наведено в табл. А.1 документу [69]) та вноситься прогнозоване значення обраного утеплювача. За рахунок впровадження оператора VLOOKUP із допоміжної довідкової таблиці вноситься відповідне до вибраного типу матеріалу ОК значення коефіцієнту теплопередачі та визначається розрахункове значення опору теплопередачі ОК. Отримане розрахункове значення порівнюється з відповідним мінімально допустимим значенням опору теплопередачі ОК, наведеними в таблиці И.4 навпроти кожного із видів ОК (згідно з табл. 1 документу [46] із врахуванням допущень п. 5.2.2 документу [46]). У разі отримання незадовільного значення приведенного опору теплопередачі виконується корегування або матеріалу або товщини утеплювача. Загальна вартість утеплення зовнішніх огорожувальних конструкцій будівлі визначається поелементно за результатами аналізу ринкових наявних пропозицій.

До табл. И.5 вносяться вихідні дані для опису заходу по впровадженню технології «Smart house» по управлінню режимами опалення приміщень будівлі. Цей захід реалізується шляхом встановлення приладів автоматичного регулювання потоку теплоносія на кожному нагрівальному приладі системи опалення; у разі наявності в опалювальному приміщенні більше одного нагрівального приладу передбачається встановлення кімнатного модулю керування зазначеними нагрівальними приладами. До таблиці вносяться дані про добові теплові режими приміщень з врахуванням їхнього призначення;

вказуються значення площі приміщень, нормованих температур в даному типі приміщень, рівень зниження нормованої температури, що пропонується для даного типу приміщень та терміни такого зниження протягом тижня. Також вказується загальна вартість впровадження системи керування тепловими режимами опалення приміщень за необхідності враховується вартість реконструкції системи опалення для можливості встановлення приладів регулювання.

До табл. И.6 вносяться вихідні дані для еколого-енергетичної оцінки та реалізації заходу по проведенню реконструкції системи вентиляції із впровадженням приладів рекуперації та автоматизованого управління, а саме: тип рекуператора; тепловий ККД; номінальна продуктивність рекуператора обраного типу; кількість рекуператорів обраного типу; загальна вартість рекуператорів.

До табл. И.7 вносяться вихідні дані для еколого-енергетичної оцінки та реалізації заходу по проведенню термомодернізації внутрішньобудинкових трубопроводів системи опалення або загального теплопостачання (за наявності індивідуального приготування гарячої води в індивідуальному тепловому пункті). До таблиці вносяться дані по виявленим ділянкам, на яких відсутня теплова ізоляція або ізольовані ділянки з недостатнім рівнем теплового захисту (для цього проводиться вимірювання фактичної температури поверхні ізоляції), а саме: тип трубопроводу, подаючий або зворотній; тип прокладання трубопроводу та термін його роботи протягом року і тип їх опор; зовнішній діаметр та довжина ділянки трубопроводу; матеріал теплової ізоляції; фактичні температури на поверхні ізоляції та її товщина; фактична температура оточуючого повітря та температури теплоносія. Для ділянок без теплової ізоляції передбачається захід по їх утепленню сучасними скарлуповими системами утеплення, для недостатньо ізольованих ділянок рішення по утепленню приймається за результатами проведених розрахунків теплового потоку з зовнішньої поверхні ізольованих ділянок, значення якого

порівнюється із нормами щільності теплового потоку, наведеними в табл. Д.2.1-Д.2-10 Додатку Д.2 [18].

До табл. И.8 вносяться дані для еколого-енергетичної оцінки та реалізації заходу по проведенню термомодернізації запірної арматури на внутрішньобудинкових трубопроводах системи опалення та загального теплопостачання. В таблицю вносяться дані по виявленій запірній арматурі з відсутнім шаром теплової ізоляції, а саме: кількість та умовний діаметр неутепленої арматури; тип трубопроводу на якому встановлена не ізольована запірна арматура, подаючий чи зворотній; тип прокладання ділянки та термін її роботи протягом року. Розрахунок виконується через еквівалентне значення щільності теплового потоку відповідної довжини ізольованого трубопроводу того ж діаметру, що й не ізольована запірна арматура відповідно до табл. 3.5 [18].

До табл. И.9 вносяться вихідні дані для еколого-енергетичної оцінки та реалізації заходу по заміні, у разі необхідності, існуючого газовикористовуючого обладнання на енергоефективні газові конденсаційні котли. Для виконання розрахунків у таблицю необхідно ввести еколого-енергетичні показники більш ефективного обладнання, що пропонується до впровадження; питома норма витрати умовного палива на відпуск теплової енергії при його роботі на середньозваженому річному навантаженні (що відповідає потребі в теплозабезпеченні об'єкту досліджень); вартості природного газу та активної електроенергії відповідно до діючих тарифів; вартість супутніх матеріалів та основного обладнання при впровадженні запланованого заходу.

До табл. И.10 вносяться вихідні дані для еколого-енергетичної оцінки та реалізації заходу по впровадженню додаткового альтернативного джерела теплопостачання – геліосистеми. До таблиці вносяться наступні дані: обраний тип сонячного колектору; площа однієї секції; тепловий ККД; вартість однієї секції сонячного колектору, вартість основних та супутніх матеріалів та робіт по монтажу геліосистеми. Кількість сонячних колекторів визначається автоматично за умови повного покриття фактичної потреби в гарячому водопостачанні, із округленням отриманого значення в більшу сторону. Значення середньомісячних годинних

рівнів сонячної радіації за середніх умов хмарності в існуючій кліматичній зоні визначається автоматично на основі вказаної в таблиці И.1 інформації щодо місця розташування об'єкту досліджень.

До табл. И.11 вносяться вихідні дані для еколого-енергетичної оцінки та реалізації заходу по впровадженню в якості основного джерела теплопостачання теплового насосу, а саме: тип обраного ТН; розрахункова потужність обраного ТН; характеристичні функції потужності енергогенеруючого обладнання в залежності від температури зовнішнього повітря; характеристичні функції коефіцієнту перетворення енергії в залежності від температури зовнішнього повітря; електрична потужність, яка витрачається допоміжним обладнанням до обраного типу ТН; додаткове джерело теплопостачання (використовується після переходу за точки бівалентності визначені відповідно до [78]); вартість впровадження обраного типу теплового насосу.

В ПК передбачено врахування результатів інструментального контролю котельнь та оцінки їх впливу на довкілля. Якщо такі дані відсутні, то в розрахунках використовуються довідкові дані щодо показників емісії ЗР в атмосферне повітря згідно Збірнику показників емісії забруднюючих речовин в атмосферне повітря [68].

Результати вказаних досліджень буди отримані в ході виконання НДР [89, 90] та висвітлені в роботах [88, 93].

На рис. 3.4 представлені результати експериментального відпрацювання технології екологічного діагностування котельнь та оцінки їх впливу на атмосферу урбанізованих територій. Такими результатами є:

- відпрацювання нормованих методик [83-85] визначення швидкості, витрати та газового складу димових газів котельні (досліджено газо-мазутного котла ДКВР 20/13 ст.№ 2 парової котельні розташованої в м. Харків);
- відпрацювання технології лабораторного аналізу проб атмосферного повітря, відібраних на урбанізованих територіях з працюючими котельними;
- відпрацювання методики розрахунку розсіювання викидів ЗР від групи котельнь з використанням програмного пакету ЕОЛ 2000h [87].

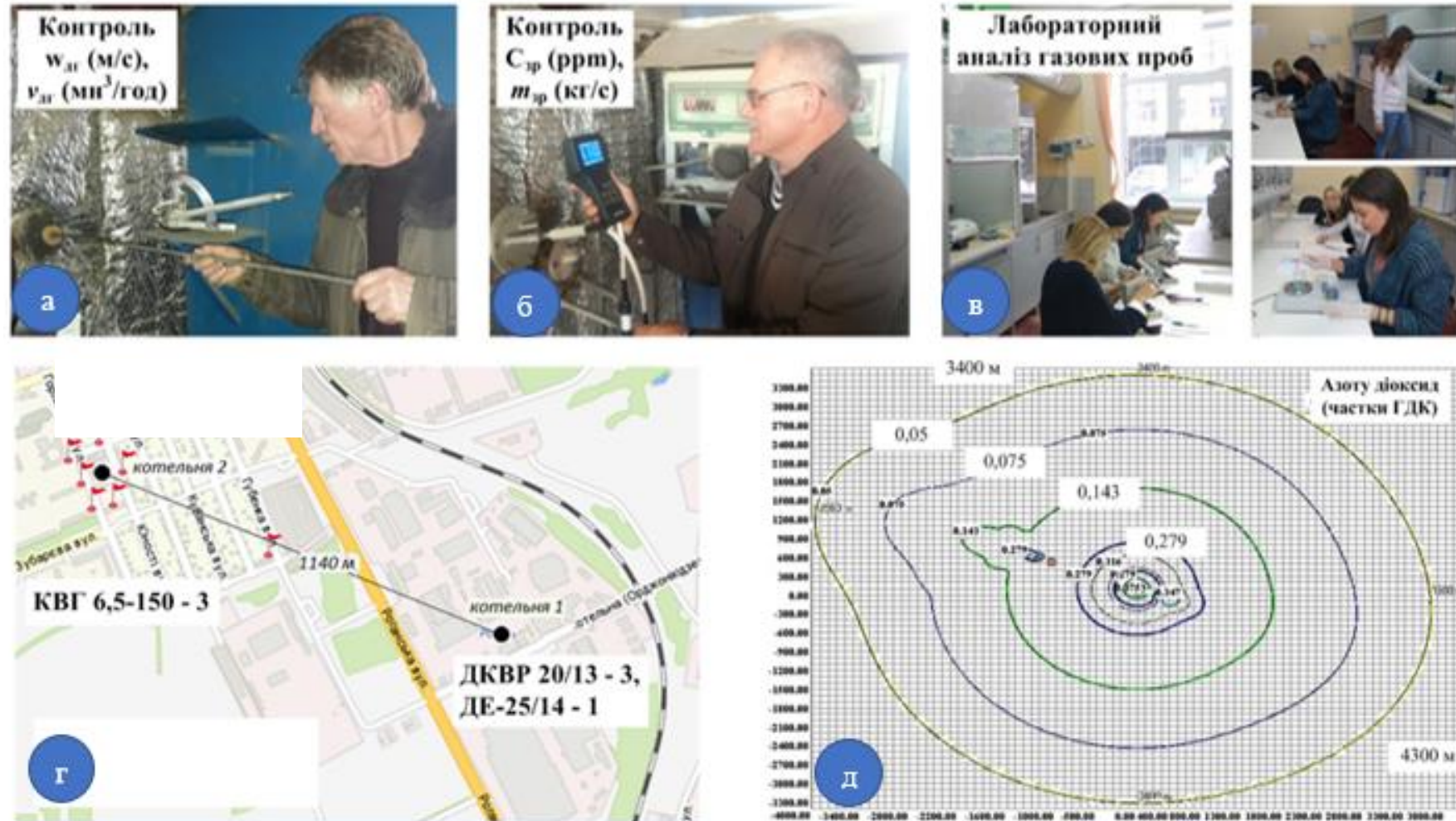


Рисунок 3.4 – Результати експериментального відпрацювання екологічної діагностики котельнь та оцінки їх впливу на довкілля: а) визначення швидкості димових газів; б) визначення складу димових газів; в) лабораторного аналізу проб; г) схема розташування досліджуваної групи котельнь; д) оцінка розсіювання викидів ЗР у атмосферу.

### 3.2 Розрахунковий модуль ПК

Розрахунковий модуль ПК призначений для обчислення всіх параметрів, що визначаються у відповідності до методик А, В і С та методології ПРВ ЕЕЗ описаної в другому розділі. При цьому розрахунки проводяться у відповідності до вимог нормативних документів [18, 34, 36, 60, 62, 63, 68, 69], та керівництвах з проектування систем теплопостачання із ТН та ГС [77-81, 91, 92].

Розрахунок теплового балансу об'єкту досліджень здійснюється у відповідності вимог ДСТУ 9190:2022 [62] із врахуванням наступних факторів:

- географічного розташування об'єкту досліджень (в розрахунках приймаються кліматологічні дані за [61], а саме: температури зовнішнього повітря, термін опалювального періоду, швидкість вітру, середньомісячний рівень сонячних теплонадходжень, та ін.);

- фактичного стан термічного опору ОК;

- фактору наявності або відсутності теплоутилізаційного обладнання в системі припливно-витяжної вентиляції;

- фактору наявності або відсутності приладів керування режимами опалення приміщень;

- фактичного стан теплової ізоляції на внутрішньобудинкових трубопроводах системи загального теплопостачання, систем опалення та гарячого водопостачання;

- типу застосованого джерела теплопостачання;

- обсягу сонячних теплонадходжень (за даними документу [61]) відповідно до місця розташування об'єкту досліджень.

Для контролю достовірності введених даних що описують фактичний стан об'єкту досліджень, проводиться порівняння результатів розрахунку теплового балансу у вигляді показників щомісячних та річного теплоспоживання з відповідними фактичними даними.

Після цього виконується порівняння отриманих значень приведенного опору теплопередачі ОК із нормативними мінімально допустимими значеннями,

приведеними в документі [46].

Наступним етапом розрахунків є планування комплексу ЕЕЗ впровадження яких дозволяє:

- довести фактичне значення опорів теплопередачі ОК до регламентованих мінімально допустимих значень;
- зменшити (в разі потреби) тепловтрати не ефективної системи вентиляції використанням припливно-витяжної системи із автоматизованим теплоутилізаційним обладнанням;
- зменшити теплоспоживання впровадженням приладів керування тепловими режимами приміщень об'єкту досліджень;
- забезпечити потрібний рівень теплової ізоляції на внутрішньобудинкових трубопроводах системи загального тепlopостачання, систем опалення та гарячого водopостачання відповідно до вимог документу [47];
- виконати модернізацію існуючого джерела тепlopостачання шляхом впровадження альтернативних джерел енергії – енергоефективних ГКК з підвищеним ККД і оптимізованим контролем процесу згоряння палива, геліосистем, що покривають потреби в гарячому водopостачанні та можуть бути використані в комбінованих системах опалення та ТН які здатні забезпечити потреби систем опалення та гарячого водopостачання.

Розрахунки виконуються згідно з методиками, наведеними в розділі 2.1.

### **3.3 Модуль результатів досліджень**

Модуль результатів досліджень призначений для представлення результатів комплексних розрахункових досліджень ТС «виробник-споживач ТЕ», проведених відповідно до методології ПРВ ЕЕЗ, у вигляді підсумкових таблиць, діаграм, рисунків, тощо. При цьому користувач КП отримує наступну інформацію:

- результати оцінки поточного теплотехнічного та еколого-економічного стану об'єкту досліджень (до впровадження ЕЕЗ);

- перелік рекомендованих до впровадження ЕЕЗ з вказанням номерів їх пріоритетності;
- результати ефективності ЕЕЗ: показники індивідуальних та сумарного екологічного, економічного та узагальненого ефектів;
- параметри процедури ПРВ ЕЕЗ: порядок розподілу ЕЕЗ за етапами I-III, терміни впровадження кожного етапу, фактичні вартості та терміни окупності етапів та процедури в цілому;
- параметри процедури ОКВ ЕЕЗ: фактичні вартості та термін окупності цієї процедури;
- результати багатокритеріальної оцінки ефективності процедури ПРВ ЕЕЗ: показники річних та довгострокових екологічного, економічного та узагальненого ефектів, які порівнюються з відповідними показниками процедури ОКВ ЕЕЗ;
- інформаційні карти з результатами порівняльної оцінки ефективності процедур ПРВ та ОКВ ЕЕЗ, на основі яких можуть прийматись аргументовані оптимальні технічні рішення щодо фактичного впровадження комплексу рекомендованих ЕЕЗ.

### **Висновок до розділу 3**

Створено програмний комплекс «Раціональне впровадження ЕЕЗ», на базі якого можуть проводитись такі дослідження: оцінка теплотехнічного і еколого-економічного стану ТС «»; оцінка ефективності ЕЕЗ, рекомендованих до впровадження за результатами енергоаудиту (при цьому забезпечена можливість оцінки ефективності таких ЕЕЗ: термомодернізація ОК будівлі, внутрішніх та зовнішніх трубопроводів, застосування «розумних систем опалення, комбінованих систем теплопостачання з альтернативними джерелами енергії та ін.); визначення параметрів та багатокритеріальна оцінка річної та довгострокової ефективності процедури ПРВ ЕЕЗ.



## РОЗДІЛ 4

### ВІДПРАЦЮВАННЯ МЕТОДОЛОГІЇ ПОЕТАПНОГО РАЦІОНАЛЬНОГО ВПРОВАДЖЕННЯ ЕЕЗ В ТС «ВИРОБНИК-СПОЖИВАЧ ТЕ» НА НАТУРНИХ ОБ'ЄКТАХ

Створена методологія ПРВ ЕЕЗ в ТС «виробник-споживач ТЕ» була відпрацьована в ході досліджень групи з 5-ти натурних об'єктів (НО), які належали до сфери освіти та являли собою ТС, що складались з різних за рівнем енергоефективності будівель та різних за типом і видом застосовуваного палива систем теплопостачання. При виборі НО були забезпечені поліваріантність складу досліджуваних ТС та виска репрезентативність результатів досліджень. Дослідження НО були проведені протягом 2021 року. Вартості енергоресурсів та ЕЕЗ були визначені станом на 01.11.2021 року.

До складу обраної групи НО увійшли:

НО №1 – фрагмент будівлі навчального корпусу Харківського національного університету міського господарства імені О.М. Бекетова (ХНУМГ ім. О.М. Бекетова) з централізованою системою теплопостачання, основним паливом для якої є природний газ;

НО №2 – будівля №1 Мурафського ліцею Краснокутської селищної ради Богодухівського району Харківської області з автономною системою теплопостачання, основним паливом для якої є природний газ;

НО №3 – будівля №2 Мурафського ліцею Краснокутської селищної ради Богодухівського району Харківської області з автономною системою теплопостачання, основним паливом для якої є дров'яні пелети;

НО №4 – будівля Краснокутського ліцею №1 Краснокутської селищної ради Богодухівського району Харківської області з централізованою системою теплопостачання, основним паливом для якої є природний газ;

НО №5 – будівля Комунального закладу «Харківський обласний Палац дитячої та юнацької творчості» з централізованою системою теплопостачання, основним паливом для якої є природний газ.

Таблиця 4.1 – Результати оцінки поточного еколого-економічного стану НО №1-5

НО	Характеристика НО			Річні показники - р						Довгострокові показники - Р				
	Тип системи т/пост. *	Вид палива **	S <sub>оп.</sub> , тис. м <sup>2</sup>	q, МВт·год	q <sub>s.</sub> , (кВт·год/м <sup>2</sup> )	m <sub>п</sub> (v <sub>п</sub> ), т(тис.м <sup>3</sup> )	m <sub>CO2</sub> , т	m <sub>NOx</sub> , кг	c <sub>п</sub> (c <sub>т</sub> ), тис. грн	Q, ГВт·год	M <sub>п</sub> (V <sub>п</sub> ), т(тис.м <sup>3</sup> )	M <sub>CO2</sub> , т	M <sub>NOx</sub> , т	C <sub>п</sub> (C <sub>т</sub> ) млн. грн.
НО №1	Ц	ПГ	0,238	48,8	205	6,50	3,45	21,45	68,7	1,22	162,5	86,36	0,54	1,72
НО №2	А	ПГ	1,503	514,6	342	62,3	33,1	205,6	585,3	12,86	1558	827,7	5,14	14,63
НО №3	А	ТП	0,785	193,7	247	60,0	30,7	218,5	426,0	4,84	1500	768,4	5,46	10,65
НО №4	Ц	ПГ	6,005	1612	269	214,9	114,2	709,1	2272	40,31	5373	2855	17,7	56,79
НО №5	Ц	ПГ	15,16	2256	149	261,6	139,0	863,1	2457	56,40	6540	3475	21,6	61,43

\* А- автономне опалення; Ц – централізоване опалення; \*\* ПГ - природний газ, ТП – тверде паливо.

НО №1 – Фрагмент корпусу АК ХНУМГ ім. О.М. Бекетова



НО №2 – Будівля 1 ОШ с. Мурафа Харківська обл.



НО №3 – Будівля 2 ОШ с. Мурафа Харківська обл.



НО №4 – Краснокутський ліцей ім. І.Н. Нестерова, Харківська обл.



НО №5 – КП ХПДЮТ м. Харків



Рисунок 4.1 – Загальний вигляд НО для проведення досліджень

В ході відпрацювання методології ПРВ ЕЕЗ в ТС «виробник-споживач ТЕ» на базі кожного НО проведено комплекс досліджень за наступними напрямками:

- оцінка поточного еколого-економічного стану досліджуваних НО;
- оцінка ефективності ЕЕЗ рекомендованих до впровадження на НО;
- визначення параметрів та оцінка ефективності процедури ПРВ ЕЕЗ;

Нижче представлені результати виконання даного комплексу досліджень.

#### **4.1 Оцінка поточного еколого-економічного стану досліджуваних натурних об'єктів**

Відповідно до методики А, представленої в підрозділі 2.1, проведено оцінку поточного еколого-економічного стану 5-ти обраних для досліджень НО. Результати досліджень приведені у табл. 4.1 і на рис. 4.1.

**Результати багатокритеріальної оцінки показників поточного екологічного стану НО№1** є такими:

- за критерієм енергоефективності: питома річна потреба у тепловій енергії –  $q_s$  складає 205 (кВт·год)/м<sup>2</sup>, що у 1,95 разів перевищує відповідний усереднений показник для країн групи А із найкращим рівнем енергоефективності будівель сфери освіти (див. рис. 1.5); доступний для реалізації потенціал енергоефективності будівлі (ПЕБ) складає 49%, його реалізація дозволяє зменшити річну потребу будівлі у тепловій енергії –  $q$  з 48,8 до 24,9 МВт·год, або на 23,9 МВт·год;

- за критерієм ресурсоефективності: річна потреба досліджуваного НО у паливі – природному газі складає 6,5 тис.м<sup>3</sup>; реалізація ПЕБ дозволяє зменшити цей показник до 3,3 тис.м<sup>3</sup> або на 3,2 тис.м<sup>3</sup>;

- за критерієм середовищезахистного ефекту: річні викиди у атмосферне повітря CO<sub>2</sub> і NO<sub>x</sub> при виробленні теплової енергії становить:  $m_{CO_2} = 3,45$  т та  $m_{NO_x} = 21,5$  кг; реалізація ПЕБ дозволяє зменшити ці показники до 1,76 т та 11,0 кг або на 1,69 т та 10,5 кг, відповідно.

Показник річних економічних витрат НО№1 на забезпечення потреби в тепловій енергії -  $C_T$  складає 68,7 тис.грн. Реалізація ПЕБ дозволяє зменшити цей показник до 35,0 тис.грн. або на 33,7 тис.грн. Результати відпрацювання методу багатокритеріального оцінювання ефективності енергозберігаючих заходів для об'єктів комунальної сфери на прикладі НО№1 висвітлені в [52, 53, 93, 101, 102].

**Результати багатокритеріальної оцінки показників поточного екологічного стану НО№2** є такими:

– за критерієм енергоефективності: питома річна потреба у тепловій енергії –  $q_s$  складає 342 (кВт·год)/м<sup>2</sup>, що у 3,3 разів перевищує відповідний усереднений показник для країн групи А; доступний для реалізації ПЕБ складає 69%, його реалізація дозволяє зменшити річну потребу будівлі у тепловій енергії –  $q$  з 514,6 до 158 МВт·год, або на 356,6 МВт·год;

– за критерієм ресурсоефективності: річна потреба досліджуваного НО у паливі – природному газі складає 62,3 тис.м<sup>3</sup>; реалізація ПЕБ дозволяє зменшити цей показник до 19,1 тис.м<sup>3</sup> або на 43,2 тис.м<sup>3</sup>;

– за критерієм середовищезахистного ефекту: річні викиди у атмосферне повітря CO<sub>2</sub> і NO<sub>x</sub> при виробленні теплової енергії становить:  $m_{CO_2} = 33,1$  т та  $m_{NO_x} = 205,6$  кг; реалізація ПЕБ дозволяє зменшити ці показники до 10,2 т та 63,1 кг або на 22,9 т та 142,5 кг, відповідно. Результати екологічного впливу НО№2 на довкілля отримані індивідуальною діагностикою та висвітлені в [94].

Показник річних економічних витрат НО№2 на забезпечення потреби в тепловій енергії -  $C_T$  складає 585,3 тис.грн. Реалізація ПЕБ дозволяє зменшити цей показник до 179,7 тис.грн. або на 405,6 тис.грн.

**Результати багатокритеріальної оцінки показників поточного екологічного стану НО№3** є такими:

– за критерієм енергоефективності: питома річна потреба у тепловій енергії –  $q_s$  складає 247 (кВт·год)/м<sup>2</sup>, що у 2,4 рази перевищує відповідний усереднений показник для країн групи А; доступний для реалізації ПЕБ складає 57%, його реалізація дозволяє зменшити річну потребу будівлі у тепловій енергії –  $q$  з 193,7 до 82,3 МВт·год, або на 111,4 МВт·год;

– за критерієм ресурсоефективності: річна потреба досліджуваного НО у паливі – природному газі складає 60,0 тис.м<sup>3</sup>; реалізація ПЕБ дозволяє зменшити цей показник до 25,5 тис.м<sup>3</sup> або на 34,5 тис.м<sup>3</sup>;

– за критерієм середовищезахисного ефекту: річні викиди у атмосферне повітря CO<sub>2</sub> і NO<sub>x</sub> при виробленні теплової енергії становлять: m<sub>CO2</sub> = 30,7 т та m<sub>NOx</sub> = 218,5 кг; реалізація ПЕБ дозволяє зменшити ці показники до 13,1 т та 92,9 кг або на 17,6 т та 125,6 кг, відповідно.

Показник річних економічних витрат НО№3 на забезпечення потреби в тепловій енергії - C<sub>T</sub> складає 426,0 тис.грн. Реалізація ПЕБ дозволяє зменшити цей показник до 181,1 тис.грн. або на 244,9 тис.грн.

**Результати багатокритеріальної оцінки показників поточного екологічного стану НО№4 є такими:**

– за критерієм енергоефективності: питома річна потреба у тепловій енергії – q<sub>s</sub> складає 269 (кВт·год)/м<sup>2</sup>, що у 2,6 разів перевищує відповідний усереднений показник для країн групи А; доступний для реалізації ПЕБ складає 61%, його реалізація дозволяє зменшити річну потребу будівлі у тепловій енергії – q з 1612 до 629 МВт·год, або на 983 МВт·год;

– за критерієм ресурсоефективності: річна потреба досліджуваного НО у паливі – природному газі складає 214,9 тис.м<sup>3</sup>; реалізація ПЕБ дозволяє зменшити цей показник до 83,9 тис.м<sup>3</sup> або на 131,0 тис.м<sup>3</sup>;

– за критерієм середовищезахисного ефекту: річні викиди у атмосферне повітря CO<sub>2</sub> і NO<sub>x</sub> при виробленні теплової енергії становлять: m<sub>CO2</sub> = 114,2 т та m<sub>NOx</sub> = 709,1 кг; реалізація ПЕБ дозволяє зменшити ці показники до 44,6 т та 276,8 кг або на 69,6 т та 432,3 кг, відповідно.

Показник річних економічних витрат НО№4 на забезпечення потреби в тепловій енергії - C<sub>T</sub> складає 2272 тис.грн. Реалізація ПЕБ дозволяє зменшити цей показник до 886,8 тис.грн. або на 1385,2 тис.грн.

**Результати багатокритеріальної оцінки показників поточного екологічного стану НО№5 є такими:**

– за критерієм енергоефективності: питома річна потреба у тепловій

енергії –  $q_s$  складає 149 (кВт·год)/м<sup>2</sup>, що у 1,4 разів перевищує відповідний усереднений показник для країн групи А; доступний для реалізації ПЕБ складає 30%, його реалізація дозволяє зменшити річну потребу будівлі у тепловій енергії –  $q$  з 2256 до 1590 МВт·год, або на 666 МВт·год;

– за критерієм ресурсоефективності: річна потреба досліджуваного НО у паливі – природному газі складає 261,6 тис.м<sup>3</sup>; реалізація ПЕБ дозволяє зменшити цей показник до 184,3 тис.м<sup>3</sup> або на 77,3 тис.м<sup>3</sup>;

– за критерієм середовищезахистного ефекту: річні викиди у атмосферне повітря CO<sub>2</sub> і NO<sub>x</sub> при виробленні теплової енергії становлять:  $m_{CO_2} = 139,0$  т та  $m_{NO_x} = 863,1$  кг; реалізація ПЕБ дозволяє зменшити ці показники до 98,0 т та 608,2 кг або на 41,0 т та 254,9 кг, відповідно.

Показник річних економічних витрат НО№5 на забезпечення потреби в тепловій енергії -  $C_T$  складає 2457,0 тис.грн. Реалізація ПЕБ дозволяє зменшити цей показник до 1731,4 тис.грн. або на 725,6 тис.грн.

Таким чином результати багатокритеріальної оцінки поточного еколого-економічного стану НО№1-5 свідчать про наявність у кожного досліджуваного об'єкту суттєвого доступного для реалізації ПЕБ, який складає 30-69% і може бути реалізований в результаті впровадження ЕЕЗ. Результати відпрацювання методу багатокритеріального оцінювання ефективності енергозберігаючих заходів для об'єктів комунальної сфери на прикладі НО№5 висвітлені в [53, 54, 93, 98, 99, 100].

#### **4.2 Оцінка ефективності ЕЕЗ рекомендованих до впровадження на НО**

Відповідно до методики В, представленої в підрозділі 2.2, проведено оцінку річної ефективності ЕЕЗ рекомендованих до впровадження на НО №1 – №5. Результати цих досліджень представлені у табл. 4.2 – 4.6.

**Аналіз результатів оцінки ефективності ЕЕЗ, рекомендованих для впровадження на НО №1, свідчить про наступне (див. табл. 4.2):**

– підтверджено доцільність впровадження 5-ти ЕЕЗ, які були розподілені

за номерами пріоритетності і етапами процедури ПРВ ЕЕЗ наступним чином:  
*заходи I етапу:* термомодернізація крівлі –  $TM_{ок(к)}$  (NP = 1) та модернізація системи вентиляції будівлі із впровадженням теплообмінних апаратів (рекуператорів) –  $M_{св}$  (NP = 2); *захід II етапу:* термомодернізація зовнішніх світлогороджуючих конструкцій (вікон) –  $TM_{ок(в)}$  (NP = 3); *заходи III етапу:* термомодернізація зовнішніх стін –  $TM_{ок(с)}$  (NP = 4) та впровадження альтернативного джерела теплової енергії теплового насосу –  $AT_{(тн)}$  (NP = 5);

– заходи I-го етапу мають наступні вартості –  $C_3$ , розрахункові терміни окупності –  $T_{р(ок)}$  та значимості –  $e_3$ : *захід  $TM_{ок(к)}$*  – 29,5 тис. грн., 1,8 років та 28 % відповідно; *захід  $M_{св}$*  – 22,3 тис. грн., 3,5 років та 11 %, відповідно;

– захід II-го етапу – *захід  $TM_{ок(в)}$*  характеризується наступними значеннями величин  $C_3$ ,  $T_{р(ок)}$  та  $e_3$ : 58,9 тис. грн., 5,7 років та 18%, відповідно;

– заходи III-го етапу характеризуються наступними значеннями величин  $C_3$ ,  $T_{р(ок)}$  та  $e_3$ : *захід  $TM_{ок(с)}$*  – 98,6 тис. грн., 7,3 років та 23% відповідно; *захід  $AT_{(тн)}$*  – 143,5 тис. грн., 12,5 років та 20%, відповідно.

Повна реалізація впровадження всіх рекомендованих для НО №1 заходів за процедурою ОКВ ЕЕЗ дозволяє досягти річний узагальнений еколого-економічний ефект  $\Delta p = 0,85$  при вартості і терміні окупності процедури  $C_{пр} = 353$  тис. грн. та  $T_{пр} = 6,0$  років.

**Аналіз результатів оцінки ефективності ЕЕЗ, рекомендованих для впровадження на НО №2, свідчить про наступне (див. табл. 4.3):**

– підтверджено доцільність впровадження 8-ми ЕЕЗ, які були розподілені за номерами пріоритетності і етапами процедури ПРВ ЕЕЗ наступним чином:  
*заходи I етапу:* термомодернізація внутрішньобудинкових трубопроводів систем опалення –  $TM_{т(в)}$  (NP = 1) і модернізація котельні шляхом провадження газоконденсаційного котла –  $AT_{(гкк)}$  (NP = 2); *заходи II етапу:* термомодернізація крівлі –  $TM_{ок(к)}$  (NP = 3), термомодернізація зовнішніх трубопроводів систем опалення –  $TM_{т(з)}$  (NP = 4) і термомодернізація зовнішніх світлогороджуючих конструкцій –  $TM_{ок(в)}$  (NP = 5); *заходи III етапу:* термомодернізація зовнішніх

дверей –  $TM_{ок(д)}$  (NP = 6), термомодернізація зовнішніх стін –  $TM_{ок(с)}$  (NP = 7) та термомодернізація підлоги першого поверху –  $TM_{ок(п)}$  (NP = 8);

– заходи I-го етапу характеризуються наступними значеннями величин  $C_3$ ,  $TP_{з(ок)}$  та  $e_3$ : *захід*  $TM_{m(в)}$  – 95,2 тис. грн., 1,5 років та 13% відповідно; *захід*  $AT_{(зкк)}$  – 549,1 тис. грн., 3,3 років та 33%, відповідно;

– заходи II-го етапу характеризуються наступними значеннями величин  $C_3$ ,  $TP_{з(ок)}$  та  $e_3$ : *захід*  $TM_{ок(к)}$  – 313,7 тис. грн., 4,2 років та 15% відповідно; *захід*  $TM_{m(з)}$  – 66,9 тис. грн., 5,0 років та 3% відповідно; *захід*  $TM_{ок(в)}$  – 426,9 тис. грн., 7,8 років та 11%, відповідно;

– заходи III-го етапу характеризується наступними значеннями величин  $C_3$ ,  $TP_{з(ок)}$  та  $e_3$ : *захід*  $TM_{ок(д)}$  – 35,8 тис. грн., 11,7 років та 1% відповідно; *захід*  $TM_{ок(с)}$  – 1146,0 тис. грн., 12,3 років та 19% відповідно; *захід*  $TM_{ок(п)}$  – 427,7 тис. грн., 12,4 років та 7%, відповідно.

Повна реалізація впровадження всіх рекомендованих для НО №2 заходів за процедурою ОКВ ЕЕЗ дозволяє досягти річний узагальнений еколого-економічний ефект  $\Delta p = 0,85$  при вартості і терміні окупності процедури  $C_{пр} = 3061,0$  тис. грн. та  $T_{пр} = 6,0$  років.

**Аналіз результатів оцінки ефективності ЕЕЗ, рекомендованих для впровадження на НО №3, свідчить про наступне (див. табл. 4.4):**

– підтверджено доцільність впровадження 6-ти ЕЕЗ, які були розподілені за номерами пріоритетності і етапами процедури ПРВ ЕЕЗ наступним чином: *заходи I етапу*: модернізація системи вентиляції будівлі –  $M_{св}$  (NP = 1) і термомодернізація крівлі –  $TM_{ок(к)}$  (NP = 2); *заходи II етапу*: термомодернізація підлоги першого поверху –  $TM_{ок(п)}$  (NP = 3) і термомодернізація зовнішніх стін –  $TM_{ок(с)}$  (NP = 4); *заходи III етапу*: термомодернізація зовнішні двері –  $TM_{ок(д)}$  (NP = 5) та використання альтернативного джерела теплової енергії теплового насосу –  $AT_{(тн)}$  (NP = 6);

– заходи I-го етапу характеризуються наступними значеннями величин  $C_3$ ,  $TP_{з(ок)}$  та  $e_3$ : *захід*  $M_{св}$  – 80,3 тис. грн., 1,5 років та 14% відповідно; *захід*  $TM_{ок(к)}$  – 179,3 тис. грн., 2,2 років та 21%, відповідно;



– заходи II-го етапу характеризуються наступними значеннями величин  $C_3$ ,  $T_{p_{з(ок)}}$  та  $e_3$ : *захід*  $TM_{ок(n)}$  – 235,0 тис. грн., 5,9 років та 11% відповідно; *захід*  $TM_{ок(c)}$  – 672,6 тис. грн., 8,0 років та 22%, відповідно;

– заходи III-го етапу характеризуються наступними значеннями величин  $C_3$ ,  $T_{p_{з(ок)}}$  та  $e_3$ : *захід*  $TM_{ок(d)}$  – 23,4 тис. грн., 9,6 років та 1% відповідно; *захід*  $AT_{(mn)}$  – 1115,6 тис. грн., 12,2 років та 31%, відповідно.

Повна реалізація впровадження всіх рекомендованих для НО №3 заходів за процедурою ОКВ ЕЕЗ дозволяє досягти річний узагальнений еколого-економічний ефект  $\Delta p = 0,895$  при вартості і терміні окупності процедури  $C_{пр} = 2306,0$  тис. грн. та  $T_{пр} = 6,5$  років.

**Аналіз результатів оцінки ефективності ЕЕЗ, рекомендованих для впровадження на НО №4, свідчить про наступне (див. табл. 4.5):**

– підтверджено доцільність впровадження 7-ти ЕЕЗ, які були розподілені за номерами пріоритетності і етапами процедури ПРВ ЕЕЗ наступним чином: *заходи I етапу*: термомодернізація внутрішньобудинкових трубопроводів систем опалення –  $TM_{т(в)}$  (NP = 1), модернізація системи гарячого водопостачання –  $M_{гвп}$  (NP = 2) і термомодернізація огорожувальних конструкцій – підлоги –  $TM_{ок(п)}$  (NP = 3); *заходи II етапу*: термомодернізація огорожувальних конструкцій – зовнішніх стін –  $TM_{ок(c)}$  (NP = 4) і термомодернізація огорожувальних конструкцій – крівлі –  $TM_{ок(к)}$  (NP = 5); *заходи III етапу*: термомодернізація огорожувальних конструкцій – вікон –  $TM_{ок(в)}$  (NP = 6) і термомодернізація огорожувальних конструкцій – зовнішніх дверей –  $TM_{ок(д)}$  (NP = 7);

– заходи I-го етапу характеризуються наступними значеннями величин  $C_3$ ,  $T_{p_{з(ок)}}$  та  $e_3$ : *захід*  $TM_{m(e)}$  – 86,8 тис. грн., 0,5 років та 13% відповідно; *захід*  $M_{звп}$  – 135,0 тис. грн., 3,1 років та 3% відповідно; *захід*  $TM_{ок(n)}$  – 1175,1 тис. грн., 3,8 років та 21%, відповідно;

– заходи II-го етапу характеризуються наступними значеннями величин  $C_3$ ,  $T_{p_{з(ок)}}$  та  $e_3$ : *захід*  $TM_{ок(c)}$  – 1972,0 тис. грн., 5,0 років та 27% відповідно; *захід*  $TM_{ок(к)}$  – 1488,9 тис. грн., 5,9 років та 17%, відповідно;

– заходи III-го етапу характеризуються наступними значеннями величин  $C_3$ ,  $T_{з(ок)}^p$  та  $e_3$ : *захід*  $TM_{ок(б)}$  – 1830,2 тис. грн., 7,0 років та 18% відповідно; *захід*  $TM_{ок(д)}$  – 35,3 тис. грн., 8,0 років та 0,3%, відповідно.

Повна реалізація впровадження всіх рекомендованих для НО №4 заходів за процедурою ОКВ ЕЕЗ дозволяє досягти річний узагальнений еколого-економічний ефект  $\Delta p = 0,64$  при вартості і терміні окупності процедури  $C_{пр} = 6723,0$  тис. грн. та  $T_{пр} = 4,6$  років.

**Аналіз результатів оцінки ефективності ЕЕЗ, рекомендованих для впровадження на НО №5, свідчить про наступне (див. табл. 4.6):**

– підтверджено доцільність впровадження 7-ти ЕЕЗ, які були розподілені за номерами пріоритетності і етапами процедури ПРВ ЕЕЗ наступним чином: *заходи I етапу*: термомодернізація внутрішньобудинкових трубопроводів систем опалення –  $TM_{т(в)}$  (NP = 1) і термомодернізація огорожувальних конструкцій – підлоги –  $TM_{ок(п)}$  (NP = 2); *заходи II етапу*: термомодернізація огорожувальних конструкцій – вікон –  $TM_{ок(в)}$  (NP = 3) і термомодернізація огорожувальних конструкцій – зовнішніх стін –  $TM_{ок(с)}$  (NP = 4); *заходи III етапу*: термомодернізація огорожувальних конструкцій – зовнішніх дверей –  $TM_{ок(д)}$  (NP = 5), термомодернізація огорожувальних конструкцій – крівлі –  $TM_{ок(к)}$  (NP = 6) і модернізація котельні шляхом впровадження геліосистеми –  $AT_{(гс)}$  (NP = 7);

– заходи I-го етапу характеризуються наступними значеннями величин  $C_3$ ,  $T_{з(ок)}^p$  та  $e_3$ : *захід*  $TM_{м(б)}$  – 136,0 тис. грн., 0,7 років та 9% відповідно; *захід*  $TM_{ок(п)}$  – 2709,0 тис. грн., 4,0 років та 33%, відповідно;

– заходи II-го етапу характеризується наступними значеннями величин  $C_3$ ,  $T_{з(ок)}^p$  та  $e_3$ : *захід*  $TM_{ок(б)}$  – 705,0 тис. грн., 6,6 років та 5% відповідно; *захід*  $TM_{ок(с)}$  – 3468,7 тис. грн., 7,9 років та 21%, відповідно;

– заходи III-го етапу характеризуються наступними значеннями величин  $C_3$ ,  $T_{з(ок)}^p$  та  $e_3$ : *захід*  $TM_{ок(д)}$  – 145,0 тис. грн., 8,2 років та 1% відповідно; *захід*  $TM_{ок(к)}$  – 4879,0 тис. грн., 11,7 років та 20%, відповідно; *захід*  $AT_{(гс)}$  – 2466,8 тис. грн., 12,4 років та 10%, відповідно.

Таблиця 4.2 – Результати оцінки ефективності ЕЕЗ рекомендованих до впровадження на НО №1

ЕЕЗ	Абсолютне - $\Delta p_3$ та відносне - $\Delta p_3$ зменшення показників р							$C_3$ , тис. грн	$TP_{3(OK)}$ , роки	$I_3$	$e_3$	$NP_3$	Етап
	$\Delta q_3$ , МВт·год	$\Delta q_{3(s)}$ , кВт·год/м <sup>2</sup>	$\Delta v_{3(p)}$ , тис. м <sup>3</sup>	$\Delta m_{3(CO_2)}$ , т	$\Delta m_{3(NOx)}$ , кг	$\Delta c_{3(T)}$ , тис. грн	$\Delta p_3$						
ТМ <sub>OK(K)</sub>	11,80	49,6	1,58	0,84	5,2	16,7	0,24	29,5	1,8	1	0,28	1	I
М <sub>CB</sub>	4,50	18,9	0,61	0,32	2,0	6,4	0,09	22,3	3,5	1	0,11	2	
ТМ <sub>OK(B)</sub>	7,40	31,1	0,98	0,52	3,2	10,4	0,15	58,9	5,7	1	0,18	3	II
ТМ <sub>OK(C)</sub>	9,60	40,3	1,28	0,68	4,2	13,5	0,20	98,6	7,3	1	0,23	4	III
АТ <sub>(TH)</sub>	8,20	34,5	1,09	0,58	3,6	11,5	0,17	143,5	12,5	1	0,20	5	

Таблиця 4.3 – Результати оцінки ефективності ЕЕЗ рекомендованих до впровадження на НО №2

ЕЕЗ	Абсолютне - $\Delta p_3$ та відносне - $\Delta p_3$ зменшення показників р							$C_3$ , тис. грн	$TP_{3(OK)}$ , роки	$I_3$	$e_3$	$NP_3$	Етап
	$\Delta q_3$ , МВт·год	$\Delta q_{3(s)}$ , кВт·год/м <sup>2</sup>	$\Delta v_{3(p)}$ , тис. м <sup>3</sup>	$\Delta m_{3(CO_2)}$ , т	$\Delta m_{3(NOx)}$ , кг	$\Delta c_{3(T)}$ , тис. грн	$\Delta p_3$						
ТМ <sub>T(B)</sub>	55,6	37,0	6,7	15,0	93	63,3	0,07	95,2	1,5	1	0,13	1	I
АТ <sub>(ГКК)</sub>	145,8	97,0	17,7	39,3	244	165,9	0,19	549,1	3,3	1	0,33	2	
ТМ <sub>OK(K)</sub>	65,1	43,3	7,9	17,5	109	74,0	0,08	313,7	4,2	1	0,15	3	II
ТМ <sub>T(З)</sub>	11,7	7,82	1,4	3,20	52	13,4	0,02	66,9	5,0	1	0,03	4	
ТМ <sub>OK(B)</sub>	47,9	31,9	5,8	12,9	80	54,5	0,06	426,9	7,8	1	0,11	5	
ТМ <sub>OK(D)</sub>	2,67	1,78	0,3	0,70	5	3,10	0,003	35,8	11,7	1	0,01	6	III
ТМ <sub>OK(C)</sub>	81,6	54,3	9,9	22,0	137	92,9	0,11	1145,9	12,3	1	0,19	7	
ТМ <sub>OK(П)</sub>	30,2	20,1	3,7	8,10	51	34,4	0,04	427,7	12,4	1	0,07	8	

Таблиця 4.4 – Результати оцінки ефективності ЕЕЗ рекомендованих до впровадження на НО №3

ЕЕЗ	Абсолютне - $\Delta p_3$ та відносне - $\Delta p_3$ зменшення показників р							$C_3$ , тис. грн	$TP_{3(OK)}$ , роки	$I_3$ ,	$e_3$	$NP_3$	Етап
	$\Delta q_3$ , МВт·год	$\Delta q_{3(s)}$ , кВт·год/м <sup>2</sup>	$\Delta v_{3(p)}$ , тис. м <sup>3</sup>	$\Delta m_{3(CO_2)}$ , т	$\Delta m_{3(NOx)}$ , кг	$\Delta c_{3(T)}$ , тис. грн	$\Delta p_3$						
$M_{CB}$	24,2	30,8	7,5	16,1	114	53,2	0,12	80,3	1,5	1	0,14	1	I
$TM_{OK(K)}$	37,2	47,4	11,5	24,7	176	81,8	0,19	179,3	2,2	1	0,21	2	
$TM_{OK(P)}$	18,3	23,3	5,6	12,1	86	40,1	0,09	235,0	5,9	1	0,11	3	II
$TM_{OK(C)}$	38,1	48,59	11,8	25,4	180	84,0	0,20	672,6	8,0	1	0,22	4	
$TM_{OK(D)}$	1,0	1,33	0,3	0,70	5	2,40	0,01	23,4	9,6	1	0,01	5	III
$AT_{(TH)}$	54,4	69,3	16,8	36,10	257	91,3	0,28	1115,6	12,2	1	0,31	6	

Таблиця 4.5 – Результати оцінки ефективності ЕЕЗ рекомендованих до впровадження на НО №4

ЕЕЗ	Абсолютне - $\Delta p_3$ та відносне - $\Delta p_3$ зменшення показників р							$C_3$ , тис. грн	$TP_{3(OK)}$ , роки	$I_3$ ,	$e_3$	$NP_3$	Етап
	$\Delta q_3$ , МВт·год	$\Delta q_{3(s)}$ , кВт·год/м <sup>2</sup>	$\Delta v_{3(p)}$ , тис. м <sup>3</sup>	$\Delta m_{3(CO_2)}$ , т	$\Delta m_{3(NOx)}$ , кг	$\Delta c_{3(T)}$ , тис. грн	$\Delta p_3$						
$TM_{T(B)}$	132,6	22,1	17,7	9,4	0,06	186,8	0,08	86,8	0,5	1	0,13	1	I
$M_{ГВП}$	30,6	5,1	4,1	2,16	0,01	43,0	0,02	135,0	3,1	1	0,03	2	
$TM_{OK(P)}$	218,8	36,4	29,2	15,5	0,10	308,3	0,14	1175,1	3,8	1	0,21	3	
$TM_{OK(C)}$	278,2	46,3	37,1	19,7	0,12	392	0,17	1972,0	5,0	1	0,27	4	II
$TM_{OK(K)}$	179,6	29,9	23,9	12,7	0,08	253,1	0,11	1488,9	5,9	1	0,17	5	
$TM_{OK(B)}$	185,3	30,9	24,7	13,1	0,08	261,1	0,11	1830,2	7,0	1	0,18	6	III
$TM_{OK(D)}$	3,1	0,5	0,4	0,2	0,0	4,40	0,00	35,3	8,0	1	0,00	7	

Таблиця 4.7 – Результати визначення параметрів та оцінки ефективності процедури ПРВ ЕЕЗ на НО №1

Складові процедури		Абсолютні - $\Delta P_{ет}$ , $\Delta P_{пр}$ та відносні - $\Delta P_{ет}$ , $\Delta P_{пр}$ зменшення показників р							Параметри процедури						
		$\Delta Q_{ет}$ , $\Delta Q_{пр}$	$\Delta Q_{ет(s)}$ , $\Delta Q_{пр(s)}$	$\Delta V_{ет(n)}$ , $\Delta V_{пр(n)}$	$\Delta m_{ет(CO2)}$ , $\Delta m_{пр(CO2)}$	$\Delta m_{ет(Nox)}$ , $\Delta m_{пр(Nox)}$	$\Delta C_{ет(\tau)}$ , $\Delta C_{пр(\tau)}$	$\Delta P_{ет}$ , $\Delta P_{пр}$	$C_{ет}^{п}$ , $C_{пр}^{п}$	$T_{ет(ок)}$ , $T_{пр}$	$T_{ет(n)}$ , $e_{ет}$	$C_{ет}^{ін}$ , $C_{пр}^{ін}$	$R_{ет}^{ін}$ , $R_{пр}^{ін}$		
		МВт·год	кВт·год/м <sup>2</sup>	тис.м <sup>3</sup>	т	кг	тис.грн		тис.грн	роки	роки	роки		грн	
Етапи	I	16,4	68,9	2,18	1,2	7,2	23,1	0,34	51,8	2,2	2,2	0	0,39	51,8	1,0
	II	7,4	31,0	0,98	0,5	3,3	10,4	0,15	58,9	5,7	3,3	0	0,18	34,1	0,6
	III	17,8	74,6	2,36	1,3	7,8	25	0,36	242,1	9,7	4,0	3,5	0,43	99,8	0,4
Процедура		41,6	174,6	5,53	2,9	18,3	58,5	0,85	352,8	6,0	7,5	-	-	186	0,5

Таблиця 4.8 – Результати оцінки довгострокової ефективності процедури ПРВ ЕЕЗ на НО №1

Складові процедури		Абсолютні - $\Delta P_{ет}$ , $\Delta P_{пр}$ та відносні - $\Delta P_{ет}$ , $\Delta P_{пр}$ зменшення P						Загальний економічний ефект	
		$\Delta Q_{ет}$ , $\Delta Q_{пр}$	$\Delta V_{ет(n)}$ , $\Delta V_{пр(n)}$	$\Delta M_{ет(CO2)}$ , $\Delta M_{пр(CO2)}$	$\Delta M_{ет(Nox)}$ , $M_{пр(Nox)}$	$\Delta C_{ет(\tau)}$ , $\Delta C_{пр(\tau)}$	$\Delta P_{ет}$ , $\Delta P_{пр}$	$\Delta C_{ет}^3$ , $\Delta C_{пр}^3$	$\Delta C_{ет}^3$ , $\Delta C_{пр}^3$
		МВт·год	тис. м <sup>3</sup>	т	кг	тис. грн		тис. грн	
Етапи	I	410	54,6	29	180	577	0,34	526	0,31
	II	185	24,6	13	81	260	0,15	201	0,12
	III	382	50,8	27	168	537	0,31	295	0,17
Процедура		977	129,9	69	430	1375	0,80	1022	0,59
Складові процедури		Абсолютні - $P_{ет}$ , $P_{пр}$ та відносні - $P_{ет}$ , $P_{пр}$ значення P						Значимість етапів	
		$Q_{ет}$ , $Q_{пр}$	$V_{ет(n)}$ , $V_{пр(n)}$	$M_{ет(CO2)}$ , $M_{пр(CO2)}$	$M_{ет(Nox)}$ , $M_{пр(Nox)}$	$C_{ет(\tau)}$ , $C_{пр(\tau)}$	$P_{ет}$ , $P_{пр}$	$E_{ет}^д$	$E_{ет}^е$
		МВт·год	тис. м <sup>3</sup>	т	кг	тис. грн			
Етапи	I	805	36,0	19,2	119	381	0,66	0,42	0,51
	II	622	12,5	6,7	41	133	0,51	0,19	0,20
	III	244	10,2	5,4	34	107	0,20	0,39	0,29
Процедура		244	26,0	13,8	86	275	0,20	-	-

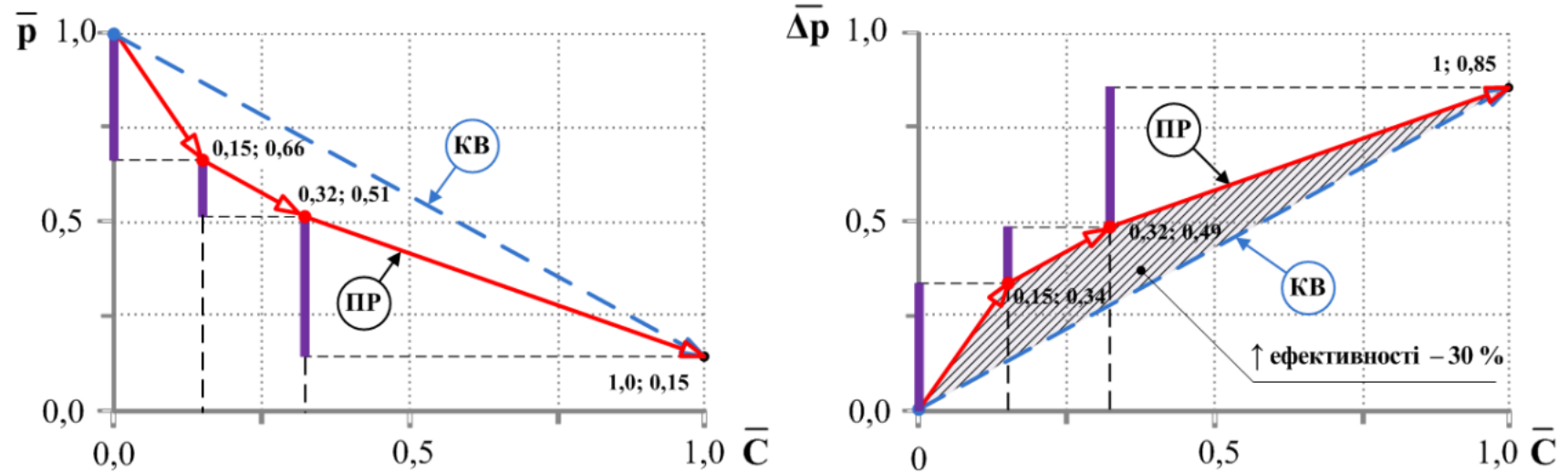


Рисунок 4.2 – Результати порівняльного аналізу річної ефективності процедур ОКВ і ПРВ ЕЕЗ на НО №1

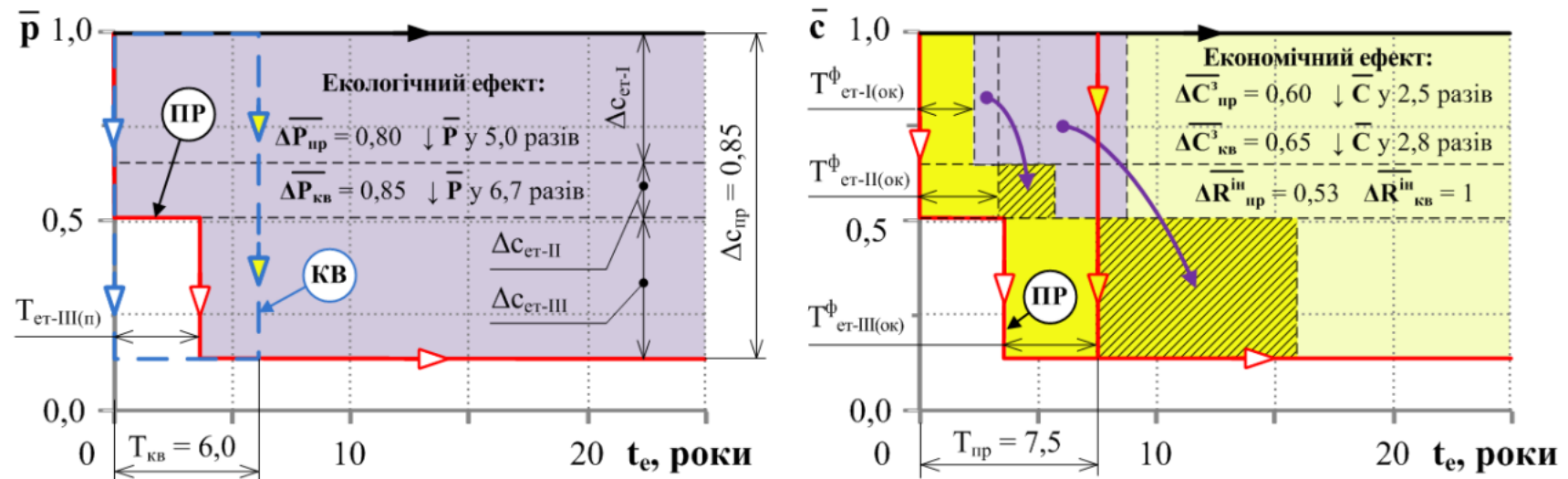


Рисунок 4.3 – Результати порівняльного аналізу довгострокової ефективності процедур ОКВ і ПРВ ЕЕЗ на НО №1

Таблиця 4.9 – Інформаційна карта з результатами оцінки ефективності процедур ОКВ і ПРВ ЕЕЗ для НО №1

Критерії ефективності	Поточний стан ТС			Показники ефективності процедур впровадження ЕЕЗ						
	Показник	Розмірність	Значення	Показник	Розмірність	Етапи процедури ПРВ			Процедура ПРВ	Процедура ОКВ
						етап I	етап II	етап III		
Екологічний	q	МВт·год	48,8	$\Delta q$	МВт·год	16	7	18	41,6	
	q <sub>s</sub>	кВт·год	205	$\Delta q_s$	кВт·год/м <sup>2</sup>	69	31	75	174,6	
	m <sub>п</sub>	т	6,5	$\Delta m_p$	т	2	1,0	2,4	5,5	
	m <sub>CO2</sub>	т	3,5	$\Delta m_{CO2}$	т	1	0,5	1,3	2,9	
	m <sub>NOx</sub>	т	0,02	$\Delta m_{NOx}$	т	0,01	0,00	0,01	0,0	
	Q	ГВт·год	1,2	$\Delta Q$	ГВт·год	0,4	0,2	0,4	1,0	1,0
	M <sub>п</sub>	т	163	$\Delta M_p$	т	55	25	51	130	138
	M <sub>CO2</sub>	т	86	$\Delta M_{CO2}$	т	29	13	27	69	74
	M <sub>NOx</sub>	т	0,5	$\Delta M_{NOx}$	т	0,18	0,08	0,17	0,4	0,5
Економічний	c	тис. грн	68,7	$\Delta c$	тис. грн	23	10	25	58,5	
	C	млн. грн	1,7	$\Delta C$	млн. грн	0,6	0,3	0,5	1,4	1,5
	C <sub>п</sub>	млн. грн	0,35	R <sub>ін</sub>	долі 1	<b>0,12</b>	0,14	0,73	<b>0,53</b>	1,0
	T <sub>ок</sub>	роки	6,0	$\Delta T_{ок}$	роки	-3,8	-2,7	1,5	<b>1,5</b>	0,0
Узагальнений	p	%	100	$\Delta p$	%	33,6	15,1	36,4	<b>85</b>	
	P	%	100	$\Delta P$	%	33,6	15,1	31,3	80	85

Таблиця 4.10 – Результати визначення параметрів та оцінки ефективності процедури ПРВ ЕЕЗ на НО №2

Складові процедури		Абсолютні - $\Delta R_{ет}$ , $\Delta R_{пр}$ та відносні - $\Delta R_{ет}$ , $\Delta R_{пр}$ зменшення показників р							Параметри процедури						
		$\Delta Q_{ет}$ , $\Delta Q_{пр}$ , МВт·год	$\Delta Q_{ет(s)}$ , $\Delta Q_{пр(s)}$ , кВт·год/м <sup>2</sup>	$\Delta V_{ет(n)}$ , $\Delta V_{пр(n)}$ , тис.м <sup>3</sup>	$\Delta m_{ет(CO2)}$ , $\Delta m_{пр(CO2)}$ , т	$\Delta m_{ет(Nox)}$ , $\Delta m_{пр(Nox)}$ , кг	$\Delta c_{ет(т)}$ , $\Delta c_{пр(т)}$ , тис.грн	$\Delta R_{ет}$ , $\Delta R_{пр}$	$C_{ет}^{п}$ , $C_{пр}^{п}$ , тис.грн	$T_{ет(ок)}$ , $T_{пр}$ , роки	$T_{ет(n)}$ , $T_{пр}$ , роки	$e_{ет}$	$C_{ет}^{ін}$ , $C_{пр}^{ін}$ , грн	$R_{ет}^{ін}$ , $R_{пр}^{ін}$	
Етапи	I	201	133,8	21,4	48,6	300,0	229,2	0,39	644,3	2,8	2,8	0	0,46	644	1,0
	II	124	82,8	13,3	30,1	185,7	141,9	0,24	807,5	5,7	3,9	0	0,28	553	0,7
	III	114	76,1	12,2	27,6	170,7	130,4	0,22	1609,4	12,3	4,0	2,8	0,26	523	0,3
Процедура		440	292,7	46,9	106,3	656,3	501,5	0,85	3061,2	6,1	6,8	-	-	1720	0,6

Таблиця 4.11 – Результати оцінки довгострокової ефективності процедури ПРВ ЕЕЗ на НО №2

Складові процедури		Абсолютні - $\Delta R_{ет}$ , $\Delta R_{пр}$ та відносні - $\Delta R_{ет}$ , $\Delta R_{пр}$ зменшення Р						Загальний економічний ефект	
		$\Delta Q_{ет}$ , $\Delta Q_{пр}$ , МВт·год	$\Delta V_{ет(n)}$ , $\Delta V_{пр(n)}$ , тис. м <sup>3</sup>	$\Delta M_{ет(CO2)}$ , $\Delta M_{пр(CO2)}$ , т	$\Delta M_{ет(Nox)}$ , $M_{пр(Nox)}$ , кг	$\Delta C_{ет(n)}$ , $\Delta C_{пр(n)}$ , тис. грн	$\Delta R_{ет}$ , $\Delta R_{пр}$	$\Delta C_{ет}^3$ , $\Delta C_{пр}^3$ , тис. грн	$\Delta C_{ет}^3$ , $\Delta C_{пр}^3$
Етапи	I	5026	609	324	2008	5717	0,39	5073	0,35
	II	3112	377	200	1243	3540	0,24	2732	0,19
	III	2540	308	163	1015	2889	0,20	1280	0,09
Процедура		10678	1293	687	4267	12146	0,83	9085	0,62
Складові процедури		Абсолютні - $R_{ет}$ , $R_{пр}$ та відносні - $R_{ет}$ , $R_{пр}$ значення Р						Значимість етапів	
		$Q_{ет}$ , $Q_{пр}$ , МВт·год	$V_{ет(n)}$ , $V_{пр(n)}$ , тис. м <sup>3</sup>	$M_{ет(CO2)}$ , $M_{пр(CO2)}$ , т	$M_{ет(Nox)}$ , $M_{пр(Nox)}$ , кг	$C_{ет(n)}$ , $C_{пр(n)}$ , тис. грн	$R_{ет}$ , $R_{пр}$	$E_{ет}^д$	$E_{ет}^e$
Етапи	I	7847	950	505	3135	8926	0,61	0,47	0,56
	II	4760	576	306	1902	5414	0,37	0,29	0,30
	III	2187	265	141	874	2487	0,17	0,24	0,14
Процедура		2187	265	141	874	2487	0,17	-	-



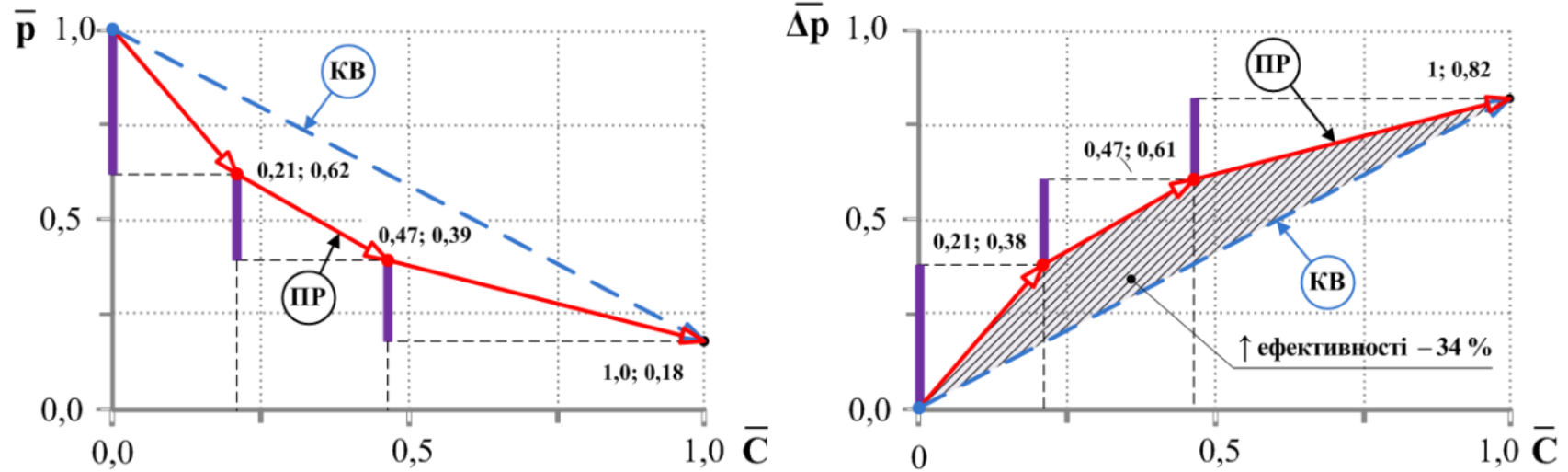


Рисунок 4.4 – Результати порівняльного аналізу річної ефективності процедур ОКВ і ПРВ ЕЕЗ на НО №2

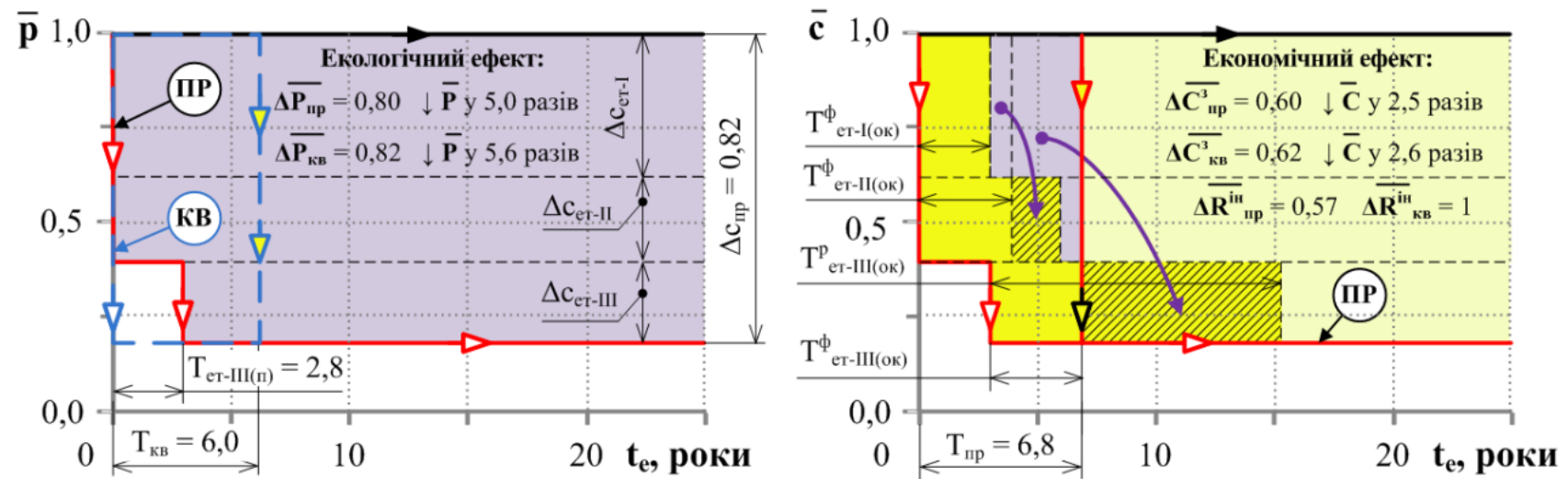


Рисунок 4.5 – Результати порівняльного аналізу довгострокової ефективності процедур ОКВ і ПРВ ЕЕЗ на НО №2

Таблиця 4.12 – Інформаційна карта з результатами оцінки ефективності процедур ОКВ і ПРВ ЕЕЗ для НО №2

Критерії ефективності	Поточний стан ТС			Показники ефективності процедур впровадження ЕЕЗ						
	Показник	Розмірність	Значення	Показник	Розмірність	Етапи процедури ПРВ			Процедура ПРВ	Процедура ОКВ
						етап I	етап II	етап III		
Екологічний	q	МВт·год	514,6	$\Delta q$	МВт·год	201	124	114	439,9	
	q <sub>s</sub>	кВт·год	342	$\Delta q_s$	кВт·год/м <sup>2</sup>	134	83	76	292,4	
	m <sub>п</sub>	т	62,3	$\Delta m_p$	т	24	15,1	13,8	53,3	
	m <sub>CO2</sub>	т	33,1	$\Delta m_{CO2}$	т	13	8,0	7,4	28,3	
	m <sub>NOx</sub>	т	0,21	$\Delta m_{NOx}$	т	0,08	0,05	0,05	0,2	
	Q	ГВт·год	12,9	$\Delta Q$	ГВт·год	5,0	3,1	2,5	10,7	11,0
	M <sub>п</sub>	т	1558	$\Delta M_p$	т	609	377	308	1293	1331
	M <sub>CO2</sub>	т	828	$\Delta M_{CO2}$	т	323	200	163	687	708
	M <sub>NOx</sub>	т	5,1	$\Delta M_{NOx}$	т	2,01	1,24	1,01	4,3	4,4
Економічний	c	тис. грн	585,3	$\Delta c$	тис. грн	229	142	130	500	
	C	млн. грн	14,6	$\Delta C$	млн. грн	5,7	3,5	2,9	12,1	12,5
	C <sub>п</sub>	млн. грн	3,06	R <sub>ін</sub>	долі 1	<b>0,21</b>	0,26	0,53	<b>0,57</b>	1,0
	T <sub>ок</sub>	роки	6,1	$\Delta T_{ок}$	роки	-3,3	-2,2	0,8	<b>0,8</b>	0,0
Узагальнений	p	%	100	$\Delta p$	%	39,1	24,2	22,2	<b>82</b>	
	P	%	100	$\Delta P$	%	39,1	24,2	19,7	83	85

Таблиця 4.13 – Результати визначення параметрів та оцінки ефективності процедури ПРВ ЕЕЗ на НО №3

Складові процедури		Абсолютні - $\Delta P_{ет}$ , $\Delta P_{пр}$ та відносні - $\Delta P_{ет}$ , $\Delta P_{пр}$ зменшення показників р							Параметри процедури						
		$\Delta q_{ет}$ , $\Delta q_{пр}$	$\Delta q_{ет(s)}$ , $\Delta q_{пр(s)}$	$\Delta v_{ет(n)}$ , $\Delta v_{пр(n)}$	$\Delta m_{ет(CO_2)}$ , $\Delta m_{пр(CO_2)}$	$\Delta m_{ет(Nox)}$ , $\Delta m_{пр(Nox)}$	$\Delta c_{ет(r)}$ , $\Delta c_{пр(r)}$	$\Delta p_{ет}$ , $\Delta p_{пр}$	$C_{ет}^n$ , $C_{пр}^n$	$T_{ет(ок)}$ , $T_{пр}$	$T_{ет(n)}$ , $T_{ет(n)}$	$\epsilon_{ет}$	$C_{ет}^{in}$ , $C_{пр}^{in}$	$R_{ет}^{in}$ , $R_{пр}^{in}$	
		МВт·год	кВт·год/м <sup>2</sup>	тис.м <sup>3</sup>	т	кг	тис.грн		тис.грн	роки	роки	роки		грн	
Етапи	I	61,4	78,2	19,0	40,8	290	135,1	0,32	259,6	1,9	1,9	0	0,38	260	1,0
	II	56,4	71,9	17,4	37,5	266	124,1	0,29	907,7	7,3	4,0	0,9	0,35	496	0,5
	III	55,5	70,7	17,1	36,8	262	93,8	0,29	1139	12,1	4,0	3,2	0,27	375	0,3
Процедура		173,3	220,7	53,5	115,1	818	353,0	0,89	2306,3	6,5	7,2	-	-	1131	0,5

Таблиця 4.14 – Результати оцінки довгострокової ефективності процедури ПРВ ЕЕЗ на НО №3

Складові процедури		Абсолютні - $\Delta P_{ет}$ , $\Delta P_{пр}$ та відносні - $\Delta P_{ет}$ , $\Delta P_{пр}$ зменшення Р						Загальний економічний ефект	
		$\Delta Q_{ет}$ , $\Delta Q_{пр}$	$\Delta M_{ет(n)}$ , $\Delta M_{пр(n)}$	$\Delta M_{ет(CO_2)}$ , $\Delta M_{пр(CO_2)}$	$\Delta M_{ет(Nox)}$ , $M_{пр(Nox)}$	$\Delta C_{ет(n)}$ , $\Delta C_{пр(n)}$	$\Delta P_{ет}$ , $\Delta P_{пр}$	$\Delta C_{ет}^3$ , $\Delta C_{пр}^3$	$\Delta C_{ет}^3$ , $\Delta C_{пр}^3$
		МВт·год	т	т	кг	тис. грн		тис. грн	
Етапи	I	1535	475	1020	7249	3373	0,32	3113	0,29
	II	1359	419	900	6399	2977	0,28	2070	0,19
	III	1210	373	800	5689	2647	0,25	1508	0,14
Процедура		4104	1267	2721	19336	8997	0,85	6690	0,63
Складові процедури		Абсолютні - $P_{ет}$ , $P_{пр}$ та відносні - $P_{ет}$ , $P_{пр}$ значення Р						Значимість етапів	
		$Q_{ет}$ , $Q_{пр}$	$M_{ет(n)}$ , $M_{пр(n)}$	$M_{ет(CO_2)}$ , $M_{пр(CO_2)}$	$M_{ет(Nox)}$ , $M_{пр(Nox)}$	$C_{ет(n)}$ , $C_{пр(n)}$	$P_{ет}$ , $P_{пр}$	$E_{ет}^d$	$E_{ет}^e$
		МВт·год	кг (м <sup>3</sup> )	т	кг	тис. грн			
Етапи	I	3293	1020	522	3716	7242	0,68	0,37	0,47
	II	1937	600	307	2186	4260	0,40	0,33	0,31
	III	726	225	115	820	1598	0,15	0,29	0,23
Процедура		726	225	115	820	1598	0,15	-	-

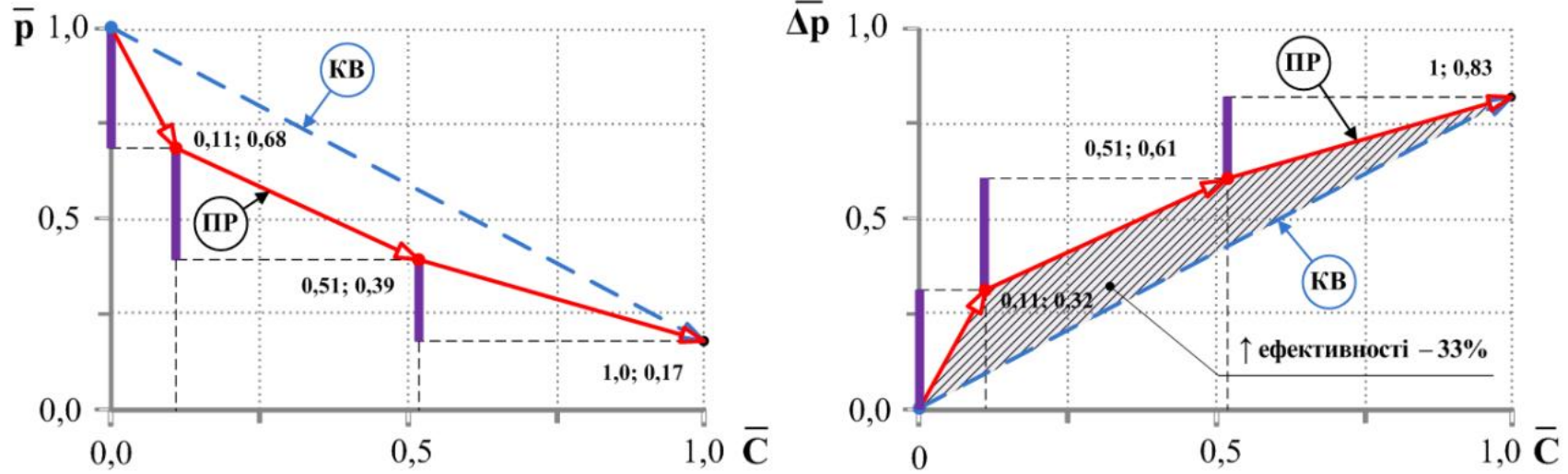


Рисунок 4.6 – Результати порівняльного аналізу річної ефективності процедур ОКВ і ПРВ ЕЕЗ на НО №3

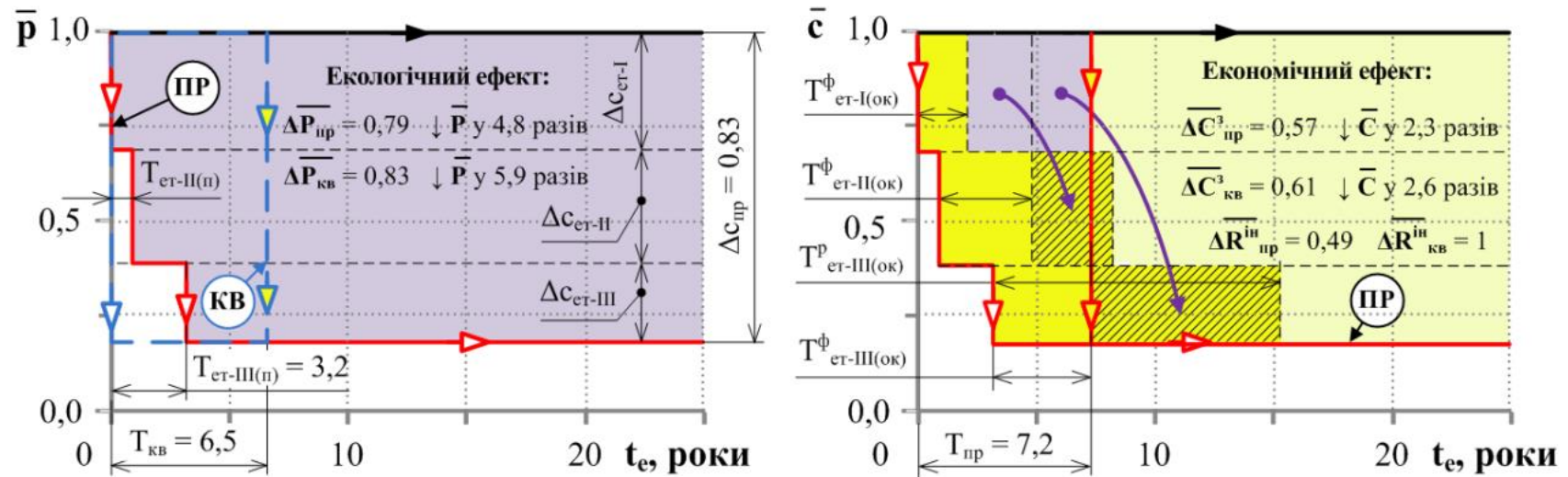


Рисунок 4.7 – Результати порівняльного аналізу довгострокової ефективності процедур ОКВ і ПРВ ЕЕЗ на НО №3

Таблиця 4.15 – Інформаційна карта з результатами оцінки ефективності процедур ОКВ і ПРВ ЕЕЗ для НО №3

Критерії ефективності	Поточний стан ТС			Показники ефективності процедур впровадження ЕЕЗ						
	Показник	Розмірність	Значення	Показник	Розмірність	Етапи процедури ПРВ			Процедура ПРВ	Процедура ОКВ
						етап I	етап II	етап III		
Екологічний	q	МВт·год	193,7	$\Delta q$	МВт·год	61	56	55	173,3	
	q <sub>s</sub>	кВт·год	247	$\Delta q_s$	кВт·год/м <sup>2</sup>	78	72	71	221,0	
	m <sub>п</sub>	т	60,0	$\Delta m_{п}$	т	19	17,5	17,2	53,7	
	m <sub>CO2</sub>	т	30,7	$\Delta m_{CO2}$	т	10	8,9	8,8	27,5	
	m <sub>NOx</sub>	т	0,22	$\Delta m_{NOx}$	т	0,07	0,06	0,06	0,2	
	Q	ГВт·год	4,8	$\Delta Q$	ГВт·год	1,5	1,4	1,2	4,1	4,3
	M <sub>п</sub>	т	1500	$\Delta M_{п}$	т	476	421	375	1271	1342
	M <sub>CO2</sub>	т	768	$\Delta M_{CO2}$	т	244	216	192	651	687
	M <sub>NOx</sub>	т	5,5	$\Delta M_{NOx}$	т	1,73	1,53	1,36	4,6	4,9
Економічний	c	тис. грн	426,0	$\Delta c$	тис. грн	135	124	122	381	
	C	млн. грн	10,7	$\Delta C$	млн. грн	3,4	3,0	2,7	9,0	9,5
	C <sub>п</sub>	млн. грн	2,31	R <sub>ін</sub>	долі 1	<b>0,11</b>	0,39	0,49	<b>0,49</b>	1,0
	T <sub>ок</sub>	роки	6,5	$\Delta T_{ок}$	роки	-4,6	-1,6	0,7	<b>0,7</b>	0,0
Узагальнений	p	%	100	$\Delta p$	%	31,7	29,1	28,6	<b>83</b>	
	P	%	100	$\Delta P$	%	31,7	28,1	25,0	85	89

Таблиця 4.16 – Результати визначення параметрів та оцінки ефективності процедури ПРВ ЕЕЗ на НО №4

Складові процедури		Абсолютні - $\Delta P_{ет}$ , $\Delta P_{пр}$ та відносні - $\Delta P_{ет}$ , $\Delta P_{пр}$ зменшення показників р							Параметри процедури						
		$\Delta Q_{ет}$ , $\Delta Q_{пр}$ , МВт·год	$\Delta Q_{ет(s)}$ , $\Delta Q_{пр(s)}$ , кВт·год/м <sup>2</sup>	$\Delta V_{ет(n)}$ , $\Delta V_{пр(n)}$ , тис.м <sup>3</sup>	$\Delta m_{ет(CO2)}$ , $\Delta m_{пр(CO2)}$ , т	$\Delta m_{ет(Nox)}$ , $\Delta m_{пр(Nox)}$ , кг	$\Delta C_{ет(т)}$ , $\Delta C_{пр(т)}$ , тис.грн	$\Delta P_{ет}$ , $\Delta P_{пр}$	$C_{ет}^{п}$ , $C_{пр}^{п}$ , тис.грн	$T_{ет(ок)}$ , $T_{пр}$ , роки	$T_{ет(п)}$ , $T_{пр}$ , роки	$\epsilon_{ет}$	$C_{ет}^{ін}$ , $C_{пр}^{ін}$ , грн	$R_{ет}^{ін}$ , $R_{пр}^{ін}$	
Етапи	I	381,9	63,6	50,8	27,0	168,0	538,1	0,24	1396,9	2,6	2,6	0	0,37	1397	1
	II	457,9	76,2	60,9	32,4	201,5	645,1	0,28	3460,8	5,4	4	0,2	0,45	2564	0,7
	III	188,5	31,4	25,1	13,3	82,9	265,6	0,12	1865,6	7,0	4	0,9	0,18	1066	0,6
Процедура		1028,3	171,2	136,8	72,8	452,5	1448,8	0,64	6723,3	4,6	4,9	-	-	5027	0,7

Таблиця 4.17 – Результати оцінки довгострокової ефективності процедури ПРВ ЕЕЗ на НО №4

Складові процедури		Абсолютні - $\Delta P_{ет}$ , $\Delta P_{пр}$ та відносні - $\Delta P_{ет}$ , $\Delta P_{пр}$ зменшення Р						Загальний економічний ефект	
		$\Delta Q_{ет}$ , $\Delta Q_{пр}$ , МВт·год	$\Delta V_{ет(n)}$ , $\Delta V_{пр(n)}$ , тис. м <sup>3</sup>	$\Delta M_{ет(CO2)}$ , $\Delta M_{пр(CO2)}$ , т	$\Delta M_{ет(Nox)}$ , $M_{пр(Nox)}$ , кг	$\Delta C_{ет(n)}$ , $\Delta C_{пр(n)}$ , тис. грн	$\Delta P_{ет}$ , $\Delta P_{пр}$	$\Delta C_{ет}^3$ , $\Delta C_{пр}^3$ , тис. грн	$\Delta C_{ет}^3$ , $\Delta C_{пр}^3$
Етапи	I	9548	1270	676	4201	13441	0,24	12044	0,21
	II	11355	1510	804	4996	15985	0,28	12524	0,22
	III	4543	604	322	1999	6395	0,11	4530	0,08
Процедура		25446	3384	1802	11196	35821	0,63	29098	0,51
Складові процедури		Абсолютні - $P_{ет}$ , $P_{пр}$ та відносні - $P_{ет}$ , $P_{пр}$ значення Р						Значимість етапів	
		$Q_{ет}$ , $Q_{пр}$ , МВт·год	$V_{ет(n)}$ , $V_{пр(n)}$ , тис. м <sup>3</sup>	$M_{ет(CO2)}$ , $M_{пр(CO2)}$ , т	$M_{ет(Nox)}$ , $M_{пр(Nox)}$ , кг	$C_{ет(т)}$ , $C_{пр(т)}$ , тис. грн	$P_{ет}$ , $P_{пр}$	$E_{ет}^д$	$E_{ет}^е$
Етапи	I	30634	4074	2169	13479	43123	0,76	0,38	0,42
	II	19348	2573	1370	8513	27236	0,48	0,45	0,43
	III	14914	1984	1056	6562	20994	0,37	0,18	0,16
Процедура		14914	1984	1056	6562	20994	0,37	-	-

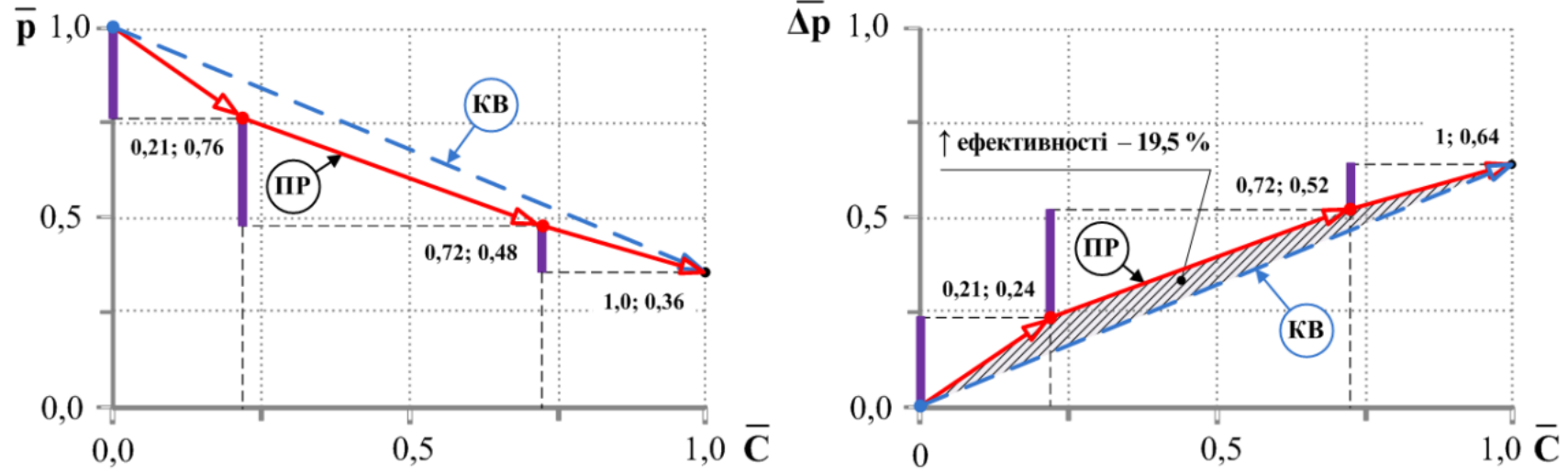


Рисунок 4.8 – Результати порівняльного аналізу річної ефективності процедур ОКВ і ПРВ ЕЕЗ на НО №4

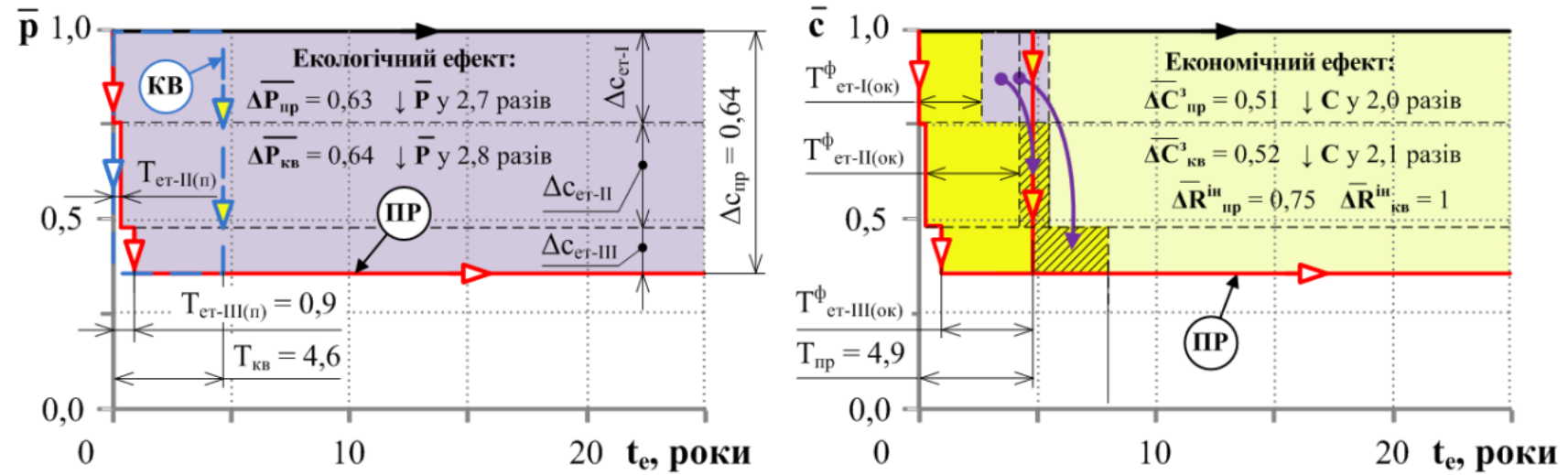


Рисунок 4.9 – Результати порівняльного аналізу довгострокової ефективності процедур ОКВ і ПРВ ЕЕЗ на НО №4

Таблиця 4.18 – Інформаційна карта з результатами оцінки ефективності процедур ОКВ і ПРВ ЕЕЗ для НО №4

Критерії ефективності	Поточний стан ТС			Показники ефективності процедур впровадження ЕЕЗ						
	Показник	Розмірність	Значення	Показник	Розмірність	Етапи процедури ПРВ			Процедура ПРВ	Процедура ОКВ
						етап I	етап II	етап III		
Екологічний	q	МВт·год	1612,0	$\Delta q$	МВт·год	382	458	189	1028,3	
	q <sub>s</sub>	кВт·год	269	$\Delta q_s$	кВт·год/м <sup>2</sup>	64	76	31	171,6	
	m <sub>п</sub>	т	214,9	$\Delta m_p$	т	51	61,0	25,1	137,1	
	m <sub>CO2</sub>	т	114,2	$\Delta m_{CO2}$	т	27	32,4	13,4	72,8	
	m <sub>NOx</sub>	т	0,71	$\Delta m_{NOx}$	т	0,17	0,20	0,08	0,5	
	Q	ГВт·год	40,3	$\Delta Q$	ГВт·год	9,5	11,4	4,5	25,4	25,7
	M <sub>п</sub>	т	5373	$\Delta M_p$	т	1273	1514	606	3392	3427
	M <sub>CO2</sub>	т	2855	$\Delta M_{CO2}$	т	676	804	322	1802	1821
	M <sub>NOx</sub>	т	17,7	$\Delta M_{NOx}$	т	4,19	4,99	2,00	11,2	11,3
Економічний	c	тис. грн	2272,0	$\Delta c$	тис. грн	538	645	266	1449	
	C	млн. грн	56,8	$\Delta C$	млн. грн	13,5	16,0	6,4	35,9	36,2
	C <sub>п</sub>	млн. грн	6,72	R <sub>ін</sub>	долі 1	<b>0,21</b>	0,44	0,35	<b>0,75</b>	1,0
	T <sub>ок</sub>	роки	4,6	$\Delta T_{ок}$	роки	-2,0	-0,4	0,3	<b>0,3</b>	0,0
Узагальнений	p	%	100	$\Delta p$	%	23,7	28,4	11,7	<b>64</b>	
	P	%	100	$\Delta P$	%	23,7	28,2	11,3	63	64



Таблиця 4.19 – Результати визначення параметрів та оцінки ефективності процедури ПРВ ЕЕЗ на НО №5

Складові процедури		Абсолютні - $\Delta R_{ет}$ , $\Delta R_{пр}$ та відносні - $\Delta R_{ет}$ , $\Delta R_{пр}$ зменшення показників р							Параметри процедури						
		$\Delta q_{ет}$ , $\Delta q_{пр}$	$\Delta q_{ет(s)}$ , $\Delta q_{пр(s)}$	$\Delta V_{ет(n)}$ , $\Delta V_{пр(n)}$	$\Delta m_{ет(CO_2)}$ , $\Delta m_{пр(CO_2)}$	$\Delta m_{ет(Nox)}$ , $\Delta m_{пр(Nox)}$	$\Delta c_{ет(t)}$ , $\Delta c_{пр(t)}$	$\Delta R_{ет}$ , $\Delta R_{пр}$	$C_{ет}^{п}$ , $C_{пр}^{п}$	$T_{ет(ок)}$ , $T_{пр}$	$T_{ет(n)}$ , $T_{пр}$	$\epsilon_{ет}$	$C_{ет}^{ін}$ , $C_{пр}^{ін}$	$R_{ет}^{ін}$ , $R_{пр}^{ін}$	
		МВт·год	кВт·год/м <sup>2</sup>	тис.м <sup>3</sup>	т	кг	тис.грн		тис.грн	роки	роки	роки		грн	
Етапи	I	614	40,5	65,4	148	916	865	0,27	2845,3	3,3	3,3	0	0,42	2845	1
	II	386	25,4	41,1	93	575	544	0,17	4173,7	7,7	4	1,6	0,27	2168	0,5
	III	448	29,6	47,8	108	669	632	0,20	7490,6	11,8	4	5,1	0,31	2539	0,3
Процедура		1448	95,5	154,3	350	2160	2041	0,64	14510	7,1	9,1	-	-	7553	0,5

Таблиця 4.20 – Результати оцінки довгострокової ефективності процедури ПРВ ЕЕЗ на НО №5

Складові процедури		Абсолютні - $\Delta R_{ет}$ , $\Delta R_{пр}$ та відносні - $\Delta R_{ет}$ , $\Delta R_{пр}$ зменшення Р						Загальний економічний ефект	
		$\Delta Q_{ет}$ , $\Delta Q_{пр}$	$\Delta V_{ет(n)}$ , $\Delta V_{пр(n)}$	$\Delta M_{ет(CO_2)}$ , $\Delta M_{пр(CO_2)}$	$\Delta M_{ет(Nox)}$ , $M_{пр(Nox)}$	$\Delta C_{ет(t)}$ , $\Delta C_{пр(t)}$	$\Delta R_{ет}$ , $\Delta R_{пр}$	$\Delta C_{ет}^3$ , $\Delta C_{пр}^3$	$\Delta C_{ет}^3$ , $\Delta C_{пр}^3$
		МВт·год	тис. м <sup>3</sup>	т	кг	тис. грн		тис. грн	
Етапи	I	15340	1779	945	5869	16708	0,27	13863	0,23
	II	9025	1046	556	3453	9829	0,16	5656	0,09
	III	9731	1128	600	3723	10599	0,17	3108	0,05
Процедура		34096	3954	2101	13044	37137	0,60	22627	0,37
Складові процедури		Абсолютні - $R_{ет}$ , $R_{пр}$ та відносні - $R_{ет}$ , $R_{пр}$ значення Р						Значимість етапів	
		$Q_{ет}$ , $Q_{пр}$	$V_{ет(n)}$ , $V_{пр(n)}$	$M_{ет(CO_2)}$ , $M_{пр(CO_2)}$	$M_{ет(Nox)}$ , $M_{пр(Nox)}$	$C_{ет(t)}$ , $C_{пр(t)}$	$R_{ет}$ , $R_{пр}$	$E_{ет}^д$	$E_{ет}^е$
		МВт·год	тис. м <sup>3</sup>	т	кг	тис. грн			
Етапи	I	41172	4774,2	2536,75	15751,21	44843,17	0,73	0,45	0,61
	II	32148	3727,8	1980,75	12298,89	35014,53	0,57	0,27	0,25
	III	22560	2616	1390	8630,8	24571,6	0,40	0,29	0,14
Процедура		22560	2616	1390	8630,8	24571,6	0,40	-	-

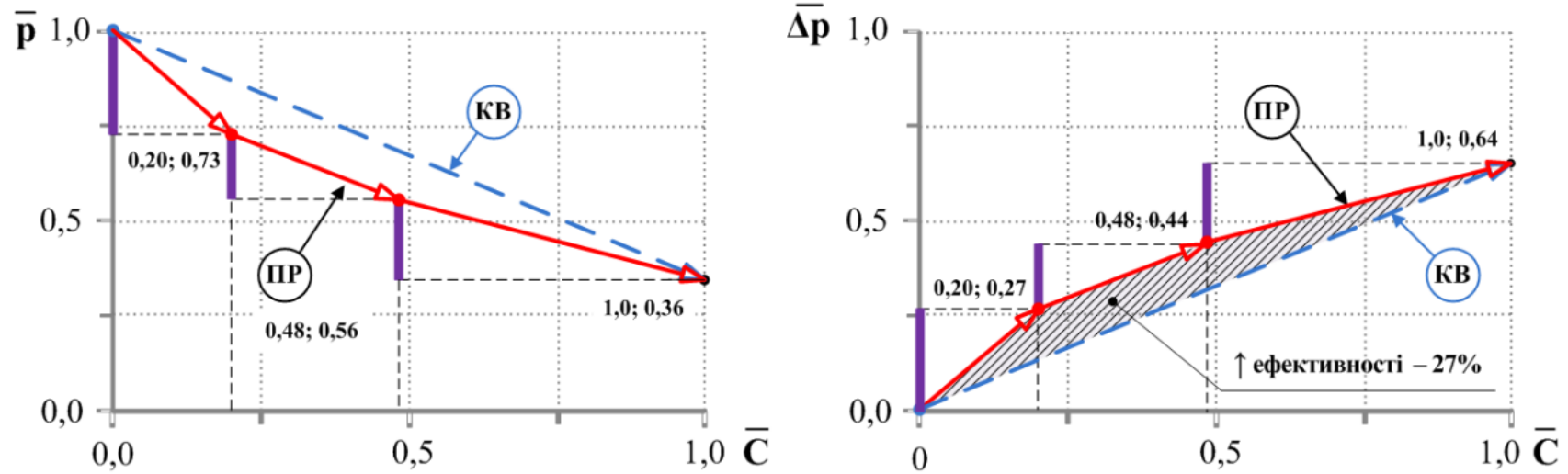


Рисунок 4.10 – Результати порівняльного аналізу річної ефективності процедур ОКВ і ПРВ ЕЕЗ на НО №5

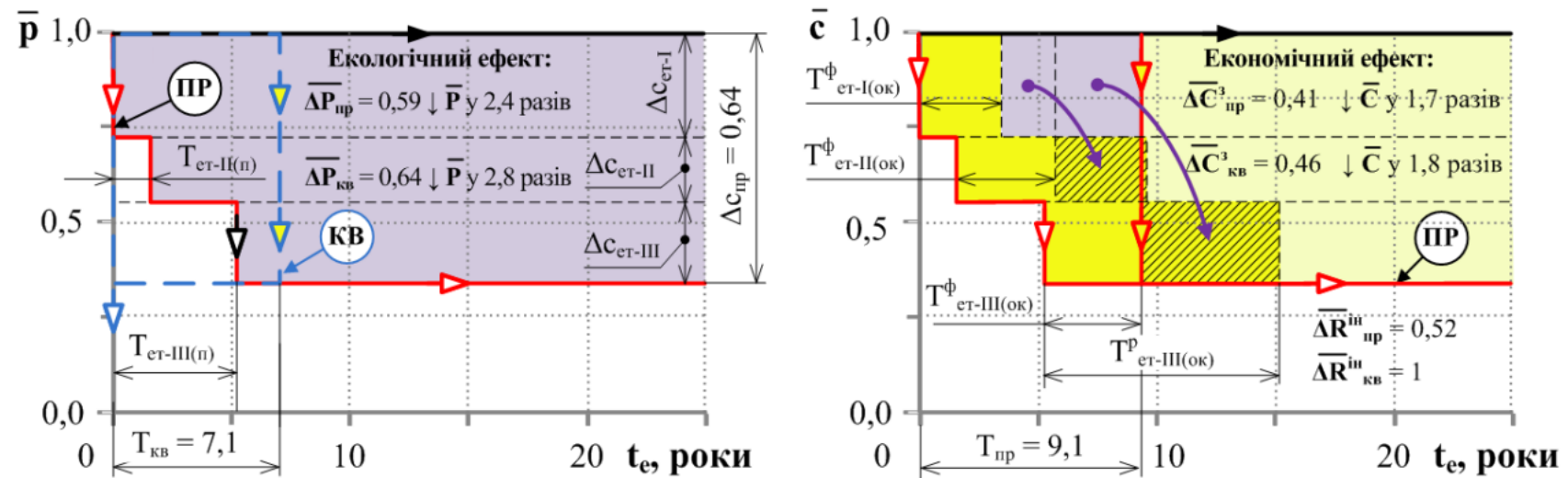


Рисунок 4.11 – Результати порівняльного аналізу довгострокової ефективності процедур ОКВ і ПРВ ЕЕЗ на НО №5

Таблиця 4.21 – Інформаційна карта з результатами оцінки ефективності процедур ОКВ і ПРВ ЕЕЗ для НО №5

Критерії ефективності	Поточний стан ТС			Показники ефективності процедур впровадження ЕЕЗ						
	Показник	Розмірність	Значення	Показник	Розмірність	Етапи процедури ПРВ			Процедура ПРВ	Процедура ОКВ
						етап I	етап II	етап III		
Екологічний	q	МВт·год	2256,0	$\Delta q$	МВт·год	614	386	448	1447,7	
	q <sub>s</sub>	кВт·год	149	$\Delta q_s$	кВт·год/м <sup>2</sup>	41	25	30	95,6	
	m <sub>п</sub>	т	261,6	$\Delta m_p$	т	71	44,7	52,0	167,9	
	m <sub>CO2</sub>	т	139,0	$\Delta m_{CO2}$	т	38	23,8	27,6	89,2	
	m <sub>NOx</sub>	т	0,86	$\Delta m_{NOx}$	т	0,23	0,15	0,17	0,6	
	Q	ГВт·год	56,4	$\Delta Q$	ГВт·год	15,3	9,0	9,7	34,1	36,2
	M <sub>п</sub>	т	6540	$\Delta M_p$	т	1779	1046	1128	3954	4197
	M <sub>CO2</sub>	т	3475	$\Delta M_{CO2}$	т	945	556	600	2101	2230
	M <sub>NOx</sub>	т	21,6	$\Delta M_{NOx}$	т	5,88	3,46	3,73	13,1	13,9
Економічний	c	тис. грн	2457,0	$\Delta c$	тис. грн	668	420	488	1577	
	C	млн. грн	61,4	$\Delta C$	млн. грн	16,7	9,8	10,6	37,1	39,4
	C <sub>п</sub>	млн. грн	14,51	R <sub>ін</sub>	долі 1	0,20	0,29	0,52	0,52	1,0
	T <sub>ок</sub>	роки	7,1	$\Delta T_{ок}$	роки	-3,8	-1,5	2,0	2,0	0,0
Узагальнений	p	%	100	$\Delta p$	%	27,2	17,1	19,9	64	
	P	%	100	$\Delta P$	%	27,2	16,0	17,3	60	64

Повна реалізація впровадження всіх рекомендованих для НО №5 заходів за процедурою ОКВ ЕЕЗ дозволяє досягти річний узагальнений еколого-економічний ефект  $\Delta p = 0,64$  при вартості і терміні окупності процедури  $C_{пр} = 14510,0$  тис. грн. та  $T_{пр} = 7,1$  років.

### 4.3 Визначення параметрів та оцінка ефективності процедури ПРВ ЕЕЗ

Відповідно до методики С, представленої в підрозділі 2.3, на базі НО №1 – №5 проведено дослідження з визначення параметрів, оцінювання річної і довгострокової ефективності процедури ПРВ ЕЕЗ та створення інформаційних карт з показниками ефективності процедур ОКВ і ПРВ ЕЕЗ. Результати проведених досліджень представлені у табл. 4.7 – 4.21 і на рис. 4.2 – 4.11.

**Аналіз результатів досліджень НО №1**, представлених у табл. 4.7 – 4.9 і на рис. 4.2 – 4.3, свідчить про наступне.

1. Встановлені параметри процедури ПРВ ЕЕЗ є такими:
  - узагальнені еколого-економічні ефекти I, II і III етапів складають: річні –  $\overline{\Delta p}_{ет}$ : 0,34, 0,15 і 0,36 відповідно; довгострокові –  $\overline{\Delta P}_{ет}$ : 0,34, 0,15 і 0,31, відповідно;
  - відносний загальний економічний ефект етапів –  $\overline{\Delta C^3}_{ет}$  становить: для I-го етапу – 0,31, для II-го – 0,12, для III-го – 0,17;
  - значення повної вартості –  $C^п_{ет}$  і розрахункового терміну окупності –  $T^p_{ет(ок)}$  етапів становлять: для I-го етапу – 51,8 тис. грн. і 2,2 роки, для II-го – 58,9 тис. грн. і 5,7 років, для III-го – 242,0 тис. грн. і 9,7 роки;
  - очікувані значення обсягів інвестування –  $C^{ін}_{ет}$  і фактичних термінів окупності –  $T^ф_{ет(ок)}$  етапів становлять: для I-го етапу – 51,8 тис. грн. і 2,2 роки, для II-го – 34,1 тис. грн. і 3,3 роки, для III-го – 99,8 тис. грн. і 4,0 роки;
  - періоди початку виконання етапів –  $T_{ет(п)}$  мають значення: для I-го етапу – 0 років, для II-го – 0 років, для III-го – 3,5 років;
  - значимість етапів –  $e_{ет}$  складає: I-го етапу – 39%, II-го – 18%, III-го – 43%;
  - відносний внесок інвестицій у вартість етапів –  $\overline{R}^{ін}_{ет}$  складає: для I-го етапу – 1,0, для II-го – 0,58, для III-го – 0,41.

2. Встановлені показники ефективності процедури ПРВ ЕЕЗ є такими:

– узагальнені еколого-економічні ефекти: річний  $\overline{\Delta r}_{\text{пр}}$  та довгостроковий  $\overline{\Delta P}_{\text{пр}}$  складають 0,85 та 0,80 відповідно;

– річні екологічні ефекти: енергозберігаючі –  $\Delta q_{\text{пр}}$  та  $\Delta q_{\text{пр(s)}}$ , ресурсозберігаючий –  $\Delta v_{\text{пр(п)}}$  та середовищезахисні –  $\Delta m_{\text{пр(NOx)}}$  і  $\Delta m_{\text{пр(CO2)}}$  становлять: 41,6 МВт·год, 175 кВт·год/м<sup>2</sup>, 5,53 тис. м<sup>3</sup>, 2,0 т і 18,3 кг, відповідно;

– довгострокові екологічні ефекти: енергозберігаючий –  $\Delta Q_{\text{пр}}$ , ресурсозберігаючий –  $\Delta V_{\text{пр(п)}}$  та середовищезахисні –  $\Delta M_{\text{пр(NOx)}}$  і  $\Delta M_{\text{пр(CO2)}}$  становлять: 97 МВт·год, 130 тис. м<sup>3</sup>, 69 т та 430 кг, відповідно;

– економічні ефекти: річний  $\Delta c_{\text{пр}}$  та довгостроковий  $\Delta C_{\text{пр}}$  мають значення: 58,5 тис. грн. та 1,38 млн. грн., відповідно.

3. Порівняно з процедурою ОКВ ЕЕЗ процедура ПРВ ЕЕЗ має такі переваги:

– забезпечення однакового узагальненого еколого-економічного ефекту  $\overline{\Delta r}_{\text{пр}} = 0,85$  при несуттєвому зменшенні довгострокових ефектів  $\overline{\Delta P}_{\text{пр}}$  – з 0,85 до 0,80, тобто на 6,0% та  $\Delta C_{\text{пр}}$  – з 1,5 млн. грн. до 1,4 млн. грн., тобто на 5,8%;

– зменшення обсягів інвестування, потрібних для початку реалізації процедури впровадження ЕЕЗ у 8,1 рази;

– зменшення показника відносного внеску інвестицій  $\overline{R}_{\text{ін}}$  у вартість процедури впровадження ЕЕЗ, яка складає 0,4 млн. грн., з 1,0 до 0,73, тобто у 1,4 рази при несуттєвому зростанні терміну окупності цієї процедури – з 6,0 років до 7,5 роки, тобто на 1,5 років або на 24,4%.

**Аналіз результатів досліджень НО №2**, представлених у табл. 4.10 – 4.12 і на рис. 4.4 – 4.5, свідчить про наступне.

1. Встановлені параметри процедури ПРВ ЕЕЗ є такими:

– узагальнені еколого-економічні ефекти I, II і III етапів складають: річні  $\overline{\Delta r}_{\text{ет}}$ : 0,34, 0,24 і 0,22, відповідно; довгострокові  $\overline{\Delta P}_{\text{ет}}$ : 0,39, 0,24 і 0,20, відповідно;

– відносний загальний економічний ефект етапів  $\overline{\Delta C}_{\text{ет}}$  становить: для I-го етапу – 0,35, для II-го – 0,19, для III-го – 0,09;

– значення повної вартості –  $C_{ет}^п$  і розрахункового терміну окупності –  $T_{ет(ок)}^п$  етапів становлять: для I-го етапу – 644,0 тис. грн. і 2,8 років, для II-го – 808,0 тис. грн. і 5,7 років, для III-го – 1609,0 тис. грн. і 12,3 роки;

– очікувані значення обсягів інвестування –  $C_{ет}^{ін}$  і фактичних термінів окупності –  $T_{ет(ок)}^ф$  етапів становлять: для I-го етапу – 644,0 тис. грн. і 2,8 років, для II-го – 553,0 тис. грн. і 3,9 роки, для III-го – 523,0 тис. грн. і 4,0 роки;

– періоди початку виконання етапів –  $T_{ет(п)}$  мають значення: для I-го етапу – 0 років, для II-го – 0 років, для III-го – 2,8 років;

– значимість етапів –  $e_{ет}$  складає: I-го етапу – 46%, II-го – 28%, III-го – 26%;

– відносний внесок інвестицій у вартість етапів –  $\bar{R}_{ет}^{ін}$  складає: для I-го етапу – 1,0, для II-го – 0,68, для III-го – 0,32.

2. Встановлені показники ефективності процедури ПРВ ЕЕЗ є такими:

– узагальнені еколого-економічні ефекти: річний –  $\Delta r_{пр}$  та довгостроковий –  $\bar{\Delta R}_{пр}$  складають 0,85 та 0,83, відповідно;

– річні екологічні ефекти: енергозберігаючі –  $\Delta q_{пр}$  та  $\Delta q_{пр(s)}$ , ресурсозберігаючий –  $\Delta v_{пр(n)}$  та середовищезахисні –  $\Delta m_{пр(NOx)}$  і  $\Delta m_{пр(CO2)}$  становлять: 440 МВт·год, 293 кВт·год/м<sup>2</sup>, 47 тис. м<sup>3</sup>, 106 т і 656 кг, відповідно;

– довгострокові екологічні ефекти: енергозберігаючий –  $\Delta Q_{пр}$ , ресурсозберігаючий –  $\Delta V_{пр(n)}$  та середовищезахисні –  $\Delta M_{пр(NOx)}$  і  $\Delta M_{пр(CO2)}$  становлять: 10,7 ГВт·год, 1293 тис. м<sup>3</sup>, 687 т та 4,27 т, відповідно;

– економічні ефекти: річний –  $\Delta c_{пр}$  та довгостроковий –  $\Delta C_{пр}$  мають значення: 502 тис. грн. та 12,1 млн. грн., відповідно.

3. Порівняно з процедурою ОКВ ЕЕЗ процедура ПРВ ЕЕЗ має такі переваги:

– забезпечення однакового узагальненого еколого-економічного ефекту  $\bar{\Delta R}_{пр} = 0,85$  при несуттєвому зменшенні довгострокових ефектів  $\bar{\Delta R}_{пр}$  – з 0,85 до 0,83, тобто на 2,9% та  $\Delta C_{пр}$  – з 12,5 млн. грн. до 12,1 млн. грн., тобто на 2,9%;

– зменшення обсягів інвестування, потрібних для початку реалізації процедури впровадження ЕЕЗ у 4,8 рази;

– зменшення показника відносного внеску інвестицій  $\bar{R}_{ін}$  у вартість процедури впровадження ЕЕЗ, яка складає 3,1 млн. грн., з 1,0 до 0,53, тобто у 1,9 рази при несуттєвому зростанні терміну окупності цієї процедури – з 6,1 років до 6,8 роки, тобто на 0,7 років або на 11,4%.

**Аналіз результатів досліджень НО №3**, представлених у табл. 4.13 – 4.15 і на рис. 4.6 – 4.7, свідчить про наступне.

1. Встановлені параметри процедури ПРВ ЕЕЗ є такими:

1 – узагальнені еколого-економічні ефекти I; II; III етапів складають: річні  $\Delta p_{ет}$  – 0,32; 0,29 і 0,29 відповідно; довгострокові  $\Delta \bar{P}_{ет}$  – 0,32; 0,28 і 0,25, відповідно;

2 – відносний загальний економічний ефект етапів –  $\Delta \bar{C}_{ет}^3$  становить : I-го – 0,29, II-го – 0,19, III-го – 0,14;

3 – розрахункові значення вартості і термінів окупності етапів: I-го – 260,0 тис.грн. і 1,9 роки, II-го – 908,0 тис.грн. і 7,3 років, III-го – 1139,0 тис.грн. і 12,1 років;

4 – очікувані фактичні значення вартості і термінів окупності етапів: I-го – 260,0 тис.грн. і 1,9 роки, II-го – 497,0 тис.грн. і 4,0 роки, III-го – 377,0 тис.грн. і 4,0 роки;

5 – періоди затримки початку виконання етапів: I-го – 0 років, II-го – 0,9 років, III-го – 3,2 років;

6 – значимість етапів  $e_{ет}$ : I-го – 38%, II-го – 35%, III-го – 27%;

7 – відносний внесок інвестицій у вартість етапів  $\bar{R}_{ет}^{ін}$ : I-го – 1,0, II-го – 0,55, III-го – 0,33.

2. Встановлені показники ефективності процедури ПРВ ЕЕЗ є такими:

– узагальнений еколого-економічний ефект: річний –  $\Delta p_{пр} = 0,89$ ; довгостроковий  $\Delta \bar{P}_{пр} = 0,85$ ;

– енергетичний ефект: річний –  $\Delta q_{пр} = 173$  МВт·год при  $\Delta q_s = 221$  кВт·год/м<sup>2</sup>; довгостроковий  $\Delta Q_{пр} = 4,1$  ГВт·год;

– економічний ефект: річний –  $\Delta c_{пр} = 381$  тис.грн; довгостроковий  $\Delta C_{пр} = 9,5$  млн.грн.

3. Порівняно з процедурою ОКВ ЄЕЗ процедура ПРВ ЄЕЗ має такі переваги:

– забезпечення рівня річного узагальненого еколого-економічного ефекту  $\bar{\Delta P}_{\text{пр}}$  при несуттєвому зменшенні довгострокових ефектах  $\bar{\Delta P}_{\text{пр}}$  – з 0,89 до 0,85 тобто на 5,3% та  $\Delta C_{\text{пр}}$  – з 9,0 млн.грн. до 9,5 млн.грн. тобто на 5,3%;

– зменшення обсягів інвестування для початку реалізації процедури у 8,9 рази;

– зменшення показника  $\bar{R}_{\text{ін}}$  відносного внеску інвестицій у вартість процедури – 2,3 млн.грн. з 1,0 до 0,49, тобто у 2 рази при несуттєвому зростанні терміну окупності процедури з 6,5 років до 7,2 роки, тобто на 0,7 років або на 10,2%.

**Аналіз результатів досліджень НО №4**, представлених у табл. 4.16 – 4.18 і на рис. 4.8 – 4.9, свідчить про наступне.

1. Встановлені параметри процедури ПРВ ЄЕЗ є такими:

1 – узагальнені еколого-економічні ефекти I; II; III етапів складають: річні  $\bar{\Delta P}_{\text{ет}}$  – 0,24; 0,28 і 0,12 відповідно; довгострокові  $\bar{\Delta P}_{\text{ет}}$  – 0,24; 0,28 і 0,11, відповідно;

2- відносний загальний економічний ефект етапів –  $\bar{\Delta C}_{\text{ет}}^3$  становить: I-го – 0,21, II-го – 0,22, III-го – 0,08;

3 – розрахункові значення вартості і термінів окупності етапів: I-го – 1397 тис.грн. і 2,6 роки, II-го – 3461 тис.грн. і 5,4 років, III-го – 1866 тис.грн. і 7,0 років;

4 – очікувані фактичні значення вартості і термінів окупності етапів: I-го – 1397 тис.грн. і 2,6 роки, II-го – 2564 тис.грн. і 4 роки, III-го – 1066 тис.грн. і 4,0 роки;

5 – періоди затримки початку виконання етапів: I-го – 0 років, II-го – 0,2 років, III-го – 0,9 роки;

6 – значимість етапів  $e_{\text{ет}}$ : I-го – 37%, II-го – 45%, III-го – 18%;

7 – відносний внесок інвестицій у вартість етапів  $\bar{R}_{\text{ет}}^{\text{ін}}$ : I-го – 1,0, II-го – 0,74, III-го – 0,57.

2. Встановлені показники ефективності процедури ПРВ ЄЕЗ є такими:



– узагальнений еколого-економічний ефект: річний –  $\Delta p_{\text{пр}} = 0,64$ ;  
довгостроковий  $\overline{\Delta P}_{\text{пр}} = 0,63$ ;

– енергетичний ефект: річний –  $\Delta q_{\text{пр}} = 1028$  МВт·год при  $\Delta q_s = 172$  кВт·год/м<sup>2</sup>; довгостроковий  $\Delta Q_{\text{пр}} = 25,4$  ГВт·год;

– економічний ефект: річний –  $\Delta c_{\text{пр}} = 1449$  тис.грн; довгостроковий  $\Delta C_{\text{пр}} = 35,9$  млн.грн.

3. Порівняно з процедурою ОКВ ЕЕЗ процедура ПРВ ЕЕЗ має такі переваги:

– забезпечення рівня річного узагальненого еколого-економічного ефекту  $\overline{\Delta p}_{\text{пр}}$  при несуттєвому зменшенні довгострокових ефектах  $\overline{\Delta P}_{\text{пр}}$  – з 0,64 до 0,63 тобто на 1,0% та  $\Delta C_{\text{пр}}$  – з 36,2 млн.грн. до 35,9 млн.грн. тобто на 1,1%;

– зменшення обсягів інвестування для початку реалізації процедури у 4,8 рази;

– зменшення показника  $\overline{R}_{\text{ін}}$  відносного внеску інвестицій у вартість процедури – 6,7 млн.грн. з 1,0 до 0,35, тобто у 2,8 рази при несуттєвому зростанні терміну окупності процедури з 4,6 років до 4,9 роки, тобто на 0,3 років або на 5,6%.

**Аналіз результатів досліджень НО №5**, представлених у табл. 4.19 – 4.21 і на рис. 4.10 – 4.11, свідчить про наступне.

1. Встановлені параметри процедури ПРВ ЕЕЗ є такими:

1 – узагальнені еколого-економічні ефекти I; II; III етапів складають: річні  $\overline{\Delta p}_{\text{ет}}$  – 0,27; 0,17 і 0,20 відповідно; довгострокові  $\overline{\Delta P}_{\text{ет}}$  – 0,27; 0,16 і 0,17 відповідно;

2 – відносний загальний економічний ефект етапів –  $\overline{\Delta C}_{\text{ет}}^3$  становить : I-го – 0,23, II-го – 0,09, III-го – 0,05;

3 – розрахункові значення вартості і термінів окупності етапів: I-го – 2845 тис.грн. і 3,3 роки, II-го – 4174 тис.грн. і 7,7 років, III-го – 7491 тис.грн. і 11,8 роки;

4 – очікувані фактичні значення вартості і термінів окупності етапів: I-го – 2845 тис.грн. і 3,3 роки, II-го – 2168 тис.грн. і 4,0 роки, III-го – 2539 тис.грн. і 4,0 роки;

5 – періоди затримки початку виконання етапів: I-го – 0 років, II-го – 1,6 років, III-го – 5,1 років;

6 – значимість етапів  $e_{\text{ет}}$ : I-го – 42%, II-го – 27%, III-го – 31%;

7 – відносний внесок інвестицій у вартість етапів  $\bar{R}_{\text{ет}}^{\text{ін}}$ : I-го – 1,0, II-го – 0,52, III-го – 0,34.

2. Встановлені показники ефективності процедури ПРВ ЕЕЗ є такими:

– узагальнений еколого-економічний ефект: річний –  $\Delta r_{\text{пр}} = 0,64$ ; довгостроковий  $\bar{\Delta R}_{\text{пр}} = 0,60$ ;

– енергетичний ефект: річний –  $\Delta q_{\text{пр}} = 1448$  МВт·год при  $\Delta q_s = 96$  кВт·год/м<sup>2</sup>; довгостроковий  $\Delta Q_{\text{пр}} = 34,1$  ГВт·год;

– економічний ефект: річний –  $\Delta c_{\text{пр}} = 1577$  тис.грн; довгостроковий  $\Delta C_{\text{пр}} = 37,1$  млн.грн.

3. Порівняно з процедурою ОКВ ЕЕЗ процедура ПРВ ЕЕЗ має такі переваги:

– забезпечення рівня річного узагальненого еколого-економічного ефекту  $\bar{\Delta r}_{\text{пр}}$  при несуттєвому зменшенні довгострокових ефектах  $\bar{\Delta R}_{\text{пр}}$  – з 0,64 до 0,60 тобто на 5,8% та  $\Delta C_{\text{пр}}$  – з 39,4 млн.грн. до 37,1 млн.грн. тобто на 5,8%;

– зменшення обсягів інвестування для початку реалізації процедури у 5,1 рази;

– зменшення показника  $\bar{R}_{\text{ін}}$  відносного внеску інвестицій у вартість процедури – 14,5 млн.грн. з 1,0 до 0,52, тобто у 1,9 рази при несуттєвому зростанні терміну окупності процедури з 7,1 років до 9,1 роки, тобто на 2,0 років або на 28,0%.

Узагальнені результати досліджень НО №1-5 доводять наступні переваги процедури ПРВ ЕЕЗ над процедурою ОКВ ЕЕЗ при реалізації всіх запропонованих до впровадження ЕЕЗ в умовах фінансового дефіциту: для досягнення рівної для обох процедур річної еколого-економічної ефективності, яка склала 64-85%, процедура ПРВ ЕЕЗ потребує менших обсягів інвестування у 4,8-9,1 рази для початку своєї реалізації та у 1,4-2,0 рази для повного виконання, зростання терміну окупності порівняно з процедурою ОКВ ЕЕЗ при цьому є несуттєвим і складає 0,3-2,0 роки.

#### **Висновок до розділу 4**

Проведено відпрацювання методології ПРВ ЕЕЗ в ТС «виробник-споживач ТЕ» на 5-ти НО закладів освіти з різними типами систем тепlopостачання, застосовуваними видами палива, загальними опалювальними площами – 0,24-15,2 м<sup>2</sup>, рівнями питомої потреби в тепловій енергії – 149-342 кВт·год/м<sup>2</sup>. Результати досліджень продемонстрували наступні переваги процедури ПРВ ЕЕЗ: для досягнення рівної з процедурою ОКВ ЕЕЗ річної еколого-економічної ефективності, яка склала 64-85 %, процедура ПРВ ЕЕЗ потребує менших обсягів інвестування – у 4,8-9,1 рази для початку своєї реалізації та у 1,4-2,0 рази – для повного виконання; зростання терміну окупності порівняно з процедурою ОКВ ЕЕЗ при цьому є несуттєвим і складає 0,3-2,0 роки.

## РОЗДІЛ 5

### РЕЗУЛЬТАТИ ТЕОРЕТИЧНИХ ТА ПРИКЛАДНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ ЕФЕКТИВНОСТІ ТЕХНОЛОГІЙ ЕКОЛОГІЗАЦІЇ ОБ'ЄКТІВ ВИРОБНИКІВ І СПОЖИВАЧІВ ТЕПЛА

В цьому розділі представлені результати 2-х теоретичних та 2-х прикладних досліджень, проведених на основі створених Методології ПРВ ЕЕЗ і ПК з метою зменшення негативного впливу комунальної енергетики на довкілля за рахунок екологізації об'єктів, які виробляють і споживають теплову енергію. При цьому були обрані наступні напрямки досліджень:

– теоретичних: математичне моделювання ефективності комбінованих системи теплопостачання з альтернативними джерелами теплопостачання та «розумними» системами опалення будівель;

– прикладних: оцінка ефективності застосування технології ПРВ ЕЕЗ в групі типових будівель та визначення еколого-економічних збитків від прихованих дефектів у тепловому захисті будівлі

Нижче представлено систематизовані данні щодо вказаних досліджень у такій формі: об'єкт досліджень, постановка завдання, методика досліджень, отримані результати та їх аналіз.

#### **5.1 Математичне моделювання ефективності комбінованих системи теплопостачання з альтернативними джерелами енергії**

*Об'єкт досліджень.* В якості об'єкту досліджень використовувався НО №5, для якого проводилась оцінка ефективності впровадження ЕЕЗ – заміни традиційної системи теплопостачання – газової котельної установки з ККД 89 % на комбіновану систему теплопостачання (КСТ) з 3-ма енергогенеруючими модулями: двома основними – модулем газових конденсаційних котлів (ГКК) модифікації Logamax plus GB 162 [95] і модулем теплових насосів (ТН) типу «повітря-вода» модифікації CS5000AW [91] та одним додатковим – геліосистемою (ГС), яка складалась з 80-ти сонячних колекторів SKT 1.0 [92] (рис. 5.1).

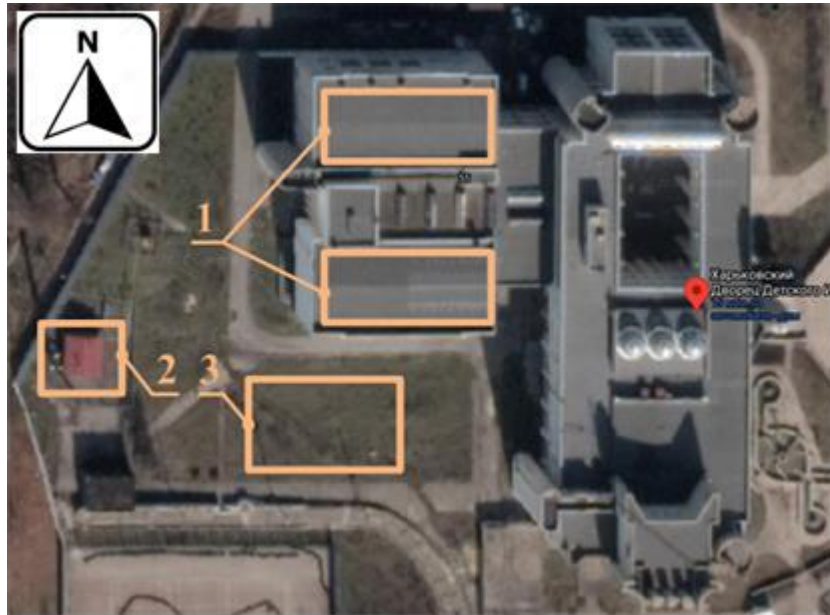


Рисунок 5.1 – Загальний вигляд об’єкту досліджень та ділянок розташування елементів комбінованої системи теплопостачання: 1 – ГС ; 2 – ГКК ; 3 – ТН.

Річна теплопродуктивність КСТ –  $q_{\text{п}}$ , визначена за допомогою ПК «Рациональне впровадження ЕЕЗ» за умови відповідності теплового захисту будівлі НО №5 нормативним вимогам, складає 950 МВт·год. Внесок різних джерел енергії у загальну теплопродуктивність  $q_{\text{п}}$ , визначається на основі рівняння теплового балансу КСТ:

$$q_{\text{п}} = q_{\text{ТН}} + q_{\text{ГКК}} + q_{\text{ГС}}, \quad (5.1)$$

де  $q_{\text{ТН}}$ ,  $q_{\text{ГКК}}$  і  $q_{\text{ГС}}$  – теплопродуктивності відповідних джерел теплової енергії: ТН, ГКК і ГС, які визначаються наступним чином:

$$q_{\text{ТН}} = \gamma_{\text{ТН}} \cdot (q_{\text{п}} - \gamma_{\text{ГС}} \cdot q_{\text{ГС}}), \quad (5.2)$$

$$q_{\text{ГКК}} = (1 - \gamma_{\text{ТН}}) \cdot (q_{\text{п}} - \gamma_{\text{ГС}} \cdot q_{\text{ГС}}), \quad (5.3)$$

$$q_{\text{ГС}} = \gamma_{\text{ГС}} \cdot q_{\text{п}}, \quad (5.4)$$

де  $\gamma_{\text{ТН}}$  – відносна частка ТН в сумарній теплопродуктивності основних джерел енергії КСТ;

$\gamma_{\text{ГС}}$  – відносна частка ГС в загальній теплопродуктивності КСТ.

Таким чином різні варіанти розподілу теплової енергії між 3-ма джерелами характеризуються значеннями двох коефіцієнтів –  $\gamma_{\text{тн}}$  та  $\gamma_{\text{гс}}$ .

*Постановка завдання.* Мета досліджень полягала у створенні та аналізі 2-х факторних математичних моделей, які описують вплив коефіцієнтів  $\gamma_{\text{тн}}$  та  $\gamma_{\text{гс}}$  на ефективність КСТ, яка характеризується нормованими показниками екологічного –  $P_{\text{н}}$ , економічного –  $C_{\text{н}}$  та комплексного –  $(PC)_{\text{н}}$  ефектів:

$$P_{\text{н}} = \frac{1 - \bar{P}_2}{(1 - \bar{P}_2)_{\text{max}}}, \quad (5.5)$$

$$C_{\text{н}} = \frac{1 - \bar{C}_2}{(1 - \bar{C}_2)_{\text{max}}}, \quad (5.6)$$

$$(PC)_{\text{н}} = WF_{P_{\text{н}}} \cdot P_{\text{н}} + WF_{C_{\text{н}}} \cdot C_{\text{н}}, \quad (5.7)$$

де  $\bar{P}_2$  – відносне значення показника екологічного стану об'єкту досліджень після впровадження ЕЕЗ за довгостроковий період;

$(1 - \bar{P}_2)_{\text{max}}$  – максимальне значення екологічного ефекту від впровадження ЕЕЗ;

$\bar{C}_2$  – відносне значення показника економічного стану об'єкту досліджень після впровадження ЕЕЗ за довгостроковий період;

$(1 - \bar{C}_2)_{\text{max}}$  – максимальне значення економічного ефекту від впровадження ЕЕЗ;

$WF_{P_{\text{н}}}$ ,  $WF_{C_{\text{н}}}$  – вагові фактори відповідних ефектів, які приймалися рівними 0,5, що відповідає рівним внескам  $P_{\text{н}}$  і  $C_{\text{н}}$  в комплексний ефект ЕЕЗ.

*Методика досліджень* передбачала послідовне виконання наступних операцій.

1. Встановлення рівнів варіювання коефіцієнтів  $\gamma_{\text{тн}}$  та  $\gamma_{\text{гс}}$ :

$\gamma_{\text{тн}}$  : 0; 1/3; 2,3; 1 (4 рівня);

$\gamma_{\text{гс}}$  : 0; 1/5 (2 рівня).

2. Визначення за допомогою виразів (5.2) – (5.4) теплопродуктивностей  $q_{\text{тн}}$ ,  $q_{\text{гкк}}$  і  $q_{\text{гс}}$  відповідно до встановлених рівнів варіювання величин  $\gamma_{\text{тн}}$  та  $\gamma_{\text{гс}}$  (табл. 5.1).

3. Визначення за допомогою ПК «Рациональне впровадження ЕЕЗ» та виразів (5.5) – (5.7) ефектів від впровадження ЕЕЗ –  $P_{\text{н}}$ ,  $C_{\text{н}}$  і  $(PC)_{\text{н}}$  при різних співвідношеннях коефіцієнтів  $\gamma_{\text{тн}}$  та  $\gamma_{\text{гс}}$ . При цьому вартість КСТ з відповідною

комплектацією енергогенеруючого обладнання, яка використовувалась при розрахунку ефекту  $C_H$ , визначалась на основі комерційних пропозицій однієї з працюючих в цій сфері компаній, представлених в Додатку Г.

Таблиця 5.1 – Розрахункові значення теплопродуктивності різних джерел тепла відповідно до встановлених рівнів варіювання коефіцієнтів  $\gamma_{Гс}$  та  $\gamma_{Тн}$

$\gamma_{Гс} = 0$				$\gamma_{Гс} = 1/5$			
$\gamma_{Тн}$	$q_i, \text{МВт}\cdot\text{год}$			$\gamma_{Тн}$	$q_i, \text{МВт}\cdot\text{год}$		
	$q_{Тн}$	$q_{ГКК}$	$q_{Гс}$		$q_{Тн}$	$q_{ГКК}$	$q_{Гс}$
0	0	950	0	0	0	760	190
1/3	317	633		1/3	253	507	
2/3	633	317		2/3	507	253	
1	950	0		1	760	0	

4. Встановлення апроксимаційних залежностей показників ефективності  $\Delta P_H$ ,  $\Delta C_H$  і  $\Delta(PC)_H$  від величин  $\gamma_{Тн}$  та  $\gamma_{Гс}$  у вигляді поліномів 1-го порядку:

$$\Delta X = a_0 + a_1 \cdot \gamma_{Тн} + a_2 \cdot \gamma_{Гс}, \quad (5.8)$$

де  $\Delta X$  – показник ефективності ЕЕЗ;

$a_0$ ,  $a_1$ ,  $a_2$  – коефіцієнти лінійної 2-х факторної математичної моделі, які визначаються відповідно до методики, представленої в роботі [96].

5. Оцінка достовірності отриманих залежностей за показниками відповідних довірчих інтервалів  $\Delta P_H$ ,  $\Delta C_H$  та  $\Delta(PC)_H$ , які визначається за методикою, представленою в роботі [97].

*Отримані результати та їх аналіз.* Результати досліджень, проведених у відповідності до вищенаведеної методики, представлені на рис. 5.3. Аналіз отриманих результатів свідчить про наступне:

– вплив параметрів  $\gamma_{Тн}$  та  $\gamma_{Гс}$  на показники ефективності  $P_H$ ,  $C_H$  і  $(PC)_H$  може оцінюватись на основі встановлених математичних моделей:

$$\Delta P_H = 0,38 \cdot \gamma_{Тн} + 1,12 \cdot \gamma_{Гс} + 0,42, \quad (5.9)$$

$$\Delta C_H = -0,34 \cdot \gamma_{TH} + 1,11 \cdot \gamma_{GC} + 0,76, \quad (5.10)$$

$$\Delta(PC)_H = 0,02 \cdot \gamma_{TH} + 1,12 \cdot \gamma_{GC} + 0,59, \quad (5.11)$$

– абсолютні (відносні) значення довірчих інтервалів залежностей (5.9)-(5.11) є такими  $\Delta P_H \pm 0,015$  ( $\pm 2,9\%$ );  $\Delta C_H = \pm 0,017$  ( $\pm 3,4\%$ ) та  $\Delta(PC)_H \pm 0,013$  ( $\pm 2,6\%$ ), відповідно, що свідчить про високу достовірність отриманих математичних моделей;

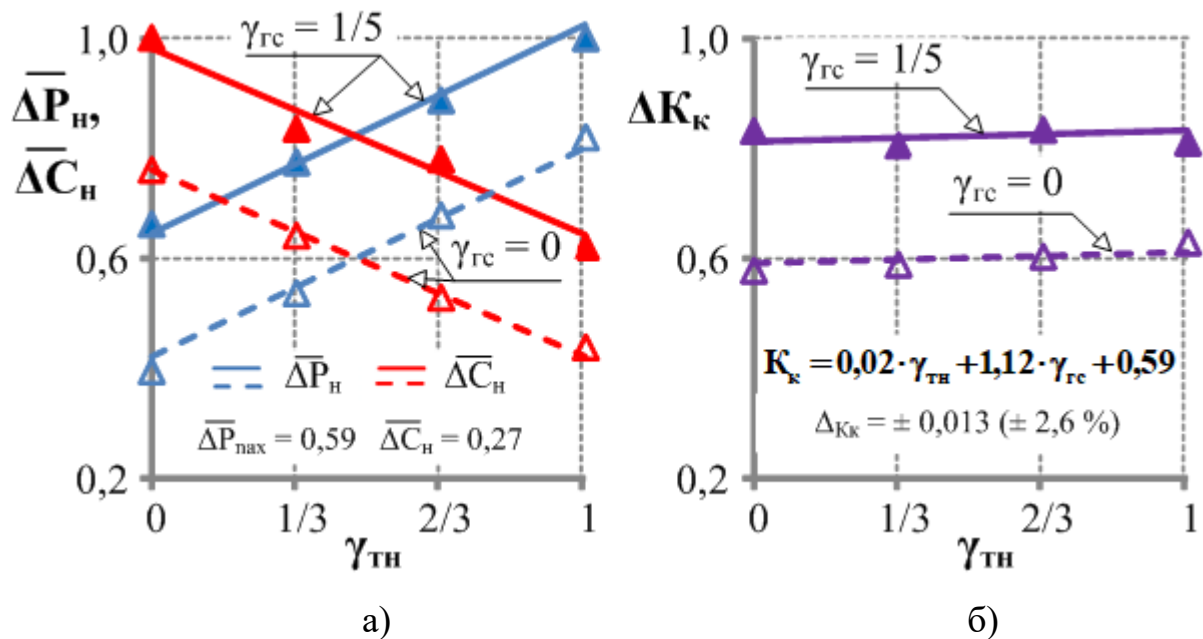


Рисунок 5.2 – Результати досліджень нормованих показників ефективності КСТ: а) екологічного –  $\Delta P_H$  і економічного –  $\Delta C_H$ ; б) комплексного –  $\Delta(PC)_H = \Delta K_K$ .

– максимальний екологічний ефект від впровадження ЕЕЗ –  $(1 - P_2)_{max} = 0,59$ , якому відповідає значення нормованого показника  $P_H = 1$ , досягається при використанні 2-х джерел тепла – ТН та ГС:  $\gamma_{TH} = 1$  та  $\gamma_{GC} = 1/5$ ; при цьому відносний внесок в цей ефект ГС складає 22%;

– максимальний економічний ефект –  $(1 - C_2)_{max} = 0,27$ , якому відповідає значення нормованого показника  $C_H = 1$ , досягається при використанні 2-х джерел тепла – ГКК та ГС:  $\gamma_{TH} = 0$  та  $\gamma_{GC} = 1/5$ ; при цьому відносний внесок в цей ефект ГС складає 22%;



– максимальний комплексний ефект –  $(PC)_H = 0,82 \pm 0,02$ , якому відповідають значення екологічного ефекту –  $(1 - \bar{P}_2) = 0,47$  та економічного ефекту –  $(1 - \bar{C}_2) = 0,21$  досягається при значенні  $\gamma_{ГС} = 1/5$  та не суттєвій залежності від  $\gamma_{ТН}$ ; при цьому відносний внесок в цей ефект ГС складає 36%.

Таким чином аналіз отриманих математичних моделей (5.9) – (5.11) доводить доцільність використання в КСТ додаткового джерела теплової енергії – ГС та дозволяє зробити наступні рекомендації:

- для досягнення максимального *екологічного* ефекту в якості основного джерела теплової енергії слід використовувати енергогенеруючий модуль з ТН;
- для досягнення максимального *економічного* ефекту в якості основного джерела теплової енергії слід використовувати енергогенеруючий модуль з ГКК;
- найбільший *комплексний* ефект при рівній значимості екологічної і економічної ефективності КСТ досягається при використанні в якості основних джерел енергії енергетичних модулів з ТН і ГКК з довільним співвідношенням їх теплопродуктивності.

Принципи оцінювання ефективності комбінованих системи теплопостачання з альтернативними джерелами енергії та отримані результати математичного моделювання на прикладі НО №5 були висвітлені в роботах [53, 98, 99].

## **5.2 Математичне моделювання ефективності «розумних» систем опалення будівель**

*Об'єкт досліджень.* В якості об'єкту досліджень використовувався НО №1 (рис. 5.3), для якого оцінювалась ефективність впровадження ЕЕЗ – використання «розумної» системи опалення будівлі з автоматизованим модулем управління Herz Smart Comfort [100]. Ця система дозволяє забезпечувати в приміщеннях будівлі різні теплові режими – комфортний та економічний, які характеризуються внутрішніми температурами повітря  $t^k_v$  та  $t^e_v$ , відповідно.

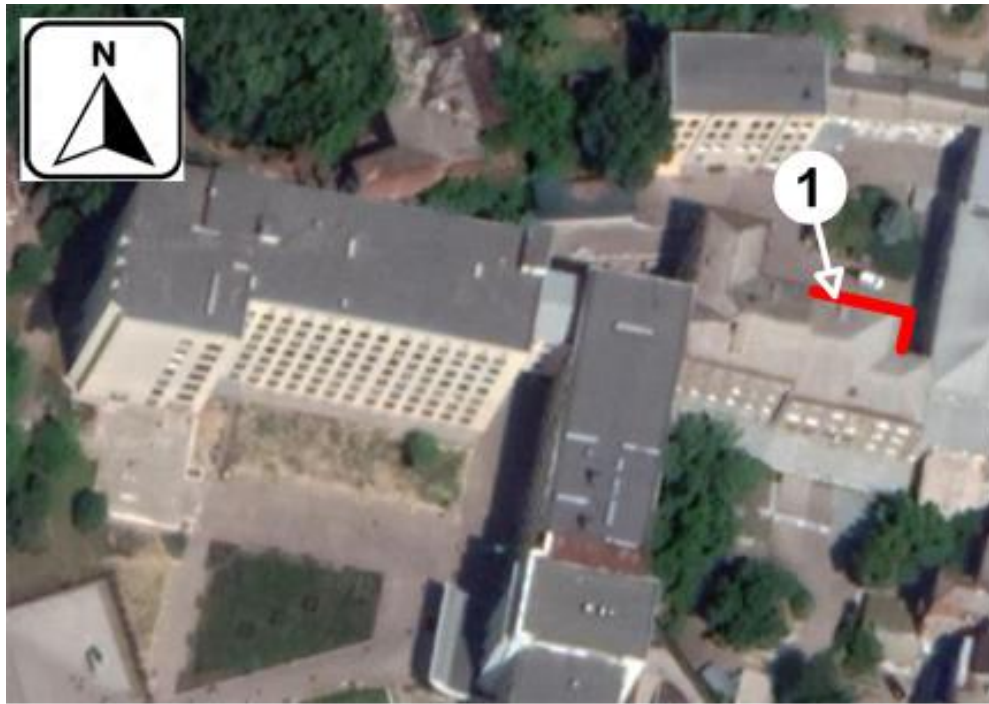


Рисунок 5.3 – Загальний вигляд об’єкту досліджень:

1 – :фрагмент будівлі з «розумною» системою опалення.

Абсолютний та відносний річні енергетичні ефекти від використання «розумної» системи опалення, які утворюються в результаті регулювання теплових режимів приміщень протягом опалювального сезону, можуть бути оцінені за допомогою формул:

$$\Delta q = q_1 - (q_2 + q_{ст}) \quad (5.12)$$

$$\delta q = \frac{\Delta q}{q_1}, \quad (5.13)$$

де  $\Delta q$  – абсолютний річний енергетичний ефект;

$q_1$  – річна потреба в тепловій енергії традиційної системи опалення, в якій не передбачено управління тепловими режимами приміщень;

$q_2$  – річна потреба в тепловій енергії «розумної» системи опалення;

$q_{ст}$  – обсяг сонячних теплонадходжень через огорожувальні конструкції будівлі за опалювальний період, який залежить від орієнтації фасаду будівлі за сторонами світу відповідно до азимутального кута  $\varphi$ ;

$\delta q$  – відносний річний енергетичний ефект, %.

При визначенні величини  $\Delta q$  слід враховувати вплив на неї фактору сонячних теплонадходжень (ФСТ) в приміщення, який, в свою чергу, залежить від географічного розташування будівлі та орієнтації її фасаду за сторонами світу. Врахування даного фактору при впровадженні «розумної» системи опалення дозволяє підвищити еколого-економічну ефективність її використання.

*Постановка завдання.* Мета досліджень полягала у створенні та аналізі математичної моделі для врахування впливу ФСТ на енергоефективність «розумної» системи опалення будівлі НО №1; при цьому досліджувана математична модель мала вигляд поліноміальної залежності:

$$\delta q_n = \sum_{i=0}^n A_i \cdot \varphi^n, \quad (5.14)$$

де  $\delta q_n$  – нормований показник відносного річного енергетичного ефекту від впровадження ЕЕЗ;

$n$  – ступінь полінома, при якій забезпечується достатня точність математичного моделювання;

$A_i$  – коефіцієнти, які визначаються за результатами розрахункового експерименту;

$\varphi$  – азимутальний кут нормалі до фасаду будівлі, який характеризує його орієнтацію за сторонами світу.

Показник  $\delta q_n$  визначається наступним чином:

$$\delta q_n = \frac{\delta q(\varphi)}{\delta q_{\min}}, \quad (5.15)$$

де  $\delta q(\varphi)$  – відносний річний енергетичний ефект «розумної» системи опалення, який відповідає значенню азимутального кута  $\varphi$ ;

$\delta q_{\min}$  – мінімальне значення  $\delta q(\varphi)$  в досліджуваному діапазоні варіювання азимутального кута  $\varphi = 0 - 2\pi$ .

*Методика досліджень* передбачала послідовне виконання наступних операцій.

1. Визначення річної потреби в тепловій енергії традиційної системи опалення будівлі за формулою:

$$q_1 = \sum_{i=1}^{n_m} q_{1i}, \quad (5.16)$$

$$q_{1i} = \left( \sum_{j=1}^{n_{ок}} k_{окj} \cdot S_{окj} \right) \cdot (t_B^к - t_{zi}) \cdot \tau_i, \quad (5.17)$$

де  $n_m = 7$  – кількість місяців, протягом яких триває опалювальний сезон;  
 $q_{1i}$  – потреба традиційної системи опалення в тепловій енергії в  $i$ -му місяці;  
 $n_{ок}$  – кількість огороджувальних конструкцій, через які будівля втрачає теплову енергію;

$k_{окj}$  – коефіцієнт теплопередачі  $j$ -ї огороджувальної конструкції;

$S_{окj}$  – площа поверхні  $j$ -ї огороджувальної конструкції;

$t_{zi}$  – середня зовнішня температура повітря для будівлі в  $i$ -му місяці опалювального сезону, яка визначається з врахуванням географічного розташування об'єкту досліджень [61];

$\tau_i$  – тривалість роботи системи опалення в  $i$ -му місяці, год.

2. Визначення річної потреби в тепловій енергії «розумної» системи опалення будівлі за формулами:

$$q_2 = \sum_{i=1}^{n_m} q_{2i}, \quad (5.18)$$

$$q_{2i} = q_{1i} \cdot \left( 1 - \left( 1 - \gamma_{комф} \right) \cdot \frac{t_B^к - t_B^e}{t_B^к - t_{zi}} \right) \quad (5.19)$$

де  $\gamma_{комф}$  – коефіцієнт, що враховує відносну потребу приміщень будівлі в комфортному теплозабезпеченні та визначається за формулою:

$$\gamma_{комф} = \sum_{l=1}^{n_{пр}} \left( \frac{S_{оп.l}}{S_{оп}} \cdot \frac{\tau_{комф.l}}{\tau_{оп}} \right), \quad (5.20)$$

де  $n_{пр}$  – кількість приміщень, що опалюються;

$S_{оп.l}$  – опалювальна площа  $l$ -го приміщення,  $m^2$ ;

$S_{оп}$  – загальна опалювальна площа будівлі,  $m^2$ ;

$\tau_{комф.l}$  – тривалість комфортного теплового режиму у  $l$ -му приміщенні за опалювальний сезон, год;

$\tau_{оп}$  – тривалість опалювального періоду, год.

3. Встановлення обсягу сонячних теплонадходжень через огорожувальні конструкції будівлі за опалювальний період –  $q_{ст}$  для 8-ми варіантів орієнтації фасаду будівлі за сторонами світу: північному, північно-східному, східному, південно-східному, південному, південно-західному, західному і північно-західному, яким відповідають такі значення азимутального кута  $\varphi$ :  $0, \pi/4, \pi/2, 3\cdot\pi/4, \pi, 5\cdot\pi/4, 3\cdot\pi/2, 7\cdot\pi/4$  і  $2\pi$  з використанням формул:

$$q_{ст} = \sum_{i=1}^{n_m} q_{ст_i} , \quad (5.21)$$

$$q_{ст_i} = \sum_{j=1}^{n_{ок}} S_{ок_j} \cdot c_{ст_{ij}} , \quad (5.22)$$

де  $q_{ст_i}$  – обсяг сонячних теплонадходжень через огорожувальні конструкції будівлі у  $i$ -му місяці опалювального сезону;

$c_{ст_j}$  – питомий потік сонячних теплонадходжень через  $j$ -ту огорожувальну конструкцію у  $i$ -му місяці, Вт/м<sup>2</sup>, який визначається для кожного варіанту орієнтації фасаду будівлі на основі ДСТУ-Н Б В.1.1-27 [61];

4. Визначення за допомогою формул (5.12) і (5.13) значень річного енергетичного ефекту  $\Delta q$  і  $\delta q$  для кожного варіанту орієнтації фасаду будівлі та встановлення величини  $\delta q_{min}$ .

5. Встановлення за допомогою формули (5.14) 8-ми пар значень азимутального кута  $\varphi$  і відповідного йому нормованого річного ефекту  $\delta q_n$  та визначення на основі отриманих даних апроксимаційної залежності (5.13) з використанням методу найменших квадратів [103]; при цьому порядок поліному  $n$  визначається за умови не перевищення заданої похибки апроксимації –  $\pm 7,5\%$ .

*Результати досліджень та їх аналіз.* Результати досліджень, проведених у відповідності до вищенаведеної методики, представлені в табл. 5.2 і на рис. 5.4.

Аналіз отриманих результатів свідчить про наступне:

– встановлено математичну модель для врахування впливу ФСТ на ефективність «розумної» системи опалення –  $\delta q_n(\varphi)$ , якою є поліном 4-го порядку з похибкою апроксимації  $\pm 7,5\%$ :

$$\delta q(\varphi) = (1,15 \cdot \varphi^4 - 13,8 \cdot \varphi^3 + 47,3 \cdot \varphi^2 - 38,9 \cdot \varphi) \cdot 10^{-2} + 1,01; \quad (5.23)$$

Таблиця 5.2 – Результати досліджень впливу фактору сонячних теплонадходжень на ефективність «розумної» системи опалення будівлі

Розрахунковий параметр	Значення $\varphi$ (сторона світу)							
	0 (ПН)	$\pi/4$ (ПН-СХ)	$\pi/2$ (СХ)	$\pi \cdot 3/4$ (ПД-СХ)	$\pi$ (ПД)	$\pi \cdot 5/4$ (ПД-ЗХ)	$\pi \cdot 3/2$ (ЗХ)	$\pi \cdot 7/4$ (ПН-ЗХ)
$q_1$ , МВт·год	47,6							
$q_{зм}$ , МВт·год	39,2							
$q_{ст}$ , МВт·год	1,86	2,18	3,12	5,71	6,08	5,10	3,21	2,06
$\Delta q$ , МВт·год	10,2	10,6	11,5	14,1	14,5	13,5	11,6	10,4
$\delta q$ , %	21,5	22,2	24,2	29,6	30,4	28,3	24,3	21,9
$\delta q$	1,00	1,03	1,12	1,38	1,41	1,32	1,13	1,02

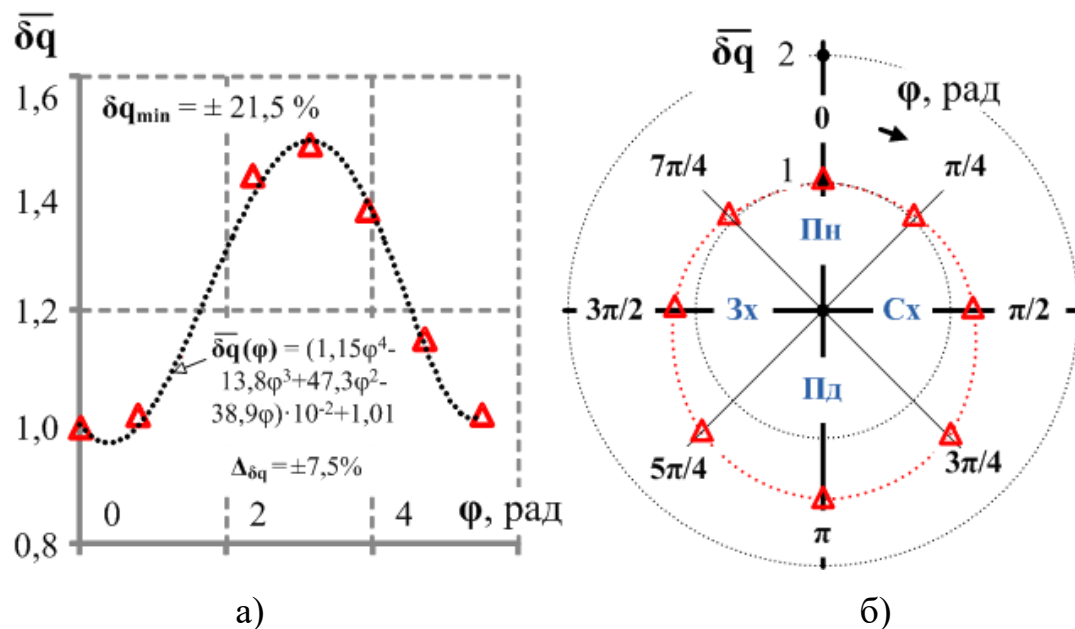


Рисунок 5.4 – Математична модель для врахування фактору сонячних теплонадходжень на ефективність «розумної» системи опалення:

а) у декартовій системі координат ; б) у полярній системі координат.

– мінімальне значення річного відносного енергетичного ефекту від

впровадження ЕЕЗ –  $\delta q_{\min} = 21,5 \%$  відповідає орієнтації фасаду будівлі на північ при значенні азимутального кута  $\varphi = 0$ ; при збільшенні  $\varphi$  в діапазоні  $\varphi = 0 - \pi$  ефективність ЕЕЗ зростає і досягає максимального значення –  $\delta q = 30,4 \%$  збільшується у 1,41 рази при орієнтації фасаду будівлі на південь ( $\varphi = \pi$ ); при подальшому збільшенні  $\varphi$  в діапазоні  $\varphi = \pi - 2\pi$  ефективність ЕЕЗ зменшується від значення  $\delta q = 30,4 \%$  до  $\delta q_{\min}$ ;

– підвищена ефективність «розумних» систем опалення забезпечується в будівлях або частинах будівель, фасади яких орієнтовані на південь, південний схід та південний захід; при цьому досягається збільшення ефекту від впровадження ЕЕЗ порівняно з мінімальним значенням  $\delta q_{\min}$  на 41%, 38% і 32%, відповідно.

Таким чином аналіз отриманої математичної моделі (5.23) доводить значний вплив ФСТ на ефективність «розумних» систем опалення будівель, який потрібно враховувати при впровадженні даного ЕЕЗ. Результати математичного моделювання ефективності «розумних» систем опалення на прикладі НО №1 висвітлені в [93, 101, 102].

### **5.3 Оцінка ефективності застосування технології ПРВ ЕЕЗ в групі типових будівель**

*Об'єкт досліджень* являв собою групу будівель загальною кількістю  $N = 36$  одиниць, спроектованих за єдиним з НО№ 4 типовим проектом та розташованих у м. Харків (рис. 5.5). Для даного об'єкту досліджень проведено розрахунковий експеримент з порівняльної оцінка ефективностей процедур ОКВ і ПРВ ЕЕЗ, які реалізуються при наступних умовах:

– приймаються припущення: 1) всі будівлі мають рівний з НО №4 початковий еколого-економічний станах будівель (див. табл. 4.1); 2) у всіх будівлях впроваджується єдиний з НО №4 комплекс ЕЕЗ (див. табл. 4.5);

– процедура ОКВ ЕЕЗ виконується поступово у всіх  $N$  будівлях з річною інтенсивністю  $\eta$ , яка приймалась рівною 3 будівлі/рік;

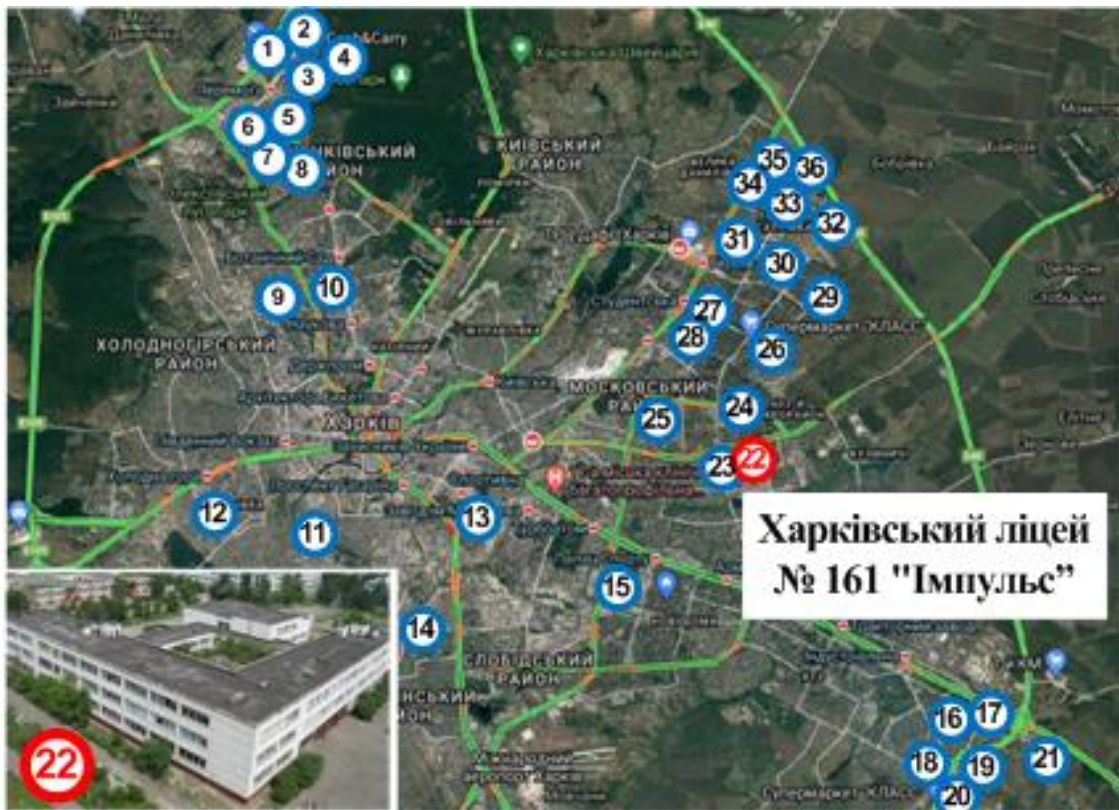


Рисунок 5.5 – Загальний вигляд та схема розташування групи типових будівель (ТБ)

- процедура ПРВ ЕЕЗ виконується одночасно у всій групі з N будівель;
- загальні тривалості виконання обох досліджуваних процедур –  $T_3$  є рівними і складають при прийнятому значення  $\eta$  – 12 років:

$$T_3 = \frac{C_3}{C_{\text{НО4}} \cdot \eta} = \frac{N}{\eta}, \quad (5.24)$$

де  $C_3$  – загальна вартість впровадження всіх рекомендованих ЕЕЗ у всіх будівлях, грн;

$C_{\text{НО4}}$  – вартість впровадження всіх рекомендованих ЕЕЗ в одній типовій будівлі, НО №4, грн.

- фінансові витрати на виконання обох процедур рівномірно розподілені у часі з річним обсягом фінансування –  $c$ , який складає

$$c = C_{\text{НО4}} \cdot \eta, \text{ грн/рік.} \quad (5.25)$$

*Постановка завдання.* Мета досліджень полягала у визначенні та порівняльному аналізі наступних показників ефективності процедур ОКВ і ПРВ



ЕЕЗ для групи з N будівель:

– відносного річного узагальненого еколого-економічного ефекту:

$$\Delta \bar{p}_N = \frac{\Delta q_N}{q_{N1}}, \quad (5.26)$$

де  $\Delta q_N$  – річний енергетичний ефект для групи з N будівель;

$q_{N1}$  – загальна потреба в тепловій енергії групи з N будівель до впровадження ЕЕЗ;

– відносного інтегрального узагальненого еколого-економічного ефекту за період T:

$$\Delta \bar{P}_N = \frac{\Delta Q_N}{Q_{N1}}, \quad (5.27)$$

де  $\Delta Q_N$  – інтегральні енергетичний ефект для групи з N будівель за період T;

$Q_{N1}$  – інтегральні витрати теплової енергії групою будівель за період T.

*Методика дослідження* полягала у послідовному виконанні наступних операцій.

1. Визначення показників початкового еколого-економічного стану групи з N будівель (табл.5.3):

$$p_{N1} = N \cdot p_{(HO4)1}, \quad (5.28)$$

де  $p_{(HO4)1}$  – річні показники початкового еколого-економічного стану однієї типової будівлі – HO №4 (див. табл. 4.1).

Таблиця 5.3 – Показники початкового еколого-економічного стану ТБ і групи з 36-ти ТБ.

Параметр		Значення параметру	Параметр		Значення параметру
p <sub>(HO4)1</sub>	q <sub>(HO4)1</sub> , ГВт·год	1,61	p <sub>N1</sub>	q <sub>N1</sub> , ГВт·год	58,0
	V <sub>(HO4)1</sub> , тис. м <sup>3</sup>	215		V <sub>N1</sub> , тис. м <sup>3</sup>	7740
	m <sub>CO2(HO4)1</sub> , Т	114		m <sub>CO2N1</sub> , Т	4104
	m <sub>NOx(HO4)1</sub> , Т	0,71		m <sub>NOxN1</sub> , Т	25,6
	C <sub>(HO4)1</sub> , МЛН. грн	2,27		C <sub>N1</sub> , МЛН. грн	81,7

2. Визначення відносних узагальнених ефектів від використання в групі з  $N$  будівель процедури ОКВ ЕЕЗ –  $\Delta\bar{p}_N^\Sigma$  та етапів процедури ПРВ ЕЕЗ –  $\Delta\bar{p}_N^{\text{ет}(i)}$ :

$$\Delta\bar{p}_N^{-\Sigma} = N \cdot \Delta\bar{p}_{\text{тб}}^{-\Sigma}, \quad (5.29)$$

$$\Delta\bar{p}_N^{-\text{ет}(i)} = N \cdot \Delta\bar{p}_{\text{тб}}^{-\text{ет}(i)}, \quad (5.30)$$

де  $\Delta\bar{p}_{\text{тб}}^\Sigma$  – відносний узагальнений ефект від впровадження в ТБ усіх рекомендованих ЕЕЗ;

$\Delta\bar{p}_{\text{тб}}^{\text{ет}(i)}$  – відносний узагальнений ефект від впровадження в ТБ ЕЕЗ  $i$ -го етапу процедури ПРВ ЕЕЗ.

Величина  $\Delta\bar{p}_{\text{тб}}^{\text{ет}(i)}$  визначається за допомогою ПК «Раціональне впровадження ЕЕЗ»

3. Визначення тривалостей етапів процедури ПРВ ЕЕЗ для групи ТБ за допомогою виразу:

$$T_N^{\text{ет}(i)} = \frac{N \cdot C_{\text{НО4}}^{\text{ет}(i)}}{C_3} \cdot T_3, \quad (5.31)$$

де  $C_{\text{НО4}}^{\text{ет}(i)}$  – вартість  $i$ -го етапу процедури ПРВ ЕЕЗ для ТБ (табл. 4.16).

Вираз (5.31) є слідством пропорційності величин  $T_3$  і  $C_3$  (див. формулу (5.24)).

4. Визначення залежностей від часу відносних інтегральних узагальнених ефектів від впровадження ЕЕЗ в групі ТБ:

$$\Delta\bar{P}_N(T) = \int_0^T \Delta\bar{p}_N(T) \cdot dT, \quad (5.32)$$

де  $\Delta\bar{p}_N(T)$  – лінійні залежності від часу ефектів  $\Delta\bar{p}_N$ , які визначаються на основі даних, отриманих при виконанні операцій за допомогою методики наведеної в роботі [97].

5. Визначення залежностей від часу додаткового інтегрального ефекту від використання процедури ПРВ ЕЕЗ: абсолютного –  $D_{\Delta P_N}$  та відносного –  $\delta\Delta P_N$ :

$$D_{\Delta P_N}(T) = \Delta\bar{P}_N^{\text{ПРВ}}(T) - \Delta\bar{P}_N^{\text{ОКВ}}(T), \quad (5.33)$$

$$\delta\Delta P_N(T) = \frac{D_{\Delta P_N}(T)}{\overline{\Delta P_N}^{\text{ОКВ}}(T)} \cdot 100\%, \quad (5.34)$$

де  $\overline{\Delta P_N}^{\text{ПРВ}}(T)$  та  $\overline{\Delta P_N}^{\text{ОКВ}}(T)$  – залежності від часу інтегральних ефектів від використання процедур ПРВ та ОКВ ЕЕЗ, відповідно.

*Результати досліджень та їх аналіз.* Результати досліджень, проведених за вище вказаною методикою, представлені на рис. 5.6. Їх аналіз свідчить про наступне:

– в результаті повного виконання обох досліджуваних процедур впровадження ЕЕЗ в групі ТБ відповідно до вищезазначених умов їх реалізації за період  $T_3 = 12$  років досягається однаковий річний узагальнений еколого-економічний ефект  $\overline{\Delta p_N} = 0,64$ ;

– при рівних для обох процедур умовах фінансування процедура ПРВ ЕЕЗ забезпечує протягом всього періоду реалізації більші річний та інтегральний узагальнені ефекти; при цьому найбільше перевищення показника  $\overline{\Delta p_N}$  процедури ОКВ ЕЕЗ – у 1,8 разів відзначається в кінці I-го етапу – при  $T = 2,5$  роки, а найбільший додатковий ефект –  $\delta\Delta P_N = 19,5\%$  – досягається в кінці III-го етапу – при  $T = 12$  років.

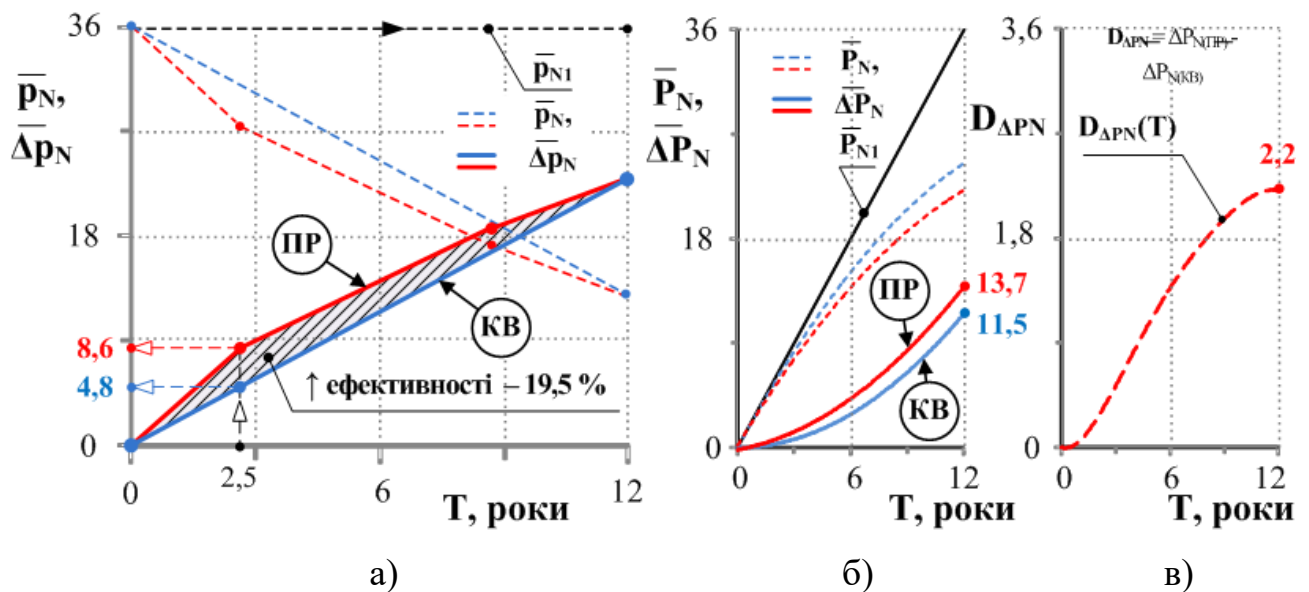


Рисунок 5.6 – Результати порівняльного аналізу еколого-економічної ефективності процедур ОКВ і ПРВ ЕЕЗ: а) залежність  $\overline{\Delta p_N}(T)$  та  $\overline{\Delta P_N}(T)$ ; б) залежність  $\overline{\Delta P_N}(T)$  та  $\overline{\Delta P_N}(T)$ ; в) залежність  $D_{\Delta P_N}(T)$

Таким чином отримані результати досліджень дозволяють рекомендувати використання процедури ПРВ ЕЕЗ в групах ТБ оскільки вона забезпечує отримання найбільшого еколого-економічного ефекту.

#### 5.4 Оцінка еколого-економічних збитків від прихованих дефектів у тепловому захисті будівлі

*Об'єкт досліджень.* В якості об'єкту досліджень використовувалась будівля НО№5, для якої проведено обстеження теплотехнічного стану ОК з використанням тепловізора Testo 871 [104] та зроблено термограми ділянок з прихованими дефектами теплового захисту будівлі (рис. 5.7). Обробка даних термограм здійснювалось на основі програмного забезпечення IRSoft [105].

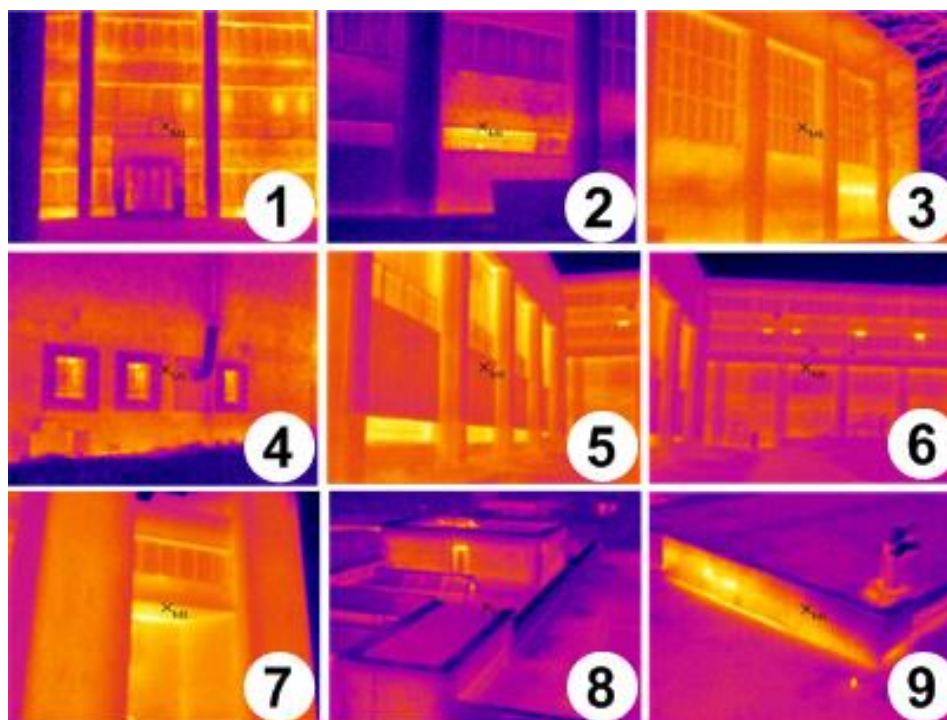


Рисунок 5.7 – Термограми з результатами тепловізійного обстеження об'єкту досліджень

*Постановка завдання.* Мета досліджень полягала у оцінюванні річних екологічних та економічних збитків від виявлених дефектів теплового захисту будівлі, а саме: надлишкових втрат теплової енергії –  $q_{\text{нв}}$ , кВт·год; палива –  $v_{\text{нв}}$ ,

$m^3$ ; викидів у атмосферу діоксиду вуглецю і оксидів азоту –  $m_{\text{НВ}(\text{CO}_2)}$  і  $m_{\text{НВ}(\text{NO}_x)}$ , кг; надлишкових економічних витрат –  $c_{\text{НВ}}$ , грн.

*Методика досліджень.* Запропоновано методику обробки результатів тепловізійного обстеження ОК будівлі у відповідності з документом [106], якою передбачається послідовне виконання наступних операцій.

1. Формування вихідних даних для проведення досліджень, до яких відносяться:

– фактичні зовнішні температури: повітря –  $t^{\phi}_3$  (вимірюється термометром) і поверхні ОК –  $\tau^{\phi}_3$  (визначається за допомогою тепловізору),  $^{\circ}\text{C}$ ;

– розрахункова зовнішня температура повітря –  $t^p_3$ , яка приймається рівною  $-23^{\circ}\text{C}$  згідно [61];

– розрахункова внутрішня температура повітря –  $t^p_в$ , яка визначається за документами [49, 62] відповідно до типу будівлі, для об'єкту досліджень прийнята рівною  $18^{\circ}\text{C}$ ;

– площа ділянки ОК з дефектом теплового захисту –  $F$  (вимірюється засобами безпосереднього контролю),  $\text{m}^2$ ;

– середня зовнішня температура повітря за опалювальний період –  $t^{\text{оп}}_3$  (визначається за документом [61], прийнята з врахуванням місця розташування об'єкту досліджень рівною  $-1^{\circ}\text{C}$ );

– тривалість опалювального періоду –  $n_{\text{оп}}$ , яка визначається у відповідності до документу [61], прийнята рівною  $n_{\text{оп}} = 179 \text{ дб} \cdot 24 \text{ год} = 4296 \text{ год}$ ;

– коефіцієнт тепловіддачі зовнішньої поверхні ОК –  $\alpha_3$ , який визначається у відповідності до документу [69], був прийнятий  $\alpha_3 = 23 \text{ Вт}/(\text{m}^2 \cdot \text{град})$ ;

– коефіцієнт опору теплопередачі ОК –  $R_{\text{ок}}$ , який розраховується відповідно до документу [69],  $(\text{m}^2 \cdot \text{град})/\text{Вт}$ ; визначався за допомогою ПК «Рациональне впровадження ЕЕЗ».

2. Визначення фонового (розрахункового) значення питомого теплового потоку через ОК виконується за формулою:

$$q_p^{\text{п}} = \frac{t^p_в - t^p_3}{R_{\text{ок}}}, \text{ Вт}/\text{m}^2. \quad (5.35)$$

3. Визначення фактичного значення питомого теплового потоку через ділянку з дефектом ОК:

$$q_{\phi}^{\pi} = \alpha_{\text{ок}} \cdot (\tau_3^{\phi} - t_3^{\phi}), \text{ Вт/м}^2. \quad (5.36)$$

4. Оцінка надлишкових теплових втрат через ділянку з дефектом у ОК:

$$q_{\text{нв}} = \left( q_{\phi}^{\pi} \cdot \frac{t_{\text{в}}^{\text{р}} - t_3^{\text{оп}}}{t_{\text{в}}^{\text{р}} - t_3^{\phi}} - q_{\text{р}}^{\pi} \cdot \frac{t_{\text{в}}^{\text{р}} - t_3^{\text{оп}}}{t_{\text{в}}^{\text{р}} - t_3^{\text{р}}} \right) \cdot F \cdot n_{\text{оп}}, \text{ Вт} \cdot \text{год}. \quad (5.37)$$

5. Розрахунок величин  $v_{\text{нв}}$ ,  $m_{\text{нв}}$ ,  $m_{\text{нв}}$  та  $c_{\text{нв}}$  з використанням формул (2.12) – (2.18) та відносного внеску –  $\bar{p}_{\text{нв}}$  виявлених збитків у показник поточного еколого-екологічного стану об'єкту досліджень –  $p_1$  (див. табл. 4.1):

$$\bar{p}_{\text{нв}} = \frac{q_{\text{нв}}}{q_1} \quad (5.38)$$

*Отримані результати та їх аналіз.* Результати досліджень, проведених у відповідності до приведеної методики представлені у табл. 5.4.

Таблиця 5.4 – Результати оцінки еколого-економічних збитків від прихованих дефектів у тепловому захисті досліджуваного об'єкту

№ термогр.	$q_{\text{нв}}$ , МВт·год	$V_{\text{нв(п)}}$ , тис. м <sup>3</sup>	$m_{\text{нв(CO2)}}$ , т	$m_{\text{нв(Nox)}}$ , кг	$c_{\text{нв(т)}}$ , тис. грн	$p_{\text{нв}}$ , %
1	8,1	1,08	0,57	3,56	11,4	0,36
2	0,8	0,11	0,06	0,36	1,16	0,04
3	0,5	0,06	0,03	0,21	0,69	0,02
4	15,8	2,10	1,12	6,96	22,3	0,70
5	31,3	4,16	2,22	13,78	44,1	1,39
6	13,3	1,76	0,94	5,83	18,7	0,59
7	6,8	0,90	0,48	2,99	9,59	0,30
8	3,4	0,45	0,24	1,49	4,78	0,15
9	2,3	0,30	0,16	1,00	3,20	0,10
<b>Σ</b>	<b>82,2</b>	<b>10,94</b>	<b>5,82</b>	<b>36,19</b>	<b>115,9</b>	<b>3,65</b>

Аналіз отриманих результатів свідчить про наступне.

– визначені показники річних екологічних та економічних збитків від виявлених дефектів у тепловому захисті ОК об'єкту досліджень варіюються в діапазонах:  $q_{\text{нв}} = 0,5-31,3$  МВт·год;  $v_{\text{нв}} = 0,06-4,16$  тис. м<sup>3</sup>;  $m_{\text{нв}(\text{CO}_2)} = 0,03-2,22$  т;  $m_{\text{нв}(\text{NO}_x)} = 0,21-13,78$  кг,  $c_{\text{нв}} = 0,69-44,1$  тис. грн.

– сумарний внесок всіх збитків від виявлених дефектів теплового захисту ОК у показник  $p_1$  становить 3,65%; при цьому річні надлишкові втрати теплової енергії і палива, викиди CO<sub>2</sub> і NO<sub>x</sub>, витрати коштів складають:  $q_{\text{нв}} = 82,2$  МВт·год;  $v_{\text{нв}} = 10,94$  тис. м<sup>3</sup>;  $m_{\text{нв}(\text{CO}_2)} = 5,82$  т;  $m_{\text{нв}(\text{NO}_x)} = 36,19$  кг,  $c_{\text{нв}} = 115,9$  тис. грн.;

– найбільш вагомі збитки виявлені на досліджуваних ділянках 5 ( $p_{\text{нв}} = 1,39\%$ ), 4 ( $p_{\text{нв}} = 0,70\%$ ) та 6 ( $p_{\text{нв}} = 0,39\%$ ), найменш вагомі збитки – на ділянках 3 ( $p_{\text{нв}} = 0,02\%$ ), 2 ( $p_{\text{нв}} = 0,04\%$ ) та 9 ( $p_{\text{нв}} = 0,10\%$ ).

Таким чином результати досліджень продемонстрували практичну придатність вищенаведеної методики для проведення оцінки еколого-економічних збитків від прихованих дефектів у тепловому захисті будівель.

## Висновки до розділу 5

1. Розроблено та досліджено на НО математичну модель для оцінки ефективності комбінованої системи теплопостачання будівлі з альтернативними джерелами енергії – тепловим насосом, газовим конденсаційним котлом та геліосистемою, в якій використано критерій комплексного еколого-економічного ефекту, визначений із застосуванням методу вагових факторів.

2. Створено та досліджено на НО математичну модель для оцінки енергоефективності «розумних» систем опалення будівель з врахуванням впливу на неї фактору сонячних теплонадходжень, який визначається географічним розташуванням будівлі та орієнтацією її огорожувальних конструкцій за сторонами світу. Встановлено, що ефективність «розумної» системи опалення у фасадній частині будівлі, орієнтованій на південь є у 1,4 рази більшою ніж у протилежній фасадній частині.

3. Виконано порівняльний аналіз ефективності процедур ОКВ і ПРВ ЕЕЗ в групі типових об'єктів, яка складалась з 36-ти типових будівель закладів освіти. Результати досліджень доводять доцільність використання процедури ПРВ ЕЕЗ, яка забезпечує на 19,5% більший еколого-економічний ефект при рівних з процедурою ОКВ ЕЕЗ обсягах фінансування та термінах реалізації.

4. Розроблено та експериментально відпрацьовано методику оцінки екологічних та економічних збитків від наявності ділянок з прихованими дефектами у тепловому захисті будівель, яка дозволяє визначати відповідні надлишкові втрати тепла, палива, викидів в атмосферу та надлишкових економічних втрат.



## ВИСНОВКИ

В дисертації вирішено актуальну науково-прикладну задачу створення та відпрацювання на натурних об'єктах методології поетапного раціонального впровадження (ПРВ) енергоефективних заходів (ЕЕЗ) в технічних системах «виробник-споживач теплової енергії» (ТС «виробник-споживач ТЕ»), застосування якої дозволяє підвищити рівні екологічної, енергетичної і економічної ефективності цих систем. Результати проведених досліджень та виконаних робіт дозволяють зробити наступні висновки.

1. Проведено аналіз механізмів утворення комплексного ефекту від впровадження ЕЕЗ на об'єктах, які виробляють і споживають теплову енергію, та встановлено його критерії: екологічний, економічний і узагальнений ефекти.

2. Проаналізовано сутність, розроблено алгоритм реалізації та встановлено основні переваги технології ПРВ ЕЕЗ, якими є: досягнення однакового з технологією одночасного комплексного впровадження (ОКВ) ЕЕЗ річного екологічного-економічного ефекту при значно менших витратах інвестиційних ресурсів та прийнятному зростанні терміну окупності.

3. Обґрунтовано доцільність використання інформаційних карт з результатами оцінки екологічного і економічного ефектів від реалізації процедур ОКВ та ПРВ ЕЕЗ в будівлях і системах тепlopостачання, які складають аналітичну базу для аргументованого вибору кращої процедури для виконання.

4. Розроблено методологію ПРВ ЕЕЗ в ТС «виробник-споживач ТЕ», на основі якої визначаються параметри процедури впровадження ЕЕЗ – тривалості, періоди початку виконання та вартості окремих етапів, а також показники ефективності етапів і процедури в цілому: екологічний ефект – економія тепла, палива, зменшення викидів у атмосферу  $\text{CO}_2$  і  $\text{NO}_x$ ; економічний ефект – економія коштів, обсяг інвестування, термін окупності; узагальнені річні та довгострокові еколого-економічні ефекти в безрозмірній формі.

5. Створено програмний комплекс «Раціональне впровадження ЕЕЗ», на базі якого можуть проводитись такі операції: діагностування теплотехнічного і

еколого-економічного стану натурального об'єкту (НО), визначення параметрів та багатокритеріальне оцінювання ефективності процедури ПРВ ЕЕЗ, таких, як: термомодернізація огорожувальних конструкцій будівлі, внутрішніх та зовнішніх трубопроводів, використання альтернативних джерел енергії, «розумних» систем опалення та ін.

6. Проведено відпрацювання методології ПРВ ЕЕЗ в ТС «виробник-споживач ТЕ» на 5-ти НО закладів освіти з різними типами систем теплопостачання, застосовуваними видами палива, загальними опалювальними площами – 0,24-15,2 м<sup>2</sup>, рівнями питомої потреби в тепловій енергії – 149-342 кВт·год/м<sup>2</sup>. Результати досліджень продемонстрували наступні переваги процедури ПРВ ЕЕЗ: для досягнення рівної з процедурою ОКВ ЕЕЗ річної еколого-економічної ефективності, яка склала 64-85 %, процедура ПРВ ЕЕЗ потребує менших обсягів інвестування – у 4,8-9,1 рази для початку своєї реалізації та у 1,4-2,0 рази – для повного виконання; зростання терміну окупності порівняно з процедурою ОКВ ЕЕЗ при цьому є несуттєвим і складає 0,3-2,0 роки.

7. Розроблено та досліджено на НО математичну модель для оцінки ефективності комбінованої системи теплопостачання будівлі з альтернативними джерелами енергії – тепловим насосом, газовим конденсаційним котлом та геліосистемою, в якій використано критерій комплексного еколого-економічного ефекту, визначений із застосуванням методу вагових факторів.

8. Створено та досліджено на НО математичну модель для оцінки енергоефективності «розумних» систем опалення будівель з врахуванням впливу на неї фактору сонячних теплонадходжень, який визначається географічним розташуванням будівлі та орієнтацією її огорожувальних конструкцій за сторонами світу. Встановлено, що ефективність «розумної» системи опалення у фасадній частині будівлі, орієнтованій на південь є у 1,4 рази більшою ніж у протилежній фасадній частині.

9. Виконано порівняльний аналіз ефективності процедур ОКВ і ПРВ ЕЕЗ в групі типових об'єктів, яка складалась з 36-ти типових будівель закладів освіти. Результати досліджень доводять доцільність використання процедури ПРВ ЕЕЗ,

яка забезпечує на 19,5% більший еколого-економічний ефект при рівних з процедурою ОКВ ЕЕЗ обсягах фінансування та термінах реалізації.

10. Розроблено та відпрацьовано на НО методику оцінки екологічних та економічних збитків від наявності ділянок з прихованими дефектами у тепловому захисті будівель, яка дозволяє визначати відповідні надлишкові втрати тепла, палива, викиди у атмосферу  $\text{CO}_2$  і  $\text{NO}_x$  та витрати коштів.

Результати досліджень впроваджено в навчальний процес підготовки студентів Вінницького національного технічного університету та Харківського національного університету міського господарства імені О.М. Бекетова, які навчаються за спеціальностями 101 – екологія і 183 – технології захисту навколишнього середовища, що підтверджується відповідними актами впровадження.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

- [1] В.М. Бабаєв, В.А. Малярєнко, Н.О. Орлова. Формування і реалізація політики підвищення ефективності комунальної енергетики. Харків, Україна: *Енергосбереження. Енергетика. Енергоаудит* № 04 (98), 2012.
- [2] European Commission, Directorate-General for Energy, EU energy in figures – Statistical pocketbook 2023, Publications Office of the European Union, 2023 [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://data.europa.eu/doi/10.2833/502436> (дата звернення 07.09.2023).
- [3] Natural Resources Canada. Energy Benchmarking Report: 2010 to 2015 Results. Toronto, 2017. [Електронний ресурс]. Режим доступу: [https://realpac.ca/app/uploads/woocomerce\\_uploads/2021/12/2017\\_Energy\\_Benchmarking\\_Report\\_LR-vukruf.pdf](https://realpac.ca/app/uploads/woocomerce_uploads/2021/12/2017_Energy_Benchmarking_Report_LR-vukruf.pdf) (дата звернення 07.09.2023).
- [4] О.Т. Гирич. "Екологічна політика у трансформації системи міжнародних відносин", дис. канд. політич. наук., Чорномор. нац. ун-т ім. П. Могили. - Миколаїв, 2017. [Електронний ресурс]. Режим доступу: <http://www.irbis-nbuv.gov.ua/publ/REF-0000755921> (дата звернення 07.09.2023).
- [5] *Рио-де-Жанейрская декларация по окружающей среде и развитию*. [Електронний ресурс]. Режим доступу: [https://www.un.org/ru/documents/decl\\_conv/declarations/riodecl.shtml](https://www.un.org/ru/documents/decl_conv/declarations/riodecl.shtml) (дата звернення 07.09.2023)
- [6] Совет Европейского союза. *Безопасная Европа в мире, который должен стать лучше. Европейская стратегия безопасности*. [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://www.consilium.europa.eu/media/30825/qc7809568ruc.pdf> (дата звернення 07.09.2023)
- [7] Кабінет Міністрів України. *Розпорядження від 21.04.2023 р. № 373-р. Енергетична стратегія України на період до 2050 року «Безпека, енергоефективність, конкурентоспроможність»*. [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://www.mev.gov.ua/reforma/enerhetychna-stratehiya> (дата звернення 07.09.2023).

[8] Кабінет Міністрів України. *Розпорядження від 08.11.2017р. № 796-р. Національний план скорочення викидів від великих спалювальних установок.* [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/796-2017-%D1%80#Text> (дата звернення 07.09.2023).

[9] Верховна Рада України. *Директива Європейського Парламенту і Ради 2010/75/ЄС від 24 листопада 2010 року "Про промислові викиди (інтегрований підхід до запобігання забрудненню та його контролю)".* [Електронний ресурс]. Режим доступу: [https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/984\\_004-10#Text](https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/984_004-10#Text) (дата звернення 07.09.2023).

[10] Міністерство енергетики України. *Звіт від 2022 року "Що до результатів виконання Національного плану скорочення викидів від великих спалювальних установок".* [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://mev.gov.ua/rehulyatornyy-akt/zvit-pro-rezultaty-provedennya-elektronnykh-konsultatsiy-z-hromadskisty-0> (дата звернення 07.09.2023).

[11] Eurostat. (2021, mach. 27). *Статистичні дані про рушійні сили, викиди та наслідки зміни клімату, а також про заходи щодо пом'якшення наслідків та адаптації до цих проблем.* [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://ec.europa.eu/eurostat/web/climate-change/database> (дата звернення 07.09.2023).

[12] The Covenant of Mayors for Climate and Energy Reporting Guidelines. Adapt Offices and the Joint Research Centre of the European Commission, 2016. [Online]. Available: <https://www.eumayors.eu/>. Accessed on apr. 02, 2021.

[13] В.А. Маляренко, Л.В. Лисак, *Енергетика, довкілля, енергозбереження.* Харків, Україна : «Рубікон», 2004.

[14] Державна служба статистики України. *Лист №14: Статистична інформація -Викиди забруднюючих речовин і парникових газів у атмосферне повітря від стаціонарних джерел забруднення у 2020 році.* [Електронний ресурс]. Режим доступу: <http://www.ukrstat.gov.ua/> (дата звернення 07.09.2023).

[15] В.А. Маляренко, *Енергетика і навколишнє середовище.* Харків, Україна: САГА, 2008.

[16] В.А. Малярченко, И.А. Немировский, *Энергосбережение и энергетический аудит. Учебное пособие*. Харьков, Украина: ХНАГХ, 2008.

[17] Бовш Л. А. Историчні передумови становлення житлового господарства в Україні. Електронне наукове фахове видання "Ефективна економіка", 2012 [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://web.archive.org/web/20120418101357/http://www.economy.nayka.com.ua/index.php?operation=1&iid=992>

[18] Норми та вказівки по нормуванню витрат палива та теплової енергії на опалення житлових та громадських споруд, а також на господарсько-побутові потреби в Україні. КТМ 204 Україна 244-94 [Чинний від 1993-12-14] Вид. офіц. Київ, Україна: 2001.

[19] С. Штювер, Дж. Вольт, В. Доризас, и др., *Извлеченные уроки для разработки комплексных подходов к обновлению и модернизации застроенной среды*. Европейская комиссия по энергетике, заключительный отчет, 2021 [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://data.europa.eu/doi/10.2833/771121> (дата звернення 10.09.2023).

[20] Європейський інститут ефективності будівель. *New Renovation tool will help cities tackle climate, economic and health crises*. [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://www.bpie.eu/news/new-renovation-tool-will-help-cities-tackle-climate-economic-and-health-crises/>

[21] Bianchi, G., Panayiotou, G.P., Aresti, L., Kalogirou, S.A., Florides, G.A., Tsamos, K., Tassou, S.A., Christodoulides, P., 2019. Estimating the waste heat recovery in the European Union Industry. *Energy, Ecology and Environment* 4, 211-221.

DOI: <https://doi.org/10.1007/s40974-019-00132-7>

[22] Mahmoud, M., Ramadan, M., Naher, S., Pullen, K., Olabi, A.-G., 2021. The impacts of different heating systems on the environment: A review. *Science of The Total Environment* 766, 142625. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.142625>.

[23] Buffa, S., Cozzini, M., D'Antoni, M., Baratieri, M., Fedrizzi, R., 2019. 5th generation district heating and cooling systems: A review of existing cases in Europe. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 104, 504-522.

DOI: <https://doi.org/10.1016/j.rser.2018.12.059>

[24] Valančius, K., Grinevičiūtė, M., Streckienė, G., 2022. Heating and Cooling Primary Energy Demand and CO2 Emissions: Lithuanian A+ Buildings and/in Different European Locations. *Buildings* 12, 570.

DOI: <https://doi.org/10.3390/buildings12050570>

[25] J. von Rhein, G.P. Henze, N. Long, Y. Fu, Development of a topology analysis tool for fifth-generation district heating and cooling networks, *Energy Conversion and Management*, 196 (2019) 705-716,

DOI: <https://doi.org/10.1016/j.enconman.2019.05.066>

[26] Y. Ju, J. Lindholm, M. Verbeck, J. Jokisalo, R. Kosonen, P. Janßen, Y. Li, H. Schäfers, N. Nord, Cost savings and CO2 emissions reduction potential in the German district heating system with demand response, *Science and Technology for the Built Environment*, 28 (2022) 255-274,

DOI: <https://doi.org/10.1080/23744731.2021.2018875>

[27] A.R. Mazhar, S. Liu, A. Shukla, A state of art review on the district heating systems, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 96 (2018) 420-439,

DOI: <https://doi.org/10.1016/j.rser.2018.08.005>

[28] Sarbu, I., Mirza, M., Muntean, D., 2022. Integration of Renewable Energy Sources into Low-Temperature District Heating Systems: A Review. *Energies* 15, 6523.

DOI: <https://doi.org/10.3390/en15186523>

[29] Dorotić, H., Pukšec, T., Duić, N., 2019. Multi-objective optimization of district heating and cooling systems for a one-year time horizon. *Energy* 169, 319-328.

DOI: <https://doi.org/10.1016/j.energy.2018.11.149>

[30] В.А. Малярєнко, Шляхи підвищення ефективності комунальної енергетики. Харків, Україна: *Інтегровані технології та енергозбереження* № 3, 2007.

[31] Малярєнко В.А. Енергозбереження як діючий важіль реформування житлово-комунального господарства. Київ, Україна: *Коммунальное хозяйство городов. Техніка*, №53, 2003.

[32] Маляренко В.А., Лысак Л.В. Реабилитация и развитие коммунальной теплоэнергетики на современном этапе. Киев, Украина: *Інтегровані технології та енергозбереження* №2, 2004.

[33] В.А. Маляренко, Н.А. Орлова, Состояние и пути санации жилого фонда прошлых лет. Харьков, Украина: *Енергосбереження • Енергетика • Енергоаудит* №9 (91), 2011.

[34] В.А. Маляренко, Н.А. Орлова. Анализ расчетных методик определения потенциала энергосбережения в тепловом микрорайоне г. Харькова. *Проблемы промышленной теплотехники: III Межд. научн.-техн. конф.* Киев, Украина: *ИТТФ*, 1999.

[35] В.А. Маляренко, Н.А. Орлова, Модернизация ограждающих конструкций зданий с учетом современных требований к энергосбережению. Харьков, Украина: *Коммунальное хозяйство городов* № 49, 2003.

[36] В.А. Маляренко, Н.А. Орлова. Анализ критерия энергоэффективности зданий и сооружений. Харьков, Украина: *Інтегровані технології та енергозбереження* № 2, 2004.

[37] Маляренко В.А., Редько А.И., Чайка Ю.И. Техническая теплофизика ограждающих конструкций зданий и сооружений. Учебное пособие / Под общей редакцией проф. Маляренко В.А.– Х.:Рубикон, 2001.–280 с.

[38] И.А. Немировский, Энергоаудит бюджетных организаций ЖКХ. Харьков, Украина: *Енергосбереження • Енергетика • Енергоаудит* № 10, 2011.

[39] Г.Б. Варламов, Основні особливості реалізації принципу екологічної рівноваги на екологічному об'єкті. Херсон, Україна: *Молодий вчений*: наук. журнал, № 1, ч.3, 2016.

[40] В.А. Маляренко, Г.Б. Варламов, Г.Н. Любчик и др., *Енергетические установки и окружающая среда*: Підручник. Харьков, Украина: ХГАГХ, 2002.

[41] Г.Б. Варламов, Г.М. Любчик, В.А. Маляренко, *Теплоенергетичні установки та екологічні аспекти виробництва енергії*. Підручник. Київ, Україна: Політехніка, 2003.



[42] Фонд енергоефективності України. *Програма підтримки енергомодернізації багатоквартирних будинків "ЕНЕРГОДІМ"*. [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://eefund.org.ua/how-to-apply> (дата звернення: 23.09.2021).

[43] Закон України «Про енергетичну ефективність будівель» [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2118-19#n62> (дата звернення: 20.09.2023).

[44] Міністерства розвитку громад та територій України. *Наказ від 27.10.2020р. № 260 «Про затвердження Мінімальних вимог до енергетичної ефективності будівель»* [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z1257-20#Text> (дата звернення: 23.09.2021)

[45] Закон України «Про енергетичну ефективність» [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1818-20#Text> (дата звернення: 22.09.2023).

[46] ДБН В.2.6-31:2021 Теплова ізоляція будівель [Чинний від 2022-09-01]. Вид. офіц. Київ: Мінрегіон України, 2022.

[47] СНиП 2.04.14-88 Теплова ізоляція обладнання і трубопроводів [Чинний від 1990-01-01]. Москва. ССРСР. 1989.

[48] Методика визначення скорочення енергоспоживання об'єктами бюджетної сфери від запровадження приладів обліку та регулювання споживання теплової енергії. ПІНЕІ. Київ, Україна: 2000.

[49] ДБН В.2.5-67:2013 Опалення, вентиляція та кондиціонування [Чинний від 2014-01-01]. Вид. офіц. Київ : Мінрегіон України, 2013.

[50] Указ Призедента України від 16.06.1999 № 662/99 «Про заходи щодо скорочення енергоспоживання бюджетними установами, організаціями та казенними підприємствами» [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/662/99#Text> (дата звернення: 21.11.2023).

[51] М.Ф.Боженко, *Системи опалення, вентиляції і кондиціонування повітря будівель*. Київ, КПІ ім. І. Сікорського, 2019.

[52] Polyvianchuk A. The efficiency of innovative technologies for transition to 4th generation of district heating systems in Ukraine / A. Polyvianchuk, R. Semenenko, P. Kapustenko, J.J. Klemeš, O. Arsenyeva // *Energy*, 2023. – Vol. 263, Part D. – p. 11. (Scopus, Q1), ISSN: 0360-5442. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.energy.2022.125876>.

[53] A.P. Polyvianchuk, I.V. Belousov, R.A. Semenenko, “Development and implementation methods multicriteria evaluation of efficiency energy saving activities in the field of heat supply“ – collective monograph, *Riga: Izdevnieciba “Baltija Publishing”*, pp. 370-396, 2020. ISBN: 978-9934-588-34-1.

DOI: <https://doi.org/10.30525/978-9934-588-47-1.17>.

[54] A.P. Polyvianchuk, R.A. Semenenko, S.V. Romanenko, [et al.], “Evaluation of the energy saving measures effectiveness in the production, transportation and consumption of thermal energy in the communal sector“ – collective monograph. *Riga: Izdevnieciba “Baltija Publishing”*, pp. 166-191, 2020. ISBN: 978-9934-588-34-1. DOI: <https://doi.org/10.30525/978-9934-588-65-5.10>.

[55] HERZ Smart Comfort: дистанційне управління комфортом оселі [електрон-ний ресурс] / Режим доступу: <https://herz.ua/blog/category/akcziyi/herz-smart-comfort-dystanczijne-upravlinnya-komfortom-oseli/> (дата звернення: 23.09.2021).

[56] Міністерство палива та енергетики України. *Наказ від 14.02.2007 р. №71 «Про затвердження Правил технічної експлуатації теплових установок і мереж»*. [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0197-07#Text> (дата звернення: 23.09.2023).

[57] В.А. Маляренко, В.В. Охрименко. Альтернативная энергетика и окружающая среда. *Коммунальное хозяйство городов*. Київ, Україна: Техніка №27, 2001.

[58] А.П. Полив’янчук, Ю.Л. Коваленко, М.Ф. Смирний, В.Є. Плюгін, С.В. Романенко, Дослідження еколого-енергетичної та економічної ефективності використання SMART-технологій в системах теплоспоживання будівель. Харків, Україна: *Комунальне господарство міст. Серія: Технічні науки та архітектура*, № 7 (146), 2018.

[59] Ю.І. Якименко, В.В. Прокопенко, С.П. Денисюк, О.М. Закладний. Smart системи як один із основних складових сталого розвитку енергетики. Харків, Україна: *Енергетика: економіка, технології, екологія*, № 1, 2012.

[60] В.А. Маляренко. *Основи теплофізики будівель та енергозбереження: Підручник*. Харків, Україна: ХНАМГ, 2006.

[61] ДСТУ-Н Б В.1.1-27:2010 [Текст] Будівельна кліматологія. [Чинний від 2011-01-11] Вид. офіц. Київ : Мінрегіонбуд України, 2011.

[62] ДСТУ 9190:2022 Енергетична ефективність будівель. Метод розрахунку енергоспоживання під час опалення, охолодження, вентиляції, освітлення та гарячого водопостачання [Чинний від 2023-03-01] Вид. офіц. Київ : Мінрегіонбуд України, 2022.

[63] ДСТУ-Н Б А.2.2-5:2007 Настанова з розроблення та складання енергетичного паспорта будинків при новому будівництві та реконструкції [Чинний від 2008-07-01] Вид. офіц. Київ : ДЕРЖБУД України, 2008.

[64] Держкоменергозбереження України. *Наказ від 20.12.2002р. № 138 Про затвердження Методики інспекторських перевірок ЖКС та стану дотримання вимог нормативів енергозбереження у житловому фонді незалежно від їх форми власності та підпорядкованості*. [Чинний від 2003-01-01] Вид. офіц. Київ: НВП "Луч" КНУБА, 2002.

[65] М. М. Чепурний, С. Й. Ткаченко, В. В. Бужинський. До питання про розподіл витрат палива між видами енергопродукції в когенераційних установках, утворених на базі котелень і ГТУ. Вінниця, Україна. *Вісник Вінницького політехнічного інституту. Енергетика та Електротехніка* № 4, .2004. с. 33-36. ISSN 1997-9266.

[66] Купалова. І. Визначення обсягів викидів стаціонарними джерелами. *Вісник. Офіційно про податки*, 2016. Вип. 32 (889) [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://www.visnuk.com.ua> (дата звернення: 11.10.2022).

[67] Держстат України. *Пояснення що до розрахунку обсягів викидів забруднюючих речовин в атмосферне повітря від стаціонарних джерел забруднення. Розділи - «Діяльність»/«Консультації фахівців»/«Коментарі*

*фахівців»* [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://www.ukrstat.gov.ua> (дата звернення: 23.09.2023).

[68] Збірник показників емісії (питомих викидів) забруднюючих речовин в атмосферне повітря різними виробництвами. [Чинний від 2004-01-01] Вид. офіц. Донецьк: Укр.наук-й центр технічної екології. Том 1. 2004.

[69] ДСТУ 9191:2022 Теплоізоляція будівель. Методи вибору теплоізоляційного матеріалу для утеплення будівель. [Чинний від 2023-03-01] Вид. офіц. Київ : Мінрегіонбуд України, 2023.

[70] Мінфін України. *Архів тарифів на природний газ для м. Харків* [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://index.minfin.com.ua/tariff/gas/harkov/> (дата звернення 12.12.2021).

[71] РГК Харківміськгаз. *Архів тарифів на транспортування природного газу* [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://kghor.104.ua/ru/services/zaplatiti-za-gaz/tarifi-na-gaz/id/tarifi-na-transportuvannja-ta-postachannja-prirodn-8730#sub8767> (дата звернення 12.12.2021).

[72] КП Харківські теплові мережі. *Архів тарифів на теплову енергію для м. Харків* [Електронний ресурс]. Режим доступу: [https://www.hts.kharkov.ua/KPHTS\\_v2\\_public\\_info\\_tarify.php](https://www.hts.kharkov.ua/KPHTS_v2_public_info_tarify.php) (дата звернення 12.12.2021).

[73] ДСТУ Б EN 1279-3:2022 Скло для будівництва. Склопакети. Частина 3. Метод випробування на довговічність та вимоги до швидкості витоку газу і допустимого відхилення концентрації газу. [Чинний від 15.08.2022] Вид. офіц. Київ : Мінрегіонбуд України, 2022.

[74] ДСТУ Б В.2.6-35:2008 Конструкції зовнішніх стін із фасадною теплоізоляцією та опорядженням індустріальними елементами з вентиляльованим повітряним прошарком. Загальні технічні умови. [Чинний від 01.06.2009] Вид. офіц. Київ : Мінрегіонбуд України, 2009.

[75] ДСТУ Б В.2.6-36:2008 Конструкції будинків і споруд. Конструкції зовнішніх стін із фасадною теплоізоляцією та опорядженням штукатурками. Загальні технічні умови. [Чинний від 01.06.2009] Вид. офіц. Київ : Мінрегіонбуд України, 2009.

[76] ДБН В.2.5-77:2014 Котельні [Чинний від 01.01.2015] Вид. офіц. Київ : Мінрегіонбуд України, 2014.

[77] Buderus. *Реверсивный воздушно-водяной тепловой насос: Документация по проектированию Logatherm WPL ... AR*. Київ, Україна: Издание Роберт Бош Лтд. Відділення Buderus №09, 2015. [електронний ресурс] / Режим доступу: [https://www.buderus.ua/files/%D0%A2%D0%B5%D0%BF%D0%BB%D0%BE%D0%B2%D1%8B%D0%B5\\_%D0%BD%D0%B0%D1%81%D0%BE%D1%81%D1%8B\\_Logatherm\\_WPL\\_AR\\_2015\\_UA.pdf](https://www.buderus.ua/files/%D0%A2%D0%B5%D0%BF%D0%BB%D0%BE%D0%B2%D1%8B%D0%B5_%D0%BD%D0%B0%D1%81%D0%BE%D1%81%D1%8B_Logatherm_WPL_AR_2015_UA.pdf).

[78] Тепловий насос «повітря-вода» Compress 5000 AW [електронний ресурс] / Режим доступу: <https://www.buderus.com/ua/uk/ocs/compress-5000-aw-18999421-p/> (дата звернення: 27.12.2022).

[79] Thermotech. Солнечное теплоснабжение: техническое пособие. Киев, Украина : Thermotech Vostok, 2011.

[80] Vaillant. Проектирование гелиосистем, Киев, Украина : Vaillant, 2008.

[81] Солнечные коллекторы Rucelf. Пособие по проектированию и расчету гелиосистем. Киев, Украина : Rucelf, 2010.

[82] Наказ Міністерства регіонального розвитку, будівництва та житлово-комунального господарства України від 11.07.2018 року № 169 «Методика визначення енергетичної ефективності будівель» [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0822-18#n14> (дата звернення: 23.11.2023).

[83] ОНД 90. Руководство по контролю источников загрязнения атмосферы. Ч. I., ДНТП, 1991. – 63 с. [Чинний від 19.06.2002]

[84] ДСТУ 8725:2017 Якість повітря. Викиди стаціонарних джерел. Методи визначення швидкості та об'ємної витрати газопилових потоків. [Чинний від 01.01.2019] Вид. офіц. Київ : ДП «УкрНДНЦ» України, 2018.

[85] Газоаналізатор ОКСИ 5М. Настанова щодо експлуатування. ОКСИ.9027.001 НЕ. Харків, Україна : 2020. [електронний ресурс] / Режим доступу: [http://www.ecotest.kharkov.ua/oksi\\_5m.html](http://www.ecotest.kharkov.ua/oksi_5m.html) (дата звернення: 27.09.2023).

[86] Міністерство екології та природних ресурсів України. Порядку визначення величин фонових концентрацій забруднювальних речовин в атмосферному повітрі. Затв. наказ. від 30.07.2001 року № 286. [Чинний від 15.08.2001] [електронний ресурс] / Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0700-01#Text> (дата звернення: 17.10.2023).

[87] Програмний комплекс ЕОЛ 2000 [h] (Еол(ГАЗ)-2000[h]) версія 4.0 узгоджений Міністерством охорони навколишнього природного середовища України листом від 15.03.2006 №2464/19/4-10 та призначений для проведення розрахунків не тільки в приземних, але й у верхніх шарах атмосфери <http://www.sfund.kiev.ua/ukr/products/ecology.htm#eol%202000h> (дата звернення: 27.09.2023).

[88] Є.Г. Пономаренко, М.В. Катков, Р.А. Семененко. «Комплексна оцінка еколо-го-економічної ефективності режимів роботи газових котлів», *Комунальне господарство міст. Серія: Технічні науки та архітектура*, № 4 (157), с. 73–78, 2020. DOI: [10.33042/2522-1809-2020-4-157-127-133](https://doi.org/10.33042/2522-1809-2020-4-157-127-133) (дата звернення: 27.09.2023).

[89] Звіт з науково-дослідної роботи створення та дослідження ефективності універсальної системи екологічного діагностування теплових двигунів та котельних установок. Етап 3: Дослідження ефективності системи екологічного діагностування теплових двигунів і котельних установок (держбюджетна тема №53-68/17). ХНУМГ, Харків 2019.

[90] Звіт з науково-дослідної роботи розробка інноваційних об'єктно-орієнтованих технологій підвищення еколого-енергетичної безпеки систем комунальної енергетики. Етап 3: Дослідження та верифікація об'єктно-орієнтованих технологій підвищення еколого-енергетичної безпеки систем комунальної енергетики на натурному об'єкті (держбюджетна тема №53-70/18). ХНУМГ, Харків 2020.

[91] Інструкція з експлуатації та монтажу. Тепловий насос типу «повітря-вода» CS5000AW [електронний ресурс] / Режим доступу: [https://www.magmaenergy.com.ua/uploads/CS5000AW-22-O\\_customer-install-manual.pdf](https://www.magmaenergy.com.ua/uploads/CS5000AW-22-O_customer-install-manual.pdf)

[92] Технічні характеристики та документи. Пласкі сонячні колектори Logasol SKT 1.0 [електронний ресурс] / Режим доступу: <https://www.buderus.com/ua/uk/ocs/logasol-skt-10-18527658-p/>

[93] А.П. Полив'янчук, М.Ф. Смирний, С.В. Романенко, Р.А. Семененко, [та інш.], «Дослідження ефективності системи екологічної діагностики теплових двигунів та котельних установок», *Комунальне господарство міст. Серія: Технічні науки та архітектура*, № 6 (152), с. 73–78, 2019. ISSN 2522-1817. DOI: <https://doi.org/10.33042/2522-1809-2019-6-152-73-78>.

[94] A. Polyvianchuk, S. Romanenko, R. Semenenko, [et al.], “Complex assessment of the energy-saving measures effectiveness in the field of heat supply of educational institutions”, *Municipal economy of cities. Series: Engineering science and architecture*, - №4 (157), pp. 122 – 126, 2020. ISSN 2522-1817.

DOI: <https://doi.org/10.33042/2522-1809-2020-4-157-122-126>.

[95] Газові настінні конденсаційні котли Logamax plus GB162 [електронний ресурс] / Режим доступу: <https://www.buderus.com/ua/uk/ocs/logamax-plus-gb162-18527616-p/>

[96] Hilbert Schenck. *Theories of Engineering Experimentation: Підручник*. McGraw-Hill Book Co. 1968.

[97] Огірко О. І., Галайко Н. В. *Теорія ймовірностей та математична статистика: навч. посібник*. Львів: ЛьвДУВС, 2017.

[98] Polyvianchuk A. The general-purpose approach for estimation of residential heating systems efficiency using the various energy sources / A. Polyvianchuk, V. Malyarenko, R. Semenenko, K. Gura, P.S. Varbanov, O. Arsenyeva // *Energy and Buildings*, 2023. – Vol. 296. – p. 9. (Scopus, Q1), ISSN: 0378-7788.

DOI: <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2023.113390>.

[99] А.П. Полив'янчук, Н.М. Полив'янчук, Р.А. Семененко, [та інш.], «Дослідження еколого-економічної ефективності геліосистем при реалізації концепції сталого розвитку в комунальній енергетиці», *Комунальне господарство міст. Серія: Технічні науки та архітектура*, № 1 (147). с. 83–88, 2019. ISSN 2522-1817.

DOI: <https://doi.org/10.33042/2522-1809-2019-1-147-83-88>.

[100] А.П. Полив'янчук, Ю.Л. Коваленко, С.В. Романенко, Р.А. Семененко, «Комплексне оцінювання економічної та еколого-енергетичної ефективності використання технологій «розумний будинок» в системах опалення закладів освіти», *Комунальне господарство міст. Серія: Економічні науки*, № 2 (148), с. 53–57, 2019. ISSN 2522–1817. DOI: <https://doi.org/10.33042/2522-1809-2019-2-148-53-57>.

[101] A.P. Polyvianchuk, R.A. Semenenko, O.O. Skuridina, [et al.], “Research of the ecological and economic efficiency of the "smart home" technology application in the building heating system“, *German International Journal of Modern Science*, № 12, Vol. 1 – pp. 71-73, 2021. ISSN: 2701-8377.

DOI: <https://doi.org/10.24412/2701-8369-2021-12-71-73>

[102] М.К. Сухонос, А.П. Полив'янчук, Ю.Л. Коваленко, М.Ф. Смирний, С.В. Романенко, Р.А. Семененко, [та інш.], «Створення та апробація концепції комплексного оцінювання енергетичної, екологічної та економічної ефективності заходів з енергозбереження в будівлях», *Комунальне господарство міст. Серія: Економічні науки*, № 6 (145), с. 33–37, 2018. ISSN 2522–1817. DOI: <https://doi.org/10.33042/2522-1809-2018-6-145-33-37>.

[103] Войтенко С.П. *Математична обробка геодезичних вимірів. Метод найменших квадратів: навч. посібник*. Київ: КНУБА, 2005.

[104] Тепловізор Testo 871. Практичний посібник. Застосування тепловізорів для систем опалення. [електронний ресурс] / Режим доступу: <https://www.testo.kiev.ua/ru/testo-871.html> (дата звернення: 07.09.2023).

[105] Програмне забезпечення IRSoft для тепловізору Testo 871. Презентація: IrSoft професійна програма для тепловізорів. [електронний ресурс] / Режим доступу: [https://www.testo.kiev.ua/docs/docs\\_new/IRSoft\\_application\\_UKR.pdf](https://www.testo.kiev.ua/docs/docs_new/IRSoft_application_UKR.pdf) (дата звернення: 11.09.2023).

[106] ДСТУ Б EN 13187:2011 Теплові характеристики будівель. Якісне виявлення теплових відмов в огорожувальних конструкціях Інфрачервоний метод (EN 13187:1998, IDT) [Чинний від 01.01.2013] Вид. офіц. Київ : Мінрегіонбуд України, 2012.



[107] ДСТУ Б EN ISO 7730:2011 Ергономіка теплового середовища. Аналітичне визначення та інтерпретація теплового комфорту на основі розрахунків показників PMV і PPD і критеріїв локального теплового комфорту (EN ISO 7730:2005, IDT) [Чинний від 01.07.2013] Вид. офіц. Київ : Мінрегіонбуд України, 2012.

## Додаток А

## СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

**Наукові праці, в яких опубліковані основні наукові результати дисертації:**

– матеріали дисертаційної роботи, викладені у виданнях, що внесені до переліку фахових для захисту дисертацій з технічних наук:

[1] А.П. Полив'янчук, М.Ф. Смирний, С.В. Романенко, Р.А. Семененко, [та інш.], «Дослідження ефективності системи екологічної діагностики теплових двигунів та котельних установок», *Комунальне господарство міст. Серія: Технічні науки та архітектура*, № 6 (152), с. 73–78, 2019. ISSN 2522-1817. DOI: <https://doi.org/10.33042/2522-1809-2019-6-152-73-78>.

[2] A. Polyvianchuk, S. Romanenko, R. Semenenko, [et al.], “Complex assessment of the energy-saving measures effectiveness in the field of heat supply of educational institutions”, *Municipal economy of cities. Series: Engineering science and architecture*, - №4 (157), pp. 122 – 126, 2020. ISSN 2522-1817. DOI: <https://doi.org/10.33042/2522-1809-2020-4-157-122-126>.

– статті у періодичних наукових виданнях, проіндексованих у базах даних **Web of Science Core Collection** та/або **Scopus**:

[3] Polyvianchuk A. The efficiency of innovative technologies for transition to 4th generation of district heating systems in Ukraine / A. Polyvianchuk, R. Semenenko, P. Kapustenko, J.J. Klemeš, O. Arsenyeva // *Energy*, 2023. – Vol. 263, Part D. – p. 11. (Scopus, Q1), ISSN: 0360-5442. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.energy.2022.125876>.

[4] Polyvianchuk A. The general-purpose approach for estimation of residential heating systems efficiency using the various energy sources / A. Polyvianchuk, V. Malyarenko, R. Semenenko, K. Gura, P.S. Varbanov, O. Arsenyeva // *Energy and Buildings*, 2023. – Vol. 296. – p. 9. (Scopus, Q1), ISSN: 0378-7788. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2023.113390>.

**Статті в наукових періодичних виданнях держав ЄС:**

[5] A.P. Polyvianchuk, R.A. Semenenko, O.O. Skuridina, [et al.], “Research of the ecological and economic efficiency of the "smart home" technology application in

the building heating system“, *German International Journal of Modern Science*, № 12, Vol. 1 – pp. 71-73, 2021. ISSN: 2701-8377. DOI: <https://doi.org/10.24412/2701-8369-2021-12-71-73>

**Закордонні колективні монографії опубліковані в виданнях держав ЄС:**

[6] A.P. Polyvianchuk, I.V. Belousov, R.A. Semenenko, “Development and implementation methods multicriteria evaluation of efficiency energy saving activities in the field of heat supply“ – collective monograph, *Riga: Izdevnieciba “Baltija Publishing”*, pp. 370-396, 2020. ISBN: 978-9934-588-34-1. DOI: <https://doi.org/10.30525/978-9934-588-47-1.17>.

[7] A.P. Polyvianchuk, R.A. Semenenko, S.V. Romanenko, [et al.], “Evaluation of the energy saving measures effectiveness in the production, transportation and consumption of thermal energy in the communal sector“ – collective monograph. *Riga: Izdevnieciba “Baltija Publishing”*, pp. 166-191, 2020. ISBN: 978-9934-588-34-1. DOI: <https://doi.org/10.30525/978-9934-588-65-5.10>.

**Статті в наукових періодичних виданнях України:**

[8] М.К. Сухонос, А.П. Полив’янчук, Ю.Л. Коваленко, М.Ф. Смирний, С.В. Романенко, Р.А. Семененко, [та інш.], «Створення та апробація концепції комплексного оцінювання енергетичної, екологічної та економічної ефективності заходів з енергозбереження в будівлях», *Комунальне господарство міст. Серія: Економічні науки*, № 6 (145), с. 33–37, 2018. ISSN 2522–1817. DOI: <https://doi.org/10.33042/2522-1809-2018-6-145-33-37>.

[9] А.П. Полив’янчук, Н.М. Полив’янчук, Р.А. Семененко, [та інш.], «Дослідження еколого-економічної ефективності геліосистем при реалізації концепції сталого розвитку в комунальній енергетиці», *Комунальне господарство міст. Серія: Технічні науки та архітектура*, № 1 (147). с. 83–88, 2019. ISSN 2522-1817. DOI: <https://doi.org/10.33042/2522-1809-2019-1-147-83-88>.

[10] А.П. Полив’янчук, Ю.Л. Коваленко, С.В. Романенко, Р.А. Семененко, «Комплексне оцінювання економічної та еколого-енергетичної ефективності використання технологій «розумний будинок» в системах опалення закладів освіти», *Комунальне господарство міст. Серія: Економічні науки*, № 2 (148), с. 53–57, 2019. ISSN 2522–1817. DOI: <https://doi.org/10.33042/2522-1809-2019-2-148-53-57>.

[11] Є.Г. Пономаренко, М.В. Катков, Р.А. Семененко, «Комплексна оцінка еколого-економічної ефективності режимів роботи газових котлів», *Комунальне господарство міст. Серія: Технічні науки та архітектура*, № 4 (157), с. 73–78, 2020. ISSN 2522-1817. DOI: [10.33042/2522-1809-2020-4-157-127-133](https://doi.org/10.33042/2522-1809-2020-4-157-127-133).

**Наукові праці, які засвідчують апробацію матеріалів дисертації:**

[12] A.P. Polyvianchuk, S.V. Romanenko, R.A. Semenenko, “Complex assessment of the energy-saving measures effectiveness in the field of buildings heat supply”, *International scientific and practical conference «Science, engineering and technology: global trends, problems and solutions»: Conference proceedings, Prague, Izdevnieciba «Baltija Publishing»*, pp. 101-106, 2020. ISBN 978-9934-588-79-2. DOI: <https://doi.org/10.30525/978-9934-588-79-2-2.25>.

[13] A. Polyvianchuk, V. Bilichenko, S. Romanyuk, R. Semenenko, [et al.], “Innovative technologies to increase environmental and energy safety of urban transport and municipal energy“, *Theoretical and science bases of actual tasks. Proceedings of the XXIII International Scientific and Practical Conference. Lisbon, Portugal*, pp. 594-597, 2022. DOI: <https://doi.org/10.46299/ISG.2022.1.23>.

[14] A. Polyvianchuk, V. Petruk, G. Petruk, K. Gura, R. Semenenko, “Study of the effectiveness innovative measures for energy saving in educational institutions”, *Multidisciplinary academic notes. Theory, methodology and practice. Proceedings of the XXVII International Scientific and Practical Conference. Prague, Czech Republic*, pp. 391-394, 2022. DOI: <https://doi.org/10.46299/ISG.2022.1.27>.

[15] А.П. Полив’янчук, О.П. Арсеньева, Р.В. Петрук, Н.М. Полив’янчук, Р.А. Семененко, О.С. Єфімов. Аналіз світового досвіду енергомодернізації та декарбонізації сфери теплопостачання. Екологічно сталий розвиток урбосистем: виклики та рішення в контексті євроінтеграції України: матеріали Всеукраїнська науково-практична інтернет конференція «Екологічно сталий розвиток урбосистем: виклики та рішення в контексті євроінтеграції України» до дня пам’яті д.т.н., професора Ф.В. Стольберга. – Харків: ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, С. 116-118, 2023. ISBN 978-966-695-596-1. [https://eprints.kname.edu.ua/64315/1/Conference\\_NUUEK\\_2023\\_November\\_rev.pdf](https://eprints.kname.edu.ua/64315/1/Conference_NUUEK_2023_November_rev.pdf)

## Додаток Б

## СТРУКТУРА ДИСЕРТАЦІЙНОГО ДОСЛІДЖЕННЯ



Результати, які містять наукову новизну

Результати, які мають практичне значення

## Додаток В

## Акти впровадження результатів дисертаційної роботи



АКТ  
впровадження в навчальний процес кафедри ІЕМ  
результатів дисертаційної роботи аспіранта гр. ТЗНС 2019-в Семененко Р.А.  
**«Зменшення негативного впливу комунальної енергетики на довкілля шляхом  
поетапного раціонального впровадження енергоефективних заходів»**

Комісія в складі голови – завідувача кафедри інженерної екології міст к. т. н., доц. Дядіна Д.В. і членів – к. т. н., доц. Телюри Н.О., к. т. н., доц. Хандогіної О.В. склала даний акт по факту впровадження у навчальний процес зазначених нижче результатів наукової роботи аспіранта Семененко Р.А.:

- програмний комплекс для визначення параметрів та оцінювання річної і довгострокової ефективності процедури поетапного раціонального впровадження енергоефективних заходів в технічній системі – «виробник - споживач» теплової енергії в сфері комунальної енергетики;

- результати досліджень ефективності технологій комплексного і поетапного раціонального впровадження енергозберігаючих заходів на 5-ти натурних об'єктах закладів освіти.

Результати наукової роботи аспіранта Семененко Р.А. використовувались в період 2018-2021 н. р.:

- при проведенні лекційних і практичних занять з навчальних дисциплін: «Еколого-енергетична безпека міст та відновлювана енергетика», «Технології еколого-енергетичного діагностування об'єктів техносфери», лабораторних занять з дисципліни «Моніторинг довкілля».

Комісією встановлено, що результати наукової роботи аспіранта Семененко Р.А. використано під час виконання держбюджетних НДР: 53-68/17 «Створення та дослідження ефективності універсальної системи екологічного діагностування теплових двигунів та котельних установок» (ДР №0117U000342, 2017-2019 рр.); 53-70/18 «Розробка інноваційних об'єктно-орієнтованих технологій підвищення еколого-енергетичної безпеки систем комунальної енергетики» (ДР № 0118U000145, 2018-2020 рр.); 3046/18 «Оцінка економічної та еколого-енергетичної ефективності використання інноваційних технологій опалення на об'єктах освіти» (ДР № 0118U006761, 2018 р.).

Голова комісії  
Члени комісії

Дядін Д.В.  
Телюра Н.О.  
Хандогіна О.В.

**«ЗАТВЕРДЖУЮ»**

Проректор з науково-педагогічної роботи  
та організації освітнього процесу  
Вінницького національного  
технічного університету



« 22 » 08 2022 р.

Олександр ПЕТРОВ

**Акт**

**впровадження у навчальний процес підготовки бакалаврів і магістрів  
результатів дисертаційної роботи  
Семененка Романа Анатолійовича**


Ми, що нижче підписались: завідувач кафедри екології, хімії та технологій захисту довкілля (ЕХТЗД) д. т. н., проф. Петрук В.Г., керівник секції екології та технологій захисту довкілля кафедри ЕХТЗД к. т. н., доц. Іщенко В.А. та к. т. н., доц. Васильківський І.В. склали цей акт про те, що у навчально-методичний процес та наукову роботу ВНТУ впроваджено результати дисертаційних досліджень аспіранта кафедри ЕХТЗД Семененка Р.А., а саме:

- методологію поетапного раціонального впровадження енергоефективних заходів в технічній системі „виробник-споживач теплової енергії;
- результати аналізу механізмів утворення екологічного та економічного ефектів від впровадження енергоефективних заходів на об'єктах комунальної енергетики.

Вказані елементи науково-практичних досліджень Семененка Р.А. використано при підготовці бакалаврів і магістрів спеціальностей 183-Технології захисту навколишнього середовища та 101-Екологія в лекційних та практичних заняттях з дисциплін «Техноекологія», «Економіка природокористування», курсових роботах з дисципліни «Проектування природоохоронних систем і обладнання».

Результатом впровадження у науково-навчальний процес матеріалів дисертаційного дослідження є підвищення ефективності навчання студентів, а також якості підготовки фахівців з технології захисту навколишнього середовища та екології.

«19» серпня 2022 р.

 Петрук В.Г.

Іщенко В.А.

 Васильківський І.В.



**Товариство з обмеженою відповідальністю  
«Науково-виробниче об'єднання «ЕНЕРГОПРОМ»**

61001, м. Харків, пр. Гагаріна, 43/2, офіс 804  
п/р UA593515330000026003052209206 Код ЄДРПОУ 40181218  
Платник єдиного податку 5%, 3 група  
тел. +38 (057) 781-34-43 E-mail: [sia\\_energoпром@gmail.com](mailto:sia_energoпром@gmail.com) Skype: LLC SIA Energoпром

«ЗАТВЕРДЖУЮ»

Директор  
ТОВ «НВО «ЕНЕРГОПРОМ»



Конарева Н.В.

«17» січня 2022р.

**Акт  
впровадження результатів дисертаційної роботи  
Семененка Романа Анатолійовича  
у науково-практичну діяльність  
ТОВ «Науково-виробниче об'єднання «ЕНЕРГОПРОМ»,**

Комісія у складі: директора ТОВ «Науково-виробниче об'єднання «ЕНЕРГОПРОМ» Конаревої Н.В., головного архітектора проекту Гріф Я.В. та інженер-проектувальник розділу «Оцінка впливу на навколишнє середовище» Лісовська О.П. відзначає факт впровадження та практичного використання у діяльності підприємства результатів дисертаційної роботи Семененка Р.А. на тему “Зменшення негативного впливу комунальної енергетики на довкілля шляхом поетапного, раціонального впровадження енергоефективних заходів”.

Розроблений Семененком Р.А. програмний комплекс “Раціональне впровадження енергоефективних заходів” використовувався для підвищення ефективності робіт з проектування: будинків і споруд, що опалюються; об'єктів нового будівництва, реконструкції і капітального ремонту (термомодернізації), складанні енергетичних паспортів будівель, а також для екологічної оцінки з проведення розрахунків потреби в первинній енергії та визначенні прогнозованих обсягів викидів парникових газів.

Члени комісії:

Гріф Я.В.

Лісовська О.П.



## Додаток Г

### Комерційні пропозиції щодо вартості ЕЕЗ

#### Посилання за якими визначались вартість матеріалів та робіт по впровадженню ЕЕЗ:

1. По термомодернізації зовнішніх стін:

<https://kharkov.prom.ua/p1128156765-100mm-minvata-fasadna.html?>

<https://kharkov.prom.ua/p1128172160-120mm-minvata-fasadna.html?>

<https://kharkov.prom.ua/p1128170037-150mm-minvata-fasadna.html?>

<https://prom.ua/p668144628-uteplenie-fasada-doma.html?&primelead=MC43NQ>

<https://eliga.com.ua/g83282814-teploizolyatsiya-sten>

<https://ligastroj.com.ua/naruzhnoe-uteplenie-sten/naruzhnoe-uteplenie-kommercheskoj-nedvizhimosti>

[http://alpenbyd.kh.ua/?gclid=CjwKCAjwwqaGBhBKEiwAMk-FtAAKL1MITU\\_pNppPI11LnwN8uN9kto600X7ZfSu68RpiXfvMUTbyoxoChFoQAvD\\_BwE](http://alpenbyd.kh.ua/?gclid=CjwKCAjwwqaGBhBKEiwAMk-FtAAKL1MITU_pNppPI11LnwN8uN9kto600X7ZfSu68RpiXfvMUTbyoxoChFoQAvD_BwE)

<https://alpinist.kiev.ua/prajs-na-uteplenie-fasadov/>

2. По термомодернізації покрівлі:

<https://kharkov.prom.ua/p1075882298-150mm-minvata-rockwool.html?>

<https://kharkov.prom.ua/p1096007445-100mm-minvata-rockwool.html?>

<https://eliga.com.ua/g83282877-teploizolyatsiya-krovli-ploskaya>

[https://rozetka.com.ua/ua/tehnokolj\\_3000698/p182572699/?gclid=Cj0KCQiA1pyCBhCtARIsAHaY\\_5e6Hsci-hpcLoDJLgRkUV-wb8ttHF-4HRL76rObjojV\\_hgPUFiZnXsaAsYBEALw\\_wcB](https://rozetka.com.ua/ua/tehnokolj_3000698/p182572699/?gclid=Cj0KCQiA1pyCBhCtARIsAHaY_5e6Hsci-hpcLoDJLgRkUV-wb8ttHF-4HRL76rObjojV_hgPUFiZnXsaAsYBEALw_wcB)

3. По термомодернізації підлоги:

<https://kharkov.prom.ua/p1128156765-100mm-minvata-fasadna.html?>

<https://kharkov.prom.ua/ua/p533952931-uteplenie-polov-dome.html?&primelead=Mj4wMg>

4. По термомодернізації світлопрозорих конструкцій (вікон):

[https://okna.ua/price\\_list/p-41065](https://okna.ua/price_list/p-41065)

<https://master-ac.com.ua/calk>

[https://okna.ua/price\\_list/r-okna-c-kharkov#4-23-27-16973](https://okna.ua/price_list/r-okna-c-kharkov#4-23-27-16973)

5. По термомодернізації вхідних дверей:

[https://liniavikon.com.ua/dveri/#vhodlie\\_dvery](https://liniavikon.com.ua/dveri/#vhodlie_dvery)

<https://liniavikon.com.ua/dveri/vhodnie/>

6. По термомодернізації теплоізоляційного шару на трубопроводах  
внутрішньобудинкової системи опалення:

<https://trubu.com.ua/ua/prajs-listi>

[https://prom.ua/p1223239030-teplovaya-izolyatsiya-zapornoj.html?utm\\_source=google\\_pla&utm\\_medium=cpc&utm\\_content=pla&utm\\_campaign=cpa\\_stroitelstvo&utm\\_term=%7Bkeyword%7D&gclid=Cj0KCQiAk53-BRD0ARIsAJuNhpu9w5L44bI\\_IySbOBPLTbiRXUOw9Ek-At\\_-fDYTyt3Sg0C8lhw25g4aAt3FEALw\\_wcB](https://prom.ua/p1223239030-teplovaya-izolyatsiya-zapornoj.html?utm_source=google_pla&utm_medium=cpc&utm_content=pla&utm_campaign=cpa_stroitelstvo&utm_term=%7Bkeyword%7D&gclid=Cj0KCQiAk53-BRD0ARIsAJuNhpu9w5L44bI_IySbOBPLTbiRXUOw9Ek-At_-fDYTyt3Sg0C8lhw25g4aAt3FEALw_wcB)

7. По термомодернізації теплоізоляційного шару на теплообмінних апаратах  
внутрішньобудинкової системи гарячого водопостачання:

<https://trubu.com.ua/ua/prajs-listi>

8. Впровадження теплоутилізаційного обладнання внутрішньобудинкової  
системи загальнообмінної вентиляції:

<https://prana.com.ua/ua/katalog/>

<https://www.rabotniki.ua/uk/66441>

<https://climatinvest.net/p80905831-kanalnaya-pritochno-vytyazhnaya.html>

<https://bt.rozetka.com.ua/271532786/p271532786/characteristics/>

9. По термомодернізації зовнішніх теплових мереж:

<https://trubu.com.ua/ua/prajs-listi>

[https://tradeizol.com.ua/uteplitel-dlya-trub?utm\\_source=adwords&utm\\_medium=cpc&utm\\_campaign=uteplitel-dlya-trub&utm\\_term=uteplitel-dlya-trub](https://tradeizol.com.ua/uteplitel-dlya-trub?utm_source=adwords&utm_medium=cpc&utm_campaign=uteplitel-dlya-trub&utm_term=uteplitel-dlya-trub)

## 10. По вартості впровадження геліосистем:



Постачальник - ТОВ "Роберт Бош ЛТД."

Дніпропетровська філія ТОВ "Роберт Бош ЛТД.", відділ з продажу термотехніки "Будерус",  
02152, М.КИЇВ, ПРОСПЕКТ ПАВЛА ТИЧИНИ, БУДИНОК 1В, ОФІС А701; 49041,  
м.Дніпропетровськ, Жовтневий р-н, вулиця Стартова, б.20, тел.: (056) 790-35-33 (056) 790-35-34

Замовник - Потенційний користувач,  
тел., факс

Комерційна пропозиція  
№ 4793 від 27.01.2022

Вельмишановні пані та панове,  
направляємо Вам дану комерційну пропозицію на котельне обладнання, що Вас зацікавило

№	Артикул	Назва товару	Ціна, €	Кількість, шт.	Сума, €
1	7735600051	KS0150/2 / Комплектна геліостанція Logasol (з енергозберігаючим насосом) (не працює з Logamatic 2000 та 4000)	933,36	2	1 866,72
2	7738110125	MS200 / Функціональний сонячний модуль EMS.../2	325,20	2	650,40
3	7738111126	SC300 / Пристрій керування для автономних сонячних систем EMS.../2 (працює тільки з модулем MS100/200)	158,95	2	317,90
4	8718532821	SKT 1.0-s / Вертикальний сонячний колектор Logasol	683,45	80	54 675,84
5	8718660881	WTF 20 / Рідина колектора Tufosor L 45/55%, 20 л. ((старий артикул 7739300057 / 0083007048))	87,84	20	1 756,80
6	8718532817	Комплект для відокремлення повітря для Logasol SKT 1.0-w / SKT 1.0-s	109,61	8	876,86
7	8718532903	Комплект для гідравлічного підключення при монтажу на пласкій покрівлі Logasol SKT 1.0-w / SKT 1.0-s ((старий артикул 0083077100 / 8718532920))	73,85	8	590,78
8	8718531032	Комплект додатковий для монтажу на пласкій покрівлі (вертикальний) Logasol SKN 4.0-s / SKT 1.0-s (для кріплень замовника)	175,13	72	12 609,22
9	8718531031	Комплект основний для монтажу на пласкій покрівлі (вертикальний) Logasol SKN 4.0-s / SKT 1.0-s (для кріплень замовника)	236,09	8	1 888,70

Орієнтовна вартість монтажних робіт 2666,67 €

Загальна сума пропозиції 77899,90 €

*Вид поставки - під замовлення*

*Термін поставки - 45 банківських днів з моменту оплати*

*Ціни вказані в євро та включають ПДВ-20% з урахуванням усіх митних зборів*

*Комерційна пропозиція дійсна протягом 45 банківських днів з дати її видачі*

*Постачальник залишає за собою право на зміну ціни товару*

*Оплата здійснюється в гривнях згідно комерційного курсу на день виставлення рахунку*

З повагою,  /Криворучко Юлія/

## 11. Вартість пакетного впровадження теплових насосів та конденсаційних котлів:



Постачальник - ТОВ "Роберт Бош ЛТД."

Дніпропетровська філія ТОВ "Роберт Бош ЛТД.", відділ з продажу термотехніки "Будерус",  
02152, М.КИЇВ, ПРОСПЕКТ ПАВЛА ТИЧИНИ, БУДИНОК 1В, ОФІС А701; 49041,  
м.Дніпропетровськ, Жовтневий р-н, вулиця Стартова, б.20, тел.: (056) 790-35-33 (056) 790-35-34

Замовник - Потенційний користувач,  
тел., факс

Комерційна пропозиція  
№ 4794 від 27.01.2022

Вельмишановні пані та панове,  
направляємо Вам дану комерційну пропозицію на котельне обладнання, що Вас зацікавило

№	Артикул	Назва товару	Ціна, €	Кількість, шт.	Сума, €
1	1621803006	Пакетна пропозиція 200 кВт: Logamax plus GB162-100 V2 - 2 шт., насосна група з енергозберігаючим насосом, каскадний блок "в-лінію" (без гідравлічної стрілки), система керування RC310 (білий), каскадний модуль MC400 ·7736701034 Logamax plus GB162-100 V2 / Конденсаційний котел 2 шт одноконтурний - 100 кВт ·7736700103 Насосна група з енергозберігаючим насосом для Logamax plus GB162 V2 2 шт ·7736700508 TL4 / Каскадний блок для 4 котлів Logamax plus GB162 V2 "в ряд" без гідравлічної стрілки 1 шт ·7738111128 RC310 / Пристрій керування EMS.../2 (білий) ((старий арт. 7738111108)) 1 шт ·7738111003 MC400 / Функціональний каскадний модуль EMS.../2 1 шт ·8735100809 AS1.6 / Датчик температури Buderus (діаметр 6 мм) ((старий арт. 0063012831)) 1 шт	9 938,45	1	9 938,45

Орієнтовна вартість монтажних робіт 1967,04 €

Загальна сума пропозиції 11 905,49 €

*Вид поставки - -*

*Термін поставки - 5 банківських днів з моменту оплати*

*Ціни вказані в євро та включають ПДВ-20% з урахуванням усіх митних зборів*

*Комерційна пропозиція дійсна протягом 45 банківських днів з дати її видачі*

*Постачальник залишає за собою право на зміну ціни товару*

*Оплата здійснюється в гривнях згідно комерційного курсу на день виставлення рахунку*

З повагою,

 /Криворучко Юлія/



Постачальник - ТОВ "Роберт Бош ЛТД."

Дніпропетровська філія ТОВ "Роберт Бош ЛТД.", відділ з продажу термотехніки "Будерус",  
02152, М.КИЇВ, ПРОСПЕКТ ПАВЛА ТИЧИНИ, БУДИНОК 1В, ОФІС А701; 49041,  
м.Дніпропетровськ, Жовтневий р-н, вулиця Стартова, б.20, тел.: (056) 790-35-33 (056) 790-35-34

Замовник - Потенційний користувач,  
тел., факс

Комерційна пропозиція  
№ 4795 від 27.01.2022

Вельмишановні пані та панове,  
направляємо Вам дану комерційну пропозицію на котельне обладнання, що Вас зацікавило

№	Артикул	Назва товару	Ціна, €	Кількість, шт.	Сума, €
1	1621803001	Пакетна пропозиція 140 кВт: Logatax plus GB162-70 V2 - 2 шт., насосна група з енергозберігаючим насосом, каскадний блок "в-лінію" (без гідравлічної стрілки), система керування RC310 (білий), каскадний модуль MC400 ·8735100809 AS1.6 / Датчик температури Buderus (діаметр 6 мм) 1 шт ((старий арт. 0063012831)) ·7736701032 Logatax plus GB162-70 V2 / Конденсаційний котел штодноконтурний - 70 кВт 2 шт ·7736700103 Насосна група з енергозберігаючим насосом для Logatax plus GB162 V2 2 шт ·7736700506 TL2 / Каскадний блок для 2 котлів Logatax plus GB162 V2 1 шт "в ряд" без гідравлічної стрілки ·7738111128 RC310 / Пристрій керування EMS.../2 (білий) ((старий арт. 7738111108)) 1 шт ·7738111003 MC400 / Функціональний каскадний модуль EMS.../2 1 шт	4 905,68	1	4 905,68

Орієнтовна вартість монтажних робіт 1397,7 €

Загальна сума пропозиції 6 303,38 €

*Термін поставки - 45 банківських днів з моменту оплати*

*Ціни вказані в євро та включають ПДВ-20% з урахуванням усіх митних зборів*

*Комерційна пропозиція дійсна протягом 45 банківських днів з дати її видачі*

*Постачальник залишає за собою право на зміну ціни товару*

*Оплата здійснюється в гривнях згідно комерційного курсу на день виставлення рахунку*

З повагою,



/Криворучко Юлія/



**Постачальник** - ТОВ "Роберт Бош ЛТД."  
 Дніпропетровська філія ТОВ "Роберт Бош ЛТД.", відділ з продажу термотехніки "Будерус",  
 02152, М.КИЇВ, ПРОСПЕКТ ПАВЛА ТИЧИНИ, БУДИНОК 1В, ОФІС А701; 49041,  
 м.Дніпропетровськ, Жовтневий р-н, вулиця Стартова, б.20, тел.: (056) 790-35-33 (056) 790-35-34

**Замовник** - Потенційний користувач,  
 тел., факс

Комерційна пропозиція  
 № 4796 від 27.01.2022

Вельмишановні пані та панове,  
 направляємо Вам дану комерційну пропозицію на котельне обладнання, що Вас зацікавило

№	Артикул	Назва товару	Ціна, €	Кількість, шт.	Сума, €
1	1621803006	Пакетна пропозиція 200 кВт: Logamax plus GB162-100 V2 - 2 шт., насосна група з енергозберігаючим насосом, каскадний блок "в- лінію" (без гідравлічної стрілки), система керування RC310 (білий), каскадний модуль MC400 -7736701034 Logamax plus GB162-100 V2 / Конденсаційний котел 2 шт одноконтурний - 100 кВт -7736700103 Насосна група з енергозберігаючим насосом для Logamax 2 шт plus GB162 V2 -7736700508 TL4 / Каскадний блок для 4 котлів Logamax plus GB162 1 шт V2 "в ряд" без гідравлічної стрілки -7738111128 RC310 / Пристрій керування EMS.../2 (білий) ((старий арт. 1 шт 7738111108)) -7738111003 MC400 / Функціональний каскадний модуль EMS.../2 1 шт -8735100809 AS1.6 / Датчик температури Buderus (діаметр 6 мм) 1 шт ((старий арт. 0063012831))	9 938,45	1	9 938,45

Орієнтовна вартість монтажних робіт 1967,04 €

Загальна сума пропозиції **11 905,49 €**

*Вид поставки - -*

*Термін поставки - 5 банківських днів з моменту оплати*

*Ціни вказані в евро та включають ПДВ-20% з урахуванням усіх митних зборів*

*Комерційна пропозиція дійсна протягом 45 банківських днів з дати її видачі*

*Постачальник залишає за собою право на зміну ціни товару*

*Оплата здійснюється в гривнях згідно комерційного курсу на день виставлення рахунку*

З повагою,



/Криворучко Юлія/



**Постачальник** - ТОВ "Роберт Бош ЛТД."  
Дніпропетровська філія ТОВ "Роберт Бош ЛТД.", відділ з продажу термотехніки "Будерус",  
02152, М.КИЇВ, ПРОСПЕКТ ПАВЛА ТИЧИНИ, БУДИНОК 1В, ОФІС А701; 49041,  
м.Дніпропетровськ, Жовтневий р-н, вулиця Стартова, б.20, тел.: (056) 790-35-33 (056) 790-35-34

**Замовник** - Потенційний користувач,  
тел., факс

Комерційна пропозиція  
№ 4797 від 27.01.2022

Вельмишановні пані та панове,  
направляємо Вам дану комерційну пропозицію на котельне обладнання, що Вас зацікавило

№	Артикул	Назва товару	Ціна, €	Кількість, шт.	Сума, €
1	1621803006	Пакетна пропозиція 255 кВт: Logamax plus GB162-85 V2 - 3 шт., насосна група з енергозберігаючим насосом, каскадний блок "в-лінію" (без гідравлічної стрілки), система керування RC310 (білий), каскадний модуль MC400 -7736701033 Logamax plus GB162-85 V2 / Конденсаційний котел 3 шт одноконтурний - 85 кВт -7736700103 Насосна група з енергозберігаючим насосом для Logamax 4 шт plus GB162 V2 -7736700508 TL4 / Каскадний блок для 4 котлів Logamax plus GB162 V2 "в ряд" без гідравлічної стрілки 1 шт -7738111128 RC310 / Пристрій керування EMS.../2 (білий) ((старий арт. 7738111108)) 1 шт -7738111003 MC400 / Функціональний каскадний модуль EMS.../2 1 шт -8735100809 AS1.6 / Датчик температури Buderus (діаметр 6 мм) 1 шт ((старий арт. 0063012831))	14 132,01	1	14 132,01

Орієнтовна вартість монтажних робіт 2041,44 €

Загальна сума пропозиції **16 173,45 €**

*Вид поставки - -*

*Термін поставки - 5 банківських днів з моменту оплати*

*Ціни вказані в євро та включають ПДВ-20% з урахуванням усіх митних зборів*

*Комерційна пропозиція дійсна протягом 45 банківських днів з дати її видачі*

*Постачальник залишає за собою право на зміну ціни товару*

*Оплата здійснюється в гривнях згідно комерційного курсу на день виставлення рахунку*

З повагою,



/Криворучко Юлія/



Постачальник - ТОВ "Роберт Бош ЛТД."  
Дніпропетровська філія ТОВ "Роберт Бош ЛТД.", відділ з продажу термотехніки "Будерус",  
02152, М.КИЇВ, ПРОСПЕКТ ПАВЛА ТИЧИНИ, БУДИНОК 1В, ОФІС А701; 49041,  
м.Дніпропетровськ, Жовтневий р-н, вулиця Стартова, б.20, тел.: (056) 790-35-33 (056) 790-35-34

Замовник - Потенційний користувач,  
тел., факс

Комерційна пропозиція  
№ 4798 від 27.01.2022

Вельмишановні пані та панове,  
направляємо Вам дану комерційну пропозицію на котельне обладнання, що Вас зацікавило

№	Артикул	Назва товару	Ціна, €	Кількість, шт.	Сума, €
1	1621803006	Пакетна пропозиція 300 кВт: Logamax plus GB162-100 V2 - 3 шт., насосна група з енергозберігаючим насосом, каскадний блок "в-лінію" (без гідравлічної стрілки), система керування RC310 (білий), каскадний модуль MC400 ·7736701034 Logamax plus GB162-100 V2 / Конденсаційний котел 3 шт ·7736700103 Насосна група з енергозберігаючим насосом для Logamax 3 шт ·7736700508 TL4 / Каскадний блок для 4 котлів Logamax plus GB162 V2 "в ряд" без гідравлічної стрілки 1 шт ·7738111128 RC310 / Пристрій керування EMS.../2 (білий) ((старий арт. 7738111108)) 1 шт ·7738111003 MC400 / Функціональний каскадний модуль EMS.../2 1 шт ·8735100809 AS1.6 / Датчик температури Buderus (діаметр 6 мм) 1 шт ((старий арт. 0063012831))	14 404,54	1	14 404,54

Орієнтовна вартість монтажних робіт 2422,51 €

Загальна сума пропозиції 16 827,05 €

*Вид поставки - -*

*Термін поставки - 5 банківських днів з моменту оплати*

*Ціни вказані в євро та включають ПДВ-20% з урахуванням усіх митних зборів*

*Комерційна пропозиція дійсна протягом 45 банківських днів з дати її видачі*

*Постачальник залишає за собою право на зміну ціни товару*

*Оплата здійснюється в гривнях згідно комерційного курсу на день виставлення рахунку*

З повагою, \_\_\_\_\_ /Криворучко Юлія/





Постачальник - ТОВ "Роберт Бош ЛТД."  
 Дніпропетровська філія ТОВ "Роберт Бош ЛТД.", відділ з продажу термотехніки "Будерус",  
 02152, М.КИЇВ, ПРОСПЕКТ ПАВЛА ТИЧИНИ, БУДИНОК 1В, ОФІС А701; 49041,  
 м.Дніпропетровськ, Жовтневий р-н, вулиця Стартова, б.20, тел.: (056) 790-35-33 (056) 790-35-34

Замовник - Потенційний користувач,  
 тел., факс

Комерційна пропозиція  
 № 4799 від 27.01.2022

Вельмишановні пані та панове,  
 направляємо Вам дану комерційну пропозицію на котельне обладнання, що Вас зацікавило

№	Артикул	Назва товару	Ціна, €	Кількість, шт.	Сума, €
1	1621803006	Пакетна пропозиція 370 кВт: Logatax plus GB162-85 V2 - 2 шт., Logatax plus GB162-100 V2 - 2 шт., насосна група з енергозберігаючим насосом, каскадний блок "в-лінію" (без гідравлічної стрілки), система керування RC310 (білий), каскадний модуль MC400 ·7736701033 Logatax plus GB162-85 V2 / Конденсаційний котел одноконтурний - 85 кВт 2 шт ·7736701034 Logatax plus GB162-100 V2 / Конденсаційний котел одноконтурний - 100 кВт 2 шт ·7736700103 Насосна група з енергозберігаючим насосом для Logatax plus GB162 V2 4 шт ·7736700508 TL4 / Каскадний блок для 4 котлів Logatax plus GB162 V2 "в ряд" без гідравлічної стрілки 1 шт ·7738111128 RC310 / Пристрій керування EMS.../2 (білий) ((старий арт. 7738111108)) 1 шт ·7738111003 MC400 / Функціональний каскадний модуль EMS.../2 1 шт ·8735100809 AS1.6 / Датчик температури Buderus (діаметр 6 мм) ((старий арт. 0063012831)) 1 шт	18 597,60	1	18 597,60

Орієнтовна вартість монтажних робіт 2708,84 €

Загальна сума пропозиції 21 306,44 €

Вид поставки - -

Термін поставки - 5 банківських днів з моменту оплати

Ціни вказані в євро та включають ПДВ-20% з урахуванням усіх митних зборів

Комерційна пропозиція дійсна протягом 45 банківських днів з дати її видачі

Постачальник залишає за собою право на зміну ціни товару

Оплата здійснюється в гривнях згідно комерційного курсу на день виставлення рахунку

З повагою,



/Криворучко Юлія/

## 11. Вартість впровадження теплових насосів:



Постачальник - ТОВ "Роберт Бош ЛТД."  
Дніпропетровська філія ТОВ "Роберт Бош ЛТД.", відділ з продажу термотехніки "Будерус",  
02152, М.КИЇВ, ПРОСПЕКТ ПАВЛА ТИЧІНИ, БУДИНОК 1В, ОФІС А701; 49041,  
м.Дніпропетровськ, Жовтневий р-н, вулиця Стартова, б.20, тел.: (056) 790-35-33 (056) 790-35-34

Замовник - Потенційний користувач,  
тел., факс

Комерційна пропозиція  
№ 4800 від 11.06.2021

Вельмишановні пані та панове,  
направляємо Вам дану комерційну пропозицію на котельне обладнання, що Вас зацікавило

№	Артикул	Назва товару	Ціна, €	Кількість, шт.	Сума, €
1	8738212198	Тепловий насос типу «повітря-вода» CS5000AW 38 O	30 520,00	3	91 560,00
2	8738212201	НРС 300 С, каскадний модуль	1 408,00	1	1 408,00
3	8738212218	КАН 150, електричний кабель підгріву конденсату	87,20	3	261,60

Орієнтовна вартість монтажних робіт 1 621,01 €

Загальна сума пропозиції 94850,61 €

*Термін поставки - 45 банківських днів з моменту оплати  
Ціни вказані в євро та включають ПДВ-20% з урахуванням усіх митних зборів  
Комерційна пропозиція дійсна протягом 45 банківських днів з дати її видачі  
Постачальник залишає за собою право на зміну ціни товару  
Оплата здійснюється в гривнях згідно комерційного курсу на день виставлення рахунку*

З повагою, \_\_\_\_\_ /Криворучко Юлія/



Постачальник - ТОВ "Роберт Бош ЛТД."  
Дніпропетровська філія ТОВ "Роберт Бош ЛТД.", відділ з продажу термотехніки "Будерус",  
02152, м.КИЇВ, ПРОСПЕКТ ПАВЛА ТИЧИНИ, БУДИНОК 1В, ОФІС А701; 49041,  
м.Дніпропетровськ, Жовтневий р-н, вулиця Стартова, б.20, тел.: (056) 790-35-33 (056) 790-35-34

Замовник - Потенційний користувач,  
тел., факс

Комерційна пропозиція  
№ 4801 від 11.06.2021

Вельмишановні пані та панове,  
направляємо Вам дану комерційну пропозицію на котельне обладнання, що Вас зацікавило

№	Артикул	Назва товару	Ціна, €	Кількість, шт.	Сума, €
1	873821219 8	Тепловий насос типу «повітря-вода» CS5000AW 38 O	30 520,00	3	91 560,00
2	873821220 1	НРС 300 С, каскадний модуль	1 408,00	1	1 408,00
3	8738212218	КАН 150, електричний кабель підігріву конденсату	87,20	3	261 ,60

Орієнтовна вартість монтажних робіт 3 621,01 €

Загальна сума пропозиції **96 850,61 €**

*Термін поставки - 45 банківських днів з моменту оплати  
Ціни вказані в серво та включають ПДВ-20% з урахуванням усіх митних зборів  
Комерційна пропозиція дійсна протягом 45 банківських днів з дати її видачі  
Постачальник залишає за собою право на зміну ціни товару  
Оплата здійснюється в гривнях згідно комерційного курсу на день виставлення рахунку*

З повагою, \_\_\_\_\_ /Криворучко Юлія/



Постачальник - ТОВ "Роберт Бош ЛТД."  
Дніпропетровська філія ТОВ "Роберт Бош ЛТД.", відділ з продажу термотехніки "Будерус",  
02152, М.КИЇВ, ПРОСПЕКТ ПАВЛА ТИЧИНИ, БУДИНОК 1В, ОФІС А701; 49041,  
м.Дніпропетровськ, Жовтневий р-н, вулиця Стартова, б.20, тел.: (056) 790-35-33 (056) 790-35-34

Замовник - Потенційний користувач,  
тел., факс

Комерційна пропозиція  
№ 4802 від 11.06.2021

Вельмишановні пані та панове,  
направляємо Вам дану комерційну пропозицію на котельне обладнання, що Вас зацікавило

№	Артикул	Назва товару	Ціна, €	Кількість, шт.	Сума, €
1	8738212198	Тепловий насос типу «повітря-вода» CS5000AW 38 O	30 520,00	5	153 200,00
2	8738212201	НПС 300 С, каскадний модуль	1 408,00	2	2 816,00
3	8738212218	КАН 150, електричний кабель підігріву конденсату	87,20	5	436,00

Орієнтовна вартість монтажних робіт 5431,52 €

Загальна сума пропозиції 162883,52 €

*Вид поставки - -*

*Термін поставки - 5 банківських днів з моменту оплати*

*Ціни вказані в євро та включають ПДВ-20% з урахуванням усіх митних зборів*

*Комерційна пропозиція дійсна протягом 45 банківських днів з дати її видачі*

*Постачальник залишає за собою право на зміну ціни товару*

*Оплата здійснюється в гривнях згідно комерційного курсу на день виставлення рахунку*

З повагою,  /Криворучко Юлія/



Постачальник - ТОВ "Роберт Бош ЛТД."  
 Дніпропетровська філія ТОВ "Роберт Бош ЛТД.", відділ з продажу термотехніки "Будерус",  
 02152, М.КИЇВ, ПРОСПЕКТ ПАВЛА ТИЧІНИ, БУДИНОК 1В, ОФІС А701; 49041,  
 м.Дніпропетровськ, Жовтневий р-н, вулиця Стартова, б.20, тел.: (056) 790-35-33 (056) 790-35-34

Замовник - Потенційний користувач,  
 тел., факс

Комерційна пропозиція  
 № 4803 від 11.06.2021

Вельмишановні пані та панове,  
 направляємо Вам дану комерційну пропозицію на котельне обладнання, що Вас зацікавило

№	Артикул	Назва товару	Ціна, €	Кількість, шт.	Сума, €
1	8738212198	Тепловий насос типу «повітря-вода» CS5000AW 38 O	30 520,00	6	183 120,00
2	8738212201	НРС 300 С, каскадний модуль	1 408,00	2	2 816,00
3	8738212218	КАН 150, електричний кабель підігріву конденсату	87,20	6	523,20

Орієнтовна вартість монтажних робіт 6 336,77 €

Загальна сума пропозиції **192 795,97 €**

*Термін поставки - 45 банківських днів з моменту оплати  
 Ціни вказані в євро та включають ПДВ-20% з урахуванням усіх митних зборів  
 Комерційна пропозиція дійсна протягом 45 банківських днів з дати її видачі  
 Постачальник залишає за собою право на зміну ціни товару  
 Оплата здійснюється в гривнях згідно комерційного курсу на день виставлення рахунку*

З повагою,  /Криворучко Юлія/



Постачальник - ТОВ "Роберт Бош ЛТД."  
Дніпропетровська філія ТОВ "Роберт Бош ЛТД.", відділ з продажу термотехніки "Будерус",  
02152, М.КИЇВ, ПРОСПЕКТ ПАВЛА ТИЧИНИ, БУДИНОК 1В, ОФІС А701; 49041,  
м.Дніпропетровськ, Жовтневий р-н, вулиця Стартова, б.20, тел.: (056) 790-35-33 (056) 790-35-34

Замовник - Потенційний користувач,  
тел., факс

Комерційна пропозиція  
№ 4804 від 11.06.2021

Вельмишановні пані та панове,  
направляємо Вам дану комерційну пропозицію на котельне обладнання, що Вас зацікавило

№	Артикул	Назва товару	Ціна, €	Кількість, шт.	Сума, €
1	8738212198	Тепловий насос типу «повітря-вода» CS5000AW 38 O	30 520,00	8	244 160,00
2	8738212201	НПС 300 C, каскадний модуль	1 408,00	3	4 224,00
3	8738212218	КАН 150, електричний кабель підігріву конденсату	87,20	8	697,60

Орієнтовна вартість монтажних робіт 6739,28 €

Загальна сума пропозиції 255820,88 €

*Вид поставки - -*

*Термін поставки - 5 банківських днів з моменту оплати*

*Ціни вказані в євро та включають ПДВ-20% з урахуванням усіх митних зборів*

*Комерційна пропозиція дійсна протягом 45 банківських днів з дати її видачі*

*Постачальник залишає за собою право на зміну ціни товару*

*Оплата здійснюється в гривнях згідно комерційного курсу на день виставлення рахунку*

З повагою,



/Криворучко Юлія/



Постачальник - ТОВ "Роберт Бош ЛТД."

Дніпропетровська філія ТОВ "Роберт Бош ЛТД.", відділ з продажу термотехніки "Будерус",

02152, М.КИЇВ, ПРОСПЕКТ ПАВЛА ТИЧИНИ, БУДИНОК 1В, ОФІС А701; 49041,  
м.Дніпропетровськ, Жовтневий р-н, вулиця Стартова, б.20, тел.: (056) 790-35-33 (056) 790-35-34

Замовник - Потенційний користувач,  
тел., факс

Комерційна пропозиція  
№ 4805 від 11.06.2021

Вельмишановні пані та панове,  
направляємо Вам дану комерційну пропозицію на котельне обладнання, що Вас зацікавило

№	Артикул	Назва товару	Ціна, €	Кількість, шт.	Сума, €
1	8738212198	Тепловий насос типу «повітря-вода» CS5000AW 38 O	30 520,00	9	274 680,00
2	8738212201	НРС 300 С, каскадний модуль	1 408,00	3	4 224,00
3	8738212218	КАН 150, електричний кабель підігріву конденсату	87,20	9	784,80

Орієнтовна вартість монтажних робіт 9052,53 €

Загальна сума пропозиції 288 741,33 €

*Термін поставки - 45 банківських днів з моменту оплати*

*Ціни вказані в євро та включають ПДВ-20% з урахуванням усіх митних зборів*

*Комерційна пропозиція дійсна протягом 45 банківських днів з дати її видачі*

*Постачальник залишає за собою право на зміну ціни товару*

*Оплата здійснюється в гривнях згідно комерційного курсу на день виставлення рахунку*

З повагою, \_\_\_\_\_ /Криворучко Юлія/

# ДОДАТОК Д

## ПРОТОКОЛИ

### ЕКОЛОГІЧНИХ ВИПРОБУВАНЬ КОТЕЛЬНИХ УСТАНОВОК

(держбюджетна тема №53-68/17)

#### Протокол № 1

випробувань теплофікаційних установок (котлів) що до якості спалювання палива та оцінки впливу на навколишнє середовище.

Найменування об'єкта	Мурафська ЗОШ I-III ст. котельня №1
Адреса розташування	Харківська обл. Краснокутський р-н, с.Мурафа, вул.Центральна, 43
Типи котлів	Колві-Темона КТН 100 СЕ по 98 кВт
Дата та час виконання	22.03.2018 року о 08:26
Тип газоаналізатора	«ОКСИ 5М» зав.№71040 виробництва ТОВ «Екотест» м.Харків, держ.піврка від 14.10.2017р. (до 14.11.2018р.)
Параметри пального:	природний газ
теплотворна здатність	10,57 (кВт*год)/м <sup>3</sup> ,
вміст кисню	0,5%,
вміст сірки	0,024%,
вміст сірководню	0,015%,
маса механічних домішок	0,001 гр/м <sup>3</sup>

#### Параметри роботи котлів:

№ п/п	Найменування параметру що вимірювався	Позначення	котел ст.№1	котел ст.№2	котел ст.№3	котел ст.№4	Од. вимір
1	Теплова потужність	Q	0,0	61,0	59,5	48,0	кВт/год
2	Відсоток завантаження котла	B	0,0	62,2	60,7	49,0	%
3	Вид пального			пр.газ	пр.газ	пр.газ	
4	Витрата пального	G	0,0	7,68	7,26	5,82	м <sup>3</sup> /год
5	Температура димових газів	t <sub>д.г.</sub>		138,1	124,8	145,1	°C
6	Температура дугтьового повітря	t <sub>д.п.</sub>		21,0	21,0	21,0	°C
7	Температура зовнішнього повітря	t <sub>з.п.</sub>		-3,0	-3,0	-3,0	°C
8	Коефіцієнт надлишку повітря	α		4,46	4,28	3,18	
9	Кисень	O <sub>2</sub>		16,3	16,1	14,4	%
10	Оксид вуглецю	CO		1,0	0,0	0,0	ppm
11	Діоксид вуглецю	CO <sub>2</sub>		2,7	2,8	3,8	%
12	Оксид азоту	NO		21	28	37	ppm
13	Діоксид азоту	NO <sub>2</sub>		0,0	0,0	0,0	ppm
14		NO <sub>x</sub>		21	29	37	ppm
15	Оксид сірки	SO <sub>2</sub>					ppm
16	ККД роботи котла	η		82,6	85,1	86,1	%

Виконавець ФОП Семененко Р.А.  
д.т.н., проф. Полів'янчук А.П.

Представник замовника кочегар Тіщенко Г.Н.



## Протокол № 2

випробувань теплофікаційних установок (котлів) що до якості спалювання палива та оцінки впливу на навколишнє середовище.

Найменування об'єкта	Мурафська ЗОШ І-ІІІ ст. топкова №2
Адреса розташування	Харківська обл. Краснокутський р-н, с.Мурафа, вул.Центральна, 43
Типи котлів	«Жарок-2» ст.№1, КЧМ-2М-Ч ст.№2
Дата та час виконання	22.03.2018 року о 09:15
Тип газоаналізатора	«ОКСИ 5М» зав.№71040 виробництва ТОВ «Екотест» м.Харків, держ.півірка від 14.10.2017р. (до 14.11.2018р.)
Параметри пального:	дров'яні брикети
вологість	18%,
зольність	1,5%,
щільність	1,0 т/м <sup>3</sup> ,
теплотворна здатність	4,25 (кВт*год)/кг,
вміст азоту	0,5%,
вміст сірки	0,04%,
вміст хлору	0,02%.

### Параметри роботи котлів:

№ п/п	Найменування параметру що вимірювався	Позначення	котел ст.№1	котел ст.№2	Од. вимір
1	Теплова потужність	Q	20,0	19,1	кВт/год
2	Відсоток завантаження котла	B			%
3	Вид пального		брикет	брикет	
4	Витрата пального	G	7,94	7,1	кг/год
5	Температура димових газів	t <sub>д.г.</sub>	54,1	52,0	°C
6	Температура дуттьового повітря	t <sub>д.п.</sub>	16,0	16,0	°C
7	Температура зовнішнього повітря	t <sub>з.п.</sub>	-3,0	-3,0	°C
8	Коефіцієнт надлишку повітря	$\alpha$	2,03	1,92	
9	Кисень	O <sub>2</sub>	10,7	10,1	%
10	Оксид вуглецю	CO	2788	3634	ppm
11	Діоксид вуглецю	CO <sub>2</sub>	5,9	6,2	%
12	Оксид азоту	NO	75	131	ppm
13	Діоксид азоту	NO <sub>2</sub>	0,0	0,0	ppm
14		NO <sub>x</sub>	75	131	ppm
15	Оксид сірки	SO <sub>2</sub>			ppm
16	ККД роботи котла	$\eta$	61,9	65,8	%

Виконавець ФОП Семененко Р.А.  
д.т.н., проф. Полів'яничук А.П.

Представник замовника оператор газової котельні Тіщенко Г.Н.

## ДОДАТОК Е

## РЕЗУЛЬТАТИ ВИКОРИСТАННЯ ПРОГРАМНОГО КОМПЛЕКСУ ЭОЛ 2000 [Н] ПРИ ПРОВЕДЕННІ ЕКОЛОГІЧНОГО МОНІТОРИНГУ КОТЕЛЬНИХ УСТАНОВОК (держбюджетна тема №53-68/17)

## Об'єкт №2 - будівля Мурафської ЗОНІ І-ІІІ ступенів

Рік за будови – 1946  
 Загальна площа, м<sup>2</sup> - 784,7  
 Будівельний об'єм, м<sup>3</sup> – 3659,0  
 Кількість поверхів - 2

теплова енергія (тільки на опалення)	2013	188,6	Гкал
	2014	135,4	Гкал
середньорічне споживання	2015	91,2	Гкал
	2016	98,8	Гкал
136,4	Гкал/рік	2017	168,0
			Гкал

	Обсяги споживання палива			Теплотворна здатність палива, ккал/кг		
	Вугілля, т	Дров, м3	Пілетки, т			
2015						
2016						
2017	31,745	5,72	26,62	4460	770	4410



Котли твердопаливні:  
 КЧМ-2М-4" – 1989 року, потужність номінальна- 23 кВт  
 Жарок-2 - 1980 року, потужність номінальна- 23 кВт

Котли що розташовані в підвальному приміщенні приєднані до існуючого димоходу будинку. Загальна висота будівлі із шатровою покрівлею від підлоги підвалу до конька покрівлі складає – 13,2 м.

Copyright © ТОВ «Софт-Фонд»  
 м. Київ

Тел. (044) 899 35 57  
 E-Mail info@stand.kiev.ua

ЛНУМГ ім. О.М. Бекетова, Ліцензія №1100862470

## ЕОЛ 2000[h] (Windows версія)

Автоматизована система розрахунку  
 розсіювання викидів  
 шкідливих речовин

Загальний звіт про результати розрахунку розсіювання

"Мурафа, КЧМ-2м-4 (N= 0,4 Нгом)"

Розрахунковий модуль системи реалізує методику ОНД-86  
 Програма рекомендована для використання Міністерством охорони  
 навколишнього природного середовища України(2464/19-4-10 от 15.03.2006)

Завдання на розрахунок									
Найменування міста					Дублянка				
Коді пром. майданчиків					1				
Коді речовин					301 337 304				
Коді груп суміші					-				
Швидкість вітру (м/с)					0,5 2 8				
Швидкість вітру (част. U сер. зв.)					0,5 1 1,5				
Швидкість вітру (частини U сер. надфакельної)					-				
Крок перебору напр. вітру					10				
Фікс. напр. вітру					-				
Кількість наб. вклад.					1				
Кількість макс. конц.					10				
Чи врахований фон?					Ні				
Будувати розрахунок СЗЗ/зону впливу підприємства					Ні/Ні				
Висота розрахунку (м)					0				
Параметри розрахункових майданчиків									
№ п/п	Коорд. X	Коорд. Y	Довжина	Ширина	Кут пов. розр. майд. відн. висі ОХ осн. сист. коорд.	Крок по сітці висі ОХ	Крок по сітці висі ОУ	Особл. вимоги	
1	0.0	0.0	500.0	500.0	0.0	25.0	25.0	0	

Код міста	Найменування міста	Сер. температура самого теплого місяця (град С)	Сер. температура самого холодного місяця (град С)	Гранична швидкість вітру (м/с)	Регіональний коефіцієнт стратифікації	Кут між північним напрям. та висі ОХ осн. сист. коорд. (град)
1	Мурафа	20.7	-5.6	8.0	200	90

Площа міста (кв. км)	Широта (град.хв.,сек.)	Широта (півн. чи півд.)	Довгота (град.хв.,сек.)	Довгота (зд. чи сл.)	Ймовірність повтору вітру(Пв)	Ймовірність повтору вітру(ПвСх)	Ймовірність повтору вітру(Сх)
0					16.9	14.5	14.2

Ймовірність повтору вітру(ПвСх)	Ймовірність повтору вітру(Пд)	Ймовірність повтору вітру(ПдЗх)	Ймовірність повтору вітру(Зх)	Ймовірність повтору вітру(ПвЗх)
8.8	6	7.4	16.4	15.8

Код пр. майд.	Найменування промислового майданчика	Код речовин (групи суміші)	Найменування речовини (Коді речовин, що входять у групу суміші).	Потужність викиду (т/рік)
1	Мурафська ЗОШ	Код р-ни 301 Код р-ни 337 Код р-ни 304	Азоту діоксид Вуглецю оксид Азоту оксид	0.0040 0.0853 0.0006

Потужність викиду (т/рік)
0.0000
0.0000
0.0000

Код речовини	Найменування речовини	ГДК (мг/м.куб)
301	Азоту діоксид	0.20000000

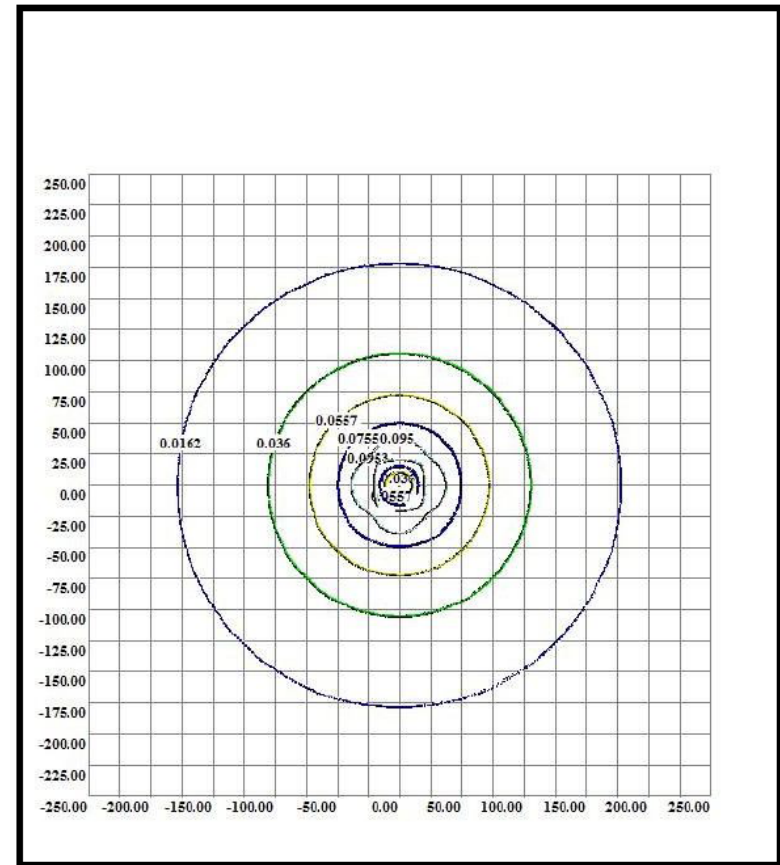
Перелік джерел, у викидах яких є Азоту діоксид

Код джерела	Технологічні параметри	Викид г/с	Клас небезпеч.	СМ (частки ГДК) СМ мг/м. куб СМ/М м/с/м. куб	ХМ (м)	УМ (м/с)	X Y Коорд. точеч. початок ліній-го, центр симетр. ліній-го (м)	X Y Коорд. кінця ліній-го, дов. і ширина ліній-го (м)	Коеф-т рель.'єфу	Витрата ППТС(м. куб/с)	Шв-ть вихіду ППТС: м/с	Діаметр (м)	Висота (м)	Температура (С)	Коеф-т впоряд. осід.	Викид т/р
10001	-	0.00403	5	0.1072 -	23.11	0.56	0.00 0.00	0.00 0.00	1.0000	0.0187	0.2653	0.3000	8.0000	300.0000	1.0000	0.0000

Точки найбільших концентрацій речовини Азоту діоксид  
На розрахун. площадці № 1 та номера джерел, що надають найбільший внесок

Концентрації у точці частки ГДК	Коорд. розр. точки X	Коорд. розр. точки Y	Напрям. в ґру	Швидкість в ґру	Розмір внеску Q0	№ джерела NO
0.1050	0.0	25.0	90	0.5644	0.1050	10001
0.1050	-25.0	0.0	180	0.5644	0.1050	10001
0.1050	25.0	0.0	0	0.5644	0.1050	10001
0.1050	0.0	-25.0	270	0.5644	0.1050	10001
0.0927	-25.0	25.0	135	0.5644	0.0927	10001
0.0927	25.0	25.0	45	0.5644	0.0927	10001
0.0927	-25.0	-25.0	225	0.5644	0.0927	10001
0.0927	25.0	-25.0	315	0.5644	0.0927	10001
0.0751	0.0	50.0	90	0.5644	0.0751	10001
0.0751	-50.0	0.0	180	0.5644	0.0751	10001

Азоту діоксид  
Карта-схема



Нормативна санітарно-захисна зона

14.11.2018 "ХНУМГ ім. О.М. Бекетова" ЕОЛ 2000 [h] v4.0, Ліцензія №1100862470

Код речовини	Найменування речовини	ГДК (мг/м.куб)
337	Вуглецю оксид	5.00000000

Перелік джерел, у викидах яких є Вуглецю оксид

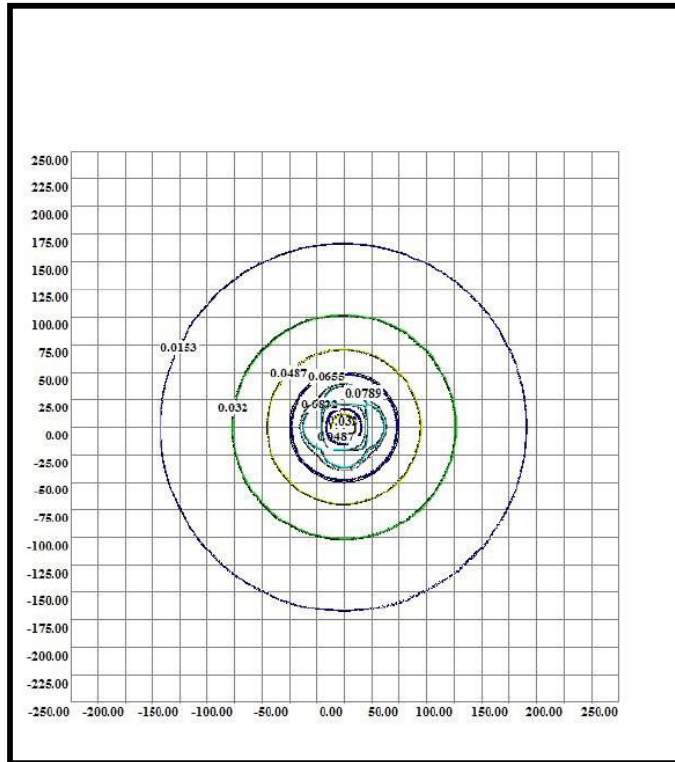
Код джерела Технологічні параметри	10001
Викид г/с	0.08529
Клас небезпеч.	5
СМ (частки ГДК) СМ/мг/м. куб СМ/М мс/м. куб	0.0908 - -
ХМ (м)	23.11
УМ (м/с)	0.56
X Y Коорд. точеч. початок лин-го, центр симетр. пл-го (м)	0.00 0.00
X Y Коорд. кінця лин-го, дов. і ширина пл-го(м)	0.00 0.00
Коеф-т рець'єфу	1.0000
Витрата ПГПС (м. куб/с)	0.0187
Шв-ть вихіду ПГПС. м/с	0.2653
Діаметр (м)	0.3000
Висота (м)	8.0000
Температура (С)	300.0000
Коеф-т впоряд. осід.	1.0000
Викид т/р	0.0000

14.11.2018 "ХНУМГ ім. О.М. Бекетова" ЕОЛ 2000 [h] v4.0, Ліцензія №1100862470

Точки найбільших концентрацій речовини Вуглецю оксид  
На розрахун. площадці № 1 та номера джерел, що надають найбільший внесок

Концентрації у точці частки ГДК	Коорд. розр. точка X	Коорд. розр. точка Y	Напрям. вітру	Швидкість вітру	Розмір внеску Q0	№ джерела N0
0.0889	0.0	25.0	90	0.5644	0.0889	10001
0.0889	-25.0	0.0	180	0.5644	0.0889	10001
0.0889	25.0	0.0	0	0.5644	0.0889	10001
0.0889	0.0	-25.0	270	0.5644	0.0889	10001
0.0785	-25.0	25.0	135	0.5644	0.0785	10001
0.0785	25.0	25.0	45	0.5644	0.0785	10001
0.0785	-25.0	-25.0	225	0.5644	0.0785	10001
0.0785	25.0	-25.0	315	0.5644	0.0785	10001
0.0635	0.0	50.0	90	0.5644	0.0635	10001
0.0635	-50.0	0.0	180	0.5644	0.0635	10001

Вуглецю оксид  
Карта-схема



Нормативна санітарно-захисна зона

Код речовини	Найменування речовини	ГДК (мг/м.куб)
304	Азоту оксид	0.40000000

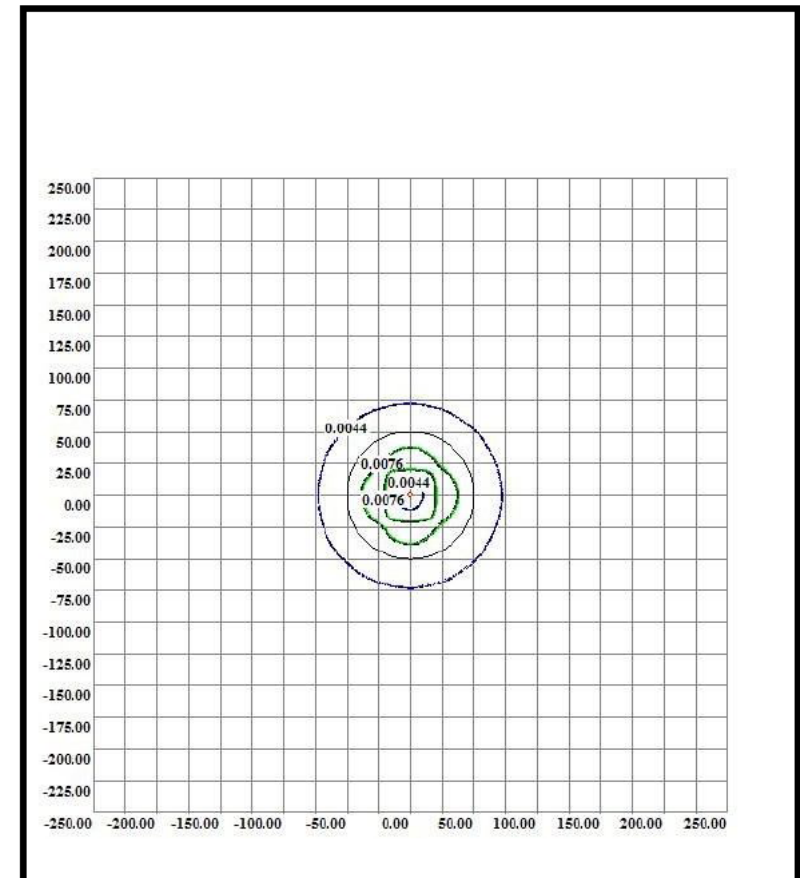
Перелік джерел, у виходах яких є Азоту оксид

Код джерела - Технологічні параметри	10001
Викид г/с	0.00064
Клас небезпеч.	5
СМ (частки ГДК) СМ мг/м. куб СМ/М мг/м. куб	0.0085 - -
ХМ (м)	23.11
УМ (м/с)	0.56
X Y Коорд. точеч. початок лін-го, центр симетр. пл-го (м)	0.00 0.00
X Y Коорд. кінця лін-го, дов. і ширина пл-го(м)	0.00 0.00
Коеф-т рельефу	1.0000
Витрата ПГПС(м. куб/с)	0.0187
Шв-ть виходу ПГПС: м/с	0.2653
Діаметр (м)	0.3000
Висота (м)	8.0000
Температура (С)	300.0000
Коеф-т впоряд. осід.	1.0000
Викид т/р	0.0000

Точки найбільших концентрацій речовини Азоту оксид  
На розрахун. площадці № 1 та номера джерел, що надають найбільший внесок

Концентрації у точці частки ГДК	Коорд. розр. точки X	Коорд. розр. точки Y	Напрям. втру	Швидкість втру	Розмір внеску Q0	№ джерела N0
0.0083	0.0	25.0	90	0.5644	0.0083	10001
0.0083	-25.0	0.0	180	0.5644	0.0083	10001
0.0083	25.0	0.0	0	0.5644	0.0083	10001
0.0083	0.0	-25.0	270	0.5644	0.0083	10001
0.0074	-25.0	25.0	135	0.5644	0.0074	10001
0.0074	25.0	25.0	45	0.5644	0.0074	10001
0.0074	-25.0	-25.0	225	0.5644	0.0074	10001
0.0074	25.0	-25.0	315	0.5644	0.0074	10001
0.0060	0.0	50.0	90	0.5644	0.0060	10001
0.0060	-50.0	0.0	180	0.5644	0.0060	10001

Азоту оксид  
Карта-схема



Нормативна санітарно-захисна зона

## Додаток Ж

**Buderus**

ТОВ «Роберт Бош ЛТД.»  
Відділ з продажу  
термотехніки «Будерус»  
вул. Крайня, 1  
Київ 02660, Україна  
Тел. +38 044 390-7193  
Факс +38 044 390-7194  
info@buderus.ua  
http://www.buderus.ua

Р/р 26006200013123  
АКБ «Сіті Банк» Україна, Київ  
МФО 300584

ІНФОРМАЦІЙНИЙ ЛИСТ

14 серпня 2017 р.

Даним листом повідомляємо, що у відповідності до директивного європейського документу VDI 2067 (Verein Deutscher Ingenieure, Dusseldorf, 2000), розрахунковий термін служби настінних конденсаційних котлів **Logamax plus GB162** складає не менше **25** років за умов дотримання вимог виробника щодо умов експлуатації, якості теплоносія, бездоганної роботи систем автоматики захисту й регулювання та своєчасному проведенню регламентних робіт. Даний строк служби може бути прийнятий для техніко-економічних та інвестиційних розрахунків.

З повагою,

Продукт-менеджер



Кирил Стрельцов



## Додаток І

## Таблиці Інформаційного модулю ПК

Таблиця И.1 – Загальні данні по натурному об'єкту №1

№	Назва параметру	Значення параметру
1	2	3
1	Назва об'єкта	
2	Призначення будівлі за ДСТУ 9190:2022 Енергетична ефективність будівель. Метод розрахунку енергоспоживання при опаленні, охолодженні, вент, освітлення, ГВП	
3	Призначення будівлі за ДБН В.2.6-31:2021 Теплова ізоляція будівель	
4	Регіон, в якому знаходиться об'єкт досліджень	
5	Номер температурної зони України за ДБН В.2.6-31:2021 Теплова ізоляція будівель	
6	Температура теплоносія в подаючому трубопроводі при розрахунковій температурі зовнішнього повітря, °С	
7	Температура теплоносія в зворотньому трубопроводі при розрахунковій температурі зовнішнього повітря, °С	
8	Температура теплоносія в подаючому трубопроводі системи гарячого водопостачання, °С	
9	Температура теплоносія в циркуляційному трубопроводі системи гарячого водопостачання, °С	
10	Середня розрахункова температура внутрішнього повітря в будівлі, °С	
11	Опалювальна площа, м <sup>2</sup>	
12	Опалювальний об'єм будинку, м <sup>3</sup>	
13	Об'єм будинку що вентильовується, м <sup>3</sup>	
14	Тариф на теплову енергію, грн/кВт (із НДС)	
15	Тариф на електроенергію, грн/кВт*год (із НДС)	
16	Тип джерела теплової енергії	
17	Тип палива на якому працює джерело теплової енергії	
18	Питома норма витрати умовного палива на відпуск теплової енергії існуючого постачальника тепла, кг.у.п./Гкал	
19	Фактичний відсоток втрат тепла в теплових мережах існуючого постачальника тепла, %	

продовження таблиці И.1

1	2	3
20	Показники фактичної емісії $k_{CO_2}$ , ppm	
21	Показники фактичної емісії $k_{CO}$ , ppm	
22	Показники фактичної емісії $k_{NOx}$ , ppm	
23	Показники фактичної емісії $k_{N_2O}$ , ppm	
24	Показники фактичної емісії $k_{CH_4}$ , ppm	
25	Показники фактичної емісії $k_{HMTOP}$ , ppm	
26	Показники фактичної емісії $k_{сажі}$ , ppm	
27	Показники фактичної емісії $k_{SO_2}$ , ppm	
28	Калорійний еквівалент по природному газу за попередній звітний період	
29	$Q_i^f$ – нижча робоча теплота згоряння і-го типу палива за звітний період, МДж/кг	
30	Максимально допустимий рівень окупності ЕЕЗаходу, років	
31	Бажаний рівень екологізації об'єкту (на скільки відсотків заплановане зниження обсягів викидів ЗР від поточного стану), або	
32	Бажаний рівень питомої енергопотребі для будівлі, кВт*год/м <sup>2</sup> (м <sup>3</sup> ), або	
33	Бажаний клас енергетичної ефективності будівлі [82].	
34	$\Lambda_{bci}$ - коефіцієнт компактності, м <sup>-1</sup>	



Таблиця И.3 – Вихідні дані по конструктиву, геометрії та орієнтації огорожувальних конструкцій будівлі

№ п/п	Тип огорожувальної конструкції	Орієнтація по сторонах світу	Площа поверхні, м <sup>2</sup>	Коментарі до огорожувальних конструкцій	Характеристика існуючих огорожувальних конструктивних елементів (розрахункові характеристики в умовах експлуатації)		Коефіцієнт теплопередачі при наявному конструктиві, Вт/(м <sup>2</sup> *°C)	Згідно ДБН В. 2.6-31:2021 [46] коеф. теплопередачі має бути Вт/(м <sup>2</sup> *°C)
					Матеріал огорожувальних конструкцій	Товщина, м		
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	Суміщені покриття кондиціонованого об'єму, що межують з зовнішнім повітрям			Суміщене покриття (тип №1)				0,167
2								
3								
4								
5								
6								
7	Суміщені покриття кондиціонованого об'єму, що межують з зовнішнім повітрям			Суміщене покриття (тип №2)				0,167
8								
9								
10								
11								
12								
13	Горищні покриття, що вентилуються зовнішнім повітрям			Горищні покриття, що вентилуються зовнішнім повітрям				0,202
14								
15								
16								
17								
18								
19	Горищні перекриття, що не вентилуються зовнішнім повітрям			Горищні перекриття, що не вентилуються зовнішнім повітрям				0,202
20								
21								
22								
23								
24								

продовження таблиці И.3

1	2	3	4	5	6	7	8	9			
25	Зовнішні стіни кондиціонованого об'єму, що межують з зовнішнім повітрям	Пн		Зовнішні стіни (тип №1)			0,303				
26		ПнСх									
27		Сх									
28		ПдСх									
29		Пд									
30		ПдЗх									
31		Зх									
32		ПнЗх									
33		Пн			Зовнішні стіни (тип №2)					0,303	
34		ПнСх									
35	Сх										
36	ПдСх										
37	Пд										
38	ПдЗх										
39	Зх										
40	ПнЗх										
41	Перекриття кондиціонованих об'ємів над проїздами і під еркерами			Підлога над проїздом			0,267				
42											
43											
44											
45											
46											
47	Перекриття між кондиціонованим об'ємом і некондиціонованим простором підвалу			Підлога над техпідпіллям (тип №1)			0,267				
48											
49											
50											
51											
52											

продовження таблиці И.3

1	2	3	4	5	6	7	8	9
53	Перекриття між кондиціонованим об'ємом і некондиціонованим простором підвалу			Підлога над техпідпіллям (тип №2)				0,267
54								
55								
56								
57								
58								
59	Вікна і балконні двері кондиціонованого об'єму, що межують з зовнішнім повітрям	Пн		Вікна				1,333
60		ПнСх						
61		Сх						
62		ПдСх						
63		Пд						
64		ПдЗх						
65		Зх						
66		ПнЗх						
67	Зовнішні двері кондиціонованого об'єму, що межують з зовнішнім повітрям	Пн		Зовнішні двері				1,667
68		ПнСх						
69		Сх						
70		ПдСх						
71		Пд						
72		ПдЗх						
73		Зх						
74		ПнЗх						

Таблиця И.4 – Планування конструктиву для реалізації заходів по проведенню термомодернізації огорожувальних конструкцій будівлі

№ п/п	Тип огорожувачої конструкції	Площа поверхні, м <sup>2</sup>	Коментарі до огорожувачих конструкцій	Характеристика існуючих огорожувачих конструктивних елементів (розрахункові хар-ки в умовах експлуатації)		Опір теплопередачі що утворюється при утепленні (м <sup>2</sup> *°C)/Вт	Згідно ДБН В. 2.6-31:2021 [46] коеф. теплопередачі має бути (м <sup>2</sup> *°C)/Вт
				Матеріал огорожувачих конструкцій	Товщина, м		
1	2	3	4	5	6	7	8
1	Суміщені покриття кондиціонованого об'єму, що межують з зовнішнім повітрям		Суміщене покриття (тип №1)				0,167
2							
3							
4							
5			Суміщене покриття (тип №2)				0,167
6							
7							
8							
9	Горищні покриття, що вентилюються зовнішнім повітрям		Горищне перекриття				0,202
10							
11							
12							
13	Горищні перекриття, що не вентилюються зовнішнім повітрям		Горищне перекриття				0,202
14							
15							
16							
17	Зовнішні стіни кондиціонованого об'єму, що межують з зовнішнім повітрям		Стіна (тип №1)				0,303
18							
19							
20							
21			Стіна (тип №2)				0,303
22							
23							
24							

продовження таблиці И.4

1	2	3	4	5	6	7	8
25	Перекриття кондиціонованих об'ємів над проїздами і під еркерами		Підлога над проїздом, утеплення над				0,267
26							
27							
28			Підлога над проїздом, утеплення під				
29							
30							
31	Перекриття між кондиціонованим об'ємом і некондиціонованим простором підвалу		Підлога над техпідпіллям (тип №1)				0,267
32							
33							
34			Підлога над техпідпіллям (тип №2)				
35							
36							
37	Перекриття між кондиціонованим об'ємом і некондиціонованим простором підвалу		Підлога над техпідпіллям (тип №1)				0,267
38							
39							
40			Підлога над техпідпіллям (тип №2)				
41							
42							
43	Вікна і балконні двері кондиціонованого об'єму, що межують з зовнішнім повітрям		Вікна				1,333
44							
45							
46							
47							
48							
49							
50							
51	Зовнішні двері кондиціонованого об'єму, що межують з зовнішнім повітрям		Зовнішні двері				1,667
52							
53							
54							
55							
56							



Таблиця И.5 – Вихідні дані для реалізації заходу впровадженню технології «розумний будинок» для керування режимами опалення приміщень

№ п/п	Тип приміщень	Режим використання, год/тиждень	Площа, м <sup>2</sup>	Нормована температура в даному типі приміщення, °С	Тимчасове пропонуєме зниження температури на, °С
1	2	3	4	5	6
1					
2					
3					
4					
5					
6					
7					
8					
9					
10					
11					
12					
13					
<b>14</b>	<b>Загальна опалювальна площа</b>				
15	Загальна вартість впровадження системою керування тепловими режимами опалення приміщень (матеріали та роботи по монтажу) з ПДВ –				тис.грн

Таблиця И.6 – Проведення реконструкції системи вентиляції із впровадженням рекуперації та автоматики керування

		Чи передбачається автоматика керування системою припливної вентиляції
<b>1</b>	<b>Mitsubishi Electric Lossnay LGH-200RX5-E</b>	<b>Тип рекуператора №1</b>
1.1		Вартість рекуператора типу №1, грн/од.
1.2		Тепловий ККД рекуператора типу №1, %
1.3		Номінальна продуктивність рекуператора типу №1, м <sup>3</sup> /год од.
1.4		Кількість рекуператорів типу №1, од
<b>2</b>		<b>Тип рекуператора №2</b>
2.1		Вартість рекуператора типу №2
2.2		Тепловий ККД рекуператора типу №2
2.3		Номінальна продуктивність рекуператора типу №2, м <sup>3</sup> /год
2.4		Кількість рекуператорів типу №2
<b>3</b>		<b>Тип рекуператора №2</b>
3.1		Вартість рекуператора типу №2
3.2		Тепловий ККД рекуператора типу №2
3.3		Номінальна продуктивність рекуператора типу №3, м <sup>3</sup> /год
3.4		Кількість рекуператорів типу №2
	0,0%	Приведене значення теплового ККД рекуператорів що пропонуються до впровадження

Таблиця И.7 – Вихідні дані для реалізації заходу по проведенню термомодернізації внутрішньобудинкових трубопроводів системи опалення та загального тепlopостачання

№ п/п	Ділянка що обраховується відноситься до подаючих трубопроводів (подача) або зворотніх трубопроводів (зворот)	Тип прокладання ділянки та термін її роботи протягом року	Тип прокладання трубопроводів і тип їх опор	Зовнішній діаметр труби на ділянці без ізоляції, м	Довжина частини теплопроводу відповідного діаметру що обраховується, м
1	2	3	4	5	6
1					
2					
3					
4					
5					
6					

продовження таблиці И.7

№ п/п	Ділянка що обраховується без теплової ізоляції або ізольована	Температура поверхні ізоляції, °С	Фактична температура теплоносія, °С	Товщина наявної ізоляції, м	Коефіцієнт теплопровідності теплоізоляції $\lambda$ , Вт/(м*°С)	Фактична температура навколишнього повітря під час обстеження, °С	Матеріал стінки наявного трубопроводу
		заповнюється при наявності ізоляції але є підозра що вона не відповідає нормативам					
1	7	8	9	10	11	12	13
1							
2							
3							
4							
5							
6							

Таблиця И.8 – Вихідні дані для реалізації заходу по проведенню термомодернізації запірної арматури на внутрішньобудинкових трубопроводах системи опалення та загального теплопостачання

№ п/п	Найменування	Z - кількість вентилів, засувок, компенсаторів, од.	Фактична температура навколишнього середовища, °С	Фактична температура теплоносія під час обстеження, °С	Ділянка що обраховується відноситься до подаючих трубопроводів (подача) або зворотніх трубопроводів (зворот) системи опалення чи до системи ГВП	$d_y$ – діаметр умовного проходу запірної арматури, мм
1	2	3	4	5	6	7
1	Засувка					
2	Засувка					
3	Засувка					
4	Засувка					
5	Засувка					
6	Засувка					
7	Клапан зворотній					
8	Клапан зворотній					
9	Клапан зворотній					



Таблиця И.11 – Вихідні дані для реалізації заходу по впровадженню в якості основного джерела тепlopостачання теплового насосу

№ п/п	Найменування параметру	Значення параметру	
1	2	3	
1	Висота будівлі від рівня підлоги першого поверху до верху витяжної шахти, м		
2	Висота від рівня підлоги першого поверху до поверхні стелі на останньому опалювальному поверсі, м		
3	Висота поверху, м		
4	Клас повітропроникності віконного блоку при різниці тисків $\Delta p_0 = 100$ Па за ДСТУ Б В.2.6-191:2013		
5	Тип обраного теплового насосу		
6	Вартість впровадження обраного типу теплового насосу (обладнання, роботи по монтажу) з ПДВ, тис.грн.		
7	Розрахункова потужність обраного теплового насосу, кВт		
8	Споживання електроенергії обладнанням при номінальній тепловій потужності		
9	Потужність, яка витрачається допоміжним обладнанням обраного типу теплового насосу $N_{\text{д}}$ , кВт		
10	Додаткове джерело тепlopостачання після точки бівалентності		
		Градація температур, °С	Тривалість періода, діб
11	Середня тривалість періодів опалювального сезону за градаціями температур для регіону, в якому планується впровадження теплового насосу ( Харків )	-20 -15	
12		-15 -10	
13		-10 -5	
14		-5 0	
15		0 +5	
16		+5 +10	
17		+10 +15	
18		-20 +15	