



**Національний технічний університет України  
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»**

**Завершене прикладне дослідження**

**Ексергетичне обґрунтування нестационарних режимів та  
характеристик комбінованого тепло-та  
холодозабезпечення енергоефективних будівель на основі  
теплонасосних систем**

**Науковий керівник Волощук Володимир Анатолійович  
код реєстрації НДР в університеті 2507**

**період виконання початок -  
01.04.2022, закінчення -  
31.12.2023.**

**обсяг фінансування,  
1853,610 тис. грн.**





**Об'єкт дослідження** - необоротні та нестационарні процеси передачі та перетворення енергії в системах тепло- та холодозабезпечення будинків з низьким споживанням енергії на базі парокомпресійних теплонасосних установок (ТНУ).

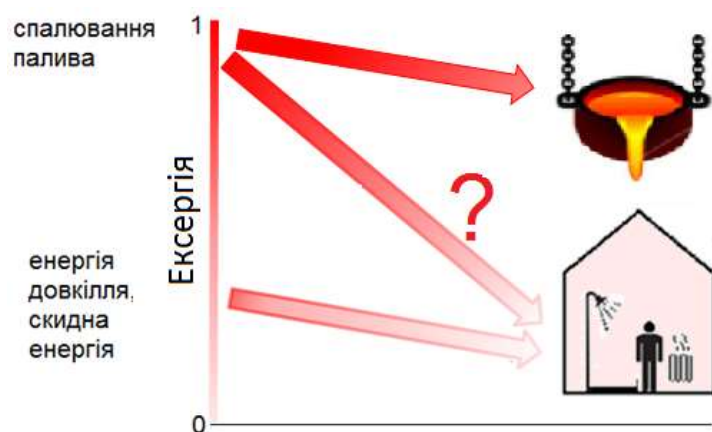
**Предмет дослідження** - методи, моделі, алгоритми та засоби обґрунтування структури, параметрів та режимів експлуатації систем тепло- та холодозабезпечення будинків з низьким споживанням енергії на базі ТНУ.

**Мета** - підвищення ефективності систем тепло- та холодозабезпечення з урахуванням суттєвого підвищення енергоефективності будинків та використання ТНУ шляхом розроблення методів, моделей, засобів та алгоритмів проектування й управління такими системами на основі сумісного застосування як першого так і другого законів термодинаміки, їх поєднання із економічним та екологічним оцінюванням, а також за рахунок відповідного інформаційного забезпечення.



# Основна наукова гіпотеза

На відміну від методології енергетичного (ентальпійного) аналізу (найбільш поширеної в науковій та інженерній практиці) методологія ексергетичного оцінювання (термодинамічний підхід) дає можливість визначити місцезнаходження, значення, джерела, вартість та негативний вплив на довкілля термодинамічних втрат в процесах передачі та перетворення енергії.



Рівень втрат ексергії від різних джерел енергії при теплозабезпечення будівлі та у металургійному процесі



# Основні наукові результати

1. Розроблено та реалізовано новий підхід для кількісного оцінювання термодинамічних втрат, їх вартості, екологічності, інвестиційних затрат та антропогенного впливу, що можна позбутися в компонентах системи, без необхідності введення теоретичних або ідеальних процесів, що має місце в реалізації існуючого поглибленого ексергетичного аналізу для розрахунку так званих ендогенних частин деструкції ексергії. Це дало можливість суттєво спростити та отримати коректні значення критеріїв ексергетичного аналізу.
2. Розроблено та реалізовано новий підхід для виявлення і кількісного оцінювання можливостей зниження інвестиційної вартості та антропогенного впливу на довкілля в процесі виробництва компонентів системи за рахунок взаємовпливу та підвищення їх термодинамічної ефективності. Це дало можливість знайти додаткові рішення з одночасного підвищення енергетичної, економічної та екологічної ефективності досліджуваних систем.
3. Отримало подальшого розвитку використання критеріїв ексергетичного аналізу (ендогенної частини деструкції ексергії) у задачах ідентифікації зміни експлуатаційних характеристик компонентів ТНУ в умовах динамічних режимів роботи, що дало можливість кількісно оцінити несправності в компонентах та їх вплив, як на ефективність інших компонентів так і на ефективність ТНУ в цілому.
4. Отримало подальшого розвитку методи та засоби розроблення математичних моделей систем тепло- та холодозабезпечення будинків з низьким споживанням енергії на базі ТНУ з урахуванням нестационарних процесів, запропонованих критеріїв ексергетичного оцінювання та із застосуванням сучасних інформаційних технологій (хмарні розрахунки, цифрові двійники, тощо). Це дало можливість вирішувати складні, комплексні задачі з пошуку рішень для підвищення ефективності досліджуваних систем на основі взаємозв'язку між окремими компонентами таких систем та одночасного врахування різних цільових функцій.

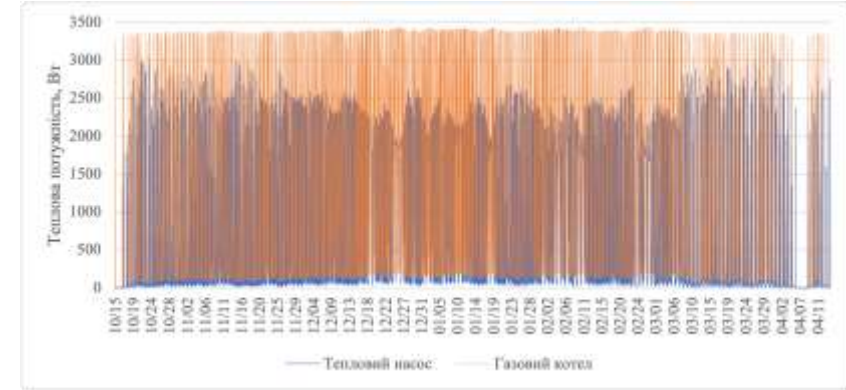


# Основні практичні результати

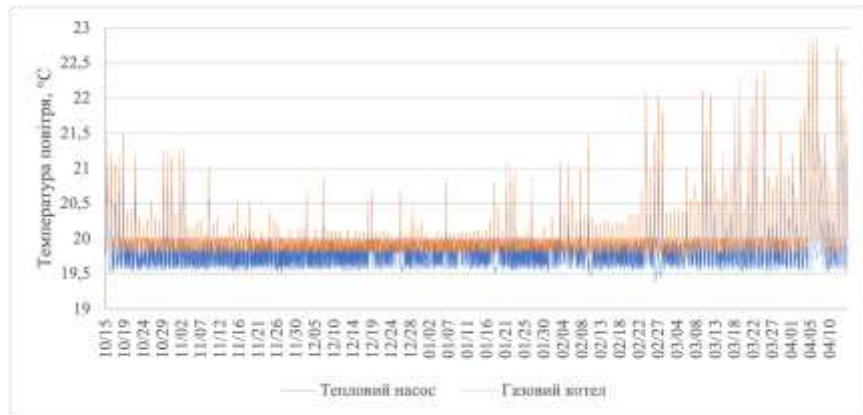
Динамічне моделювання енергетичних характеристик будівель для різних систем теплозабезпечення



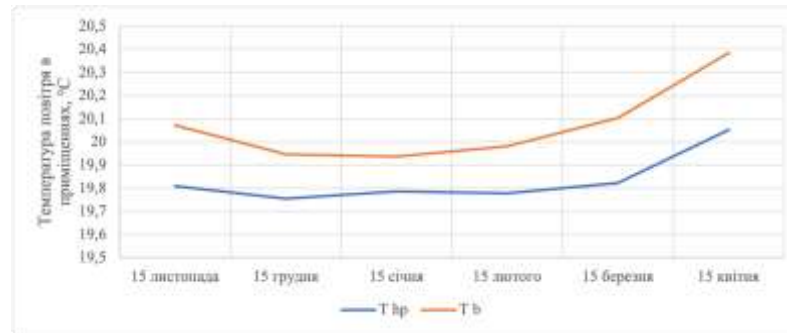
Енергетична модель будівлі



Навантаження на систему опалення

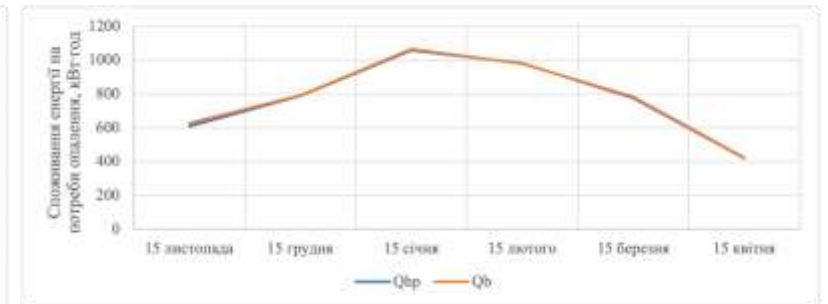


Середньогодинна температура повітря в приміщеннях, де встановлено датчики контролю температури



$T_{пр}$  – температура повітря в приміщеннях, яку підтримують за рахунок роботи теплового насосу;  $T_b$  – від газового котла

Середньомісячна температура повітря в приміщеннях, де встановлено датчики контролю температури



Помісячне споживання енергії на потреби опалення



# Основні практичні результати

Задача одночасного підвищення енергетичної та економічної ефективності ТНУ

На основі вищевикладених теоретичних положень запропоновано вирішення задачі одночасного підвищення енергетичної та економічної ефективності ТНУ для забезпечення гарячого водопостачання з проектною тепловою потужністю 12 кВт. В якості робочих рідин використано фреони R410A та R134a.

Voloshchuk, V., Gullo, P. and Nekrashevych, O. (2022) 'Simultaneous thermodynamic and economic enhancement of heat pumps based on a new method for avoidable irreversibility assessment', *Int. J. Exergy*, Vol. 38, No. 2, pp.158–175. <https://doi.org/10.1504/IJEX.2022.123598>. (Scopus).

Таблиця 2.1. Значення параметрів ексергоекономічного оцінювання для досліджуваних ТНУ

Тип ТНУ	Робоче тіло	$\dot{E}_{D,HP}$ , kW	$Z_{HP}$ , €·hr <sup>-1</sup>	$\dot{C}_{D,HP}$ , €·hr <sup>-1</sup>	$Z_{HP} + \dot{C}_{D,HP}$ , €·hr <sup>-1</sup>	$f_{HP}$ , %
«повітря-вода»	R410A	2,852	0,146	0,100	0,246	59
	R134a	2,232	0,188	0,079	0,267	70
«вода-вода»	R410A	2,720	0,133	0,096	0,229	58
	R134a	2,144	0,160	0,076	0,236	68

Таблиця 2.4 Параметри ексергетичного аналізу, визначені на основі необоротних процесів, яких можна позбутися, що відбуваються в k-му компоненті для ТНУ типу «повітря-вода»

Спричинена	$\dot{E}_{D,HP}^{irr}$ , кВт		$Z_{HP}^{irr}$ , €·год <sup>-1</sup>		$\dot{C}_{D,HP}^{irr}$ , €·год <sup>-1</sup>		$Z_{HP}^{irr} + \dot{C}_{D,HP}^{irr}$ , €·год <sup>-1</sup>	
	R410a	R134a	R410a	R134a	R410a	R134a	R410a	R134a
CM	0,2638	0,2429	-0,2644	-0,3589	0,0092	0,0085	-0,2551	-0,3504
CD	0,4654	0,3069	0,0009	0,0010	0,0163	0,0107	0,0171	0,0117
TV	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
EV	0,7641	0,7126	-0,0343	-0,0285	0,0267	0,0249	-0,0075	-0,0035

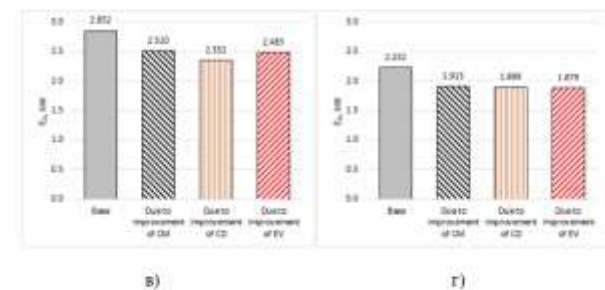
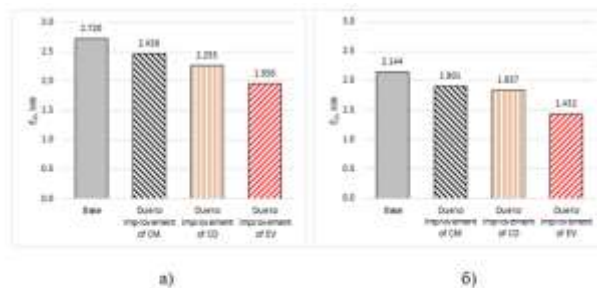


Рис. 2.1. Значення деструкції ексергії для досліджуваних ТНУ у базовому випадку та після термодинамічного удосконалення кожного компонента: а) ТНУ типу «повітря-вода» з R410a; б) ТНУ типу «повітря-вода» з R134a; в) ТНУ типу «вода-вода» з R410a; г) ТНУ типу «вода-вода» з R134a.

Таблиця 2.5 Параметри ексергетичного аналізу, визначені на основі необоротних процесів, яких можна позбутися, що відбуваються в k-му компоненті для ТНУ типу «вода-вода»

Спричинена	$\dot{E}_{D,HP}^{irr}$ , кВт		$Z_{HP}^{irr}$ , €·год <sup>-1</sup>		$\dot{C}_{D,HP}^{irr}$ , €·год <sup>-1</sup>		$Z_{HP}^{irr} + \dot{C}_{D,HP}^{irr}$ , €·год <sup>-1</sup>	
	R410a	R134a	R410a	R134a	R410a	R134a	R410a	R134a
CM	0,3412	0,3190	-0,7154	-1,0140	0,0119	0,0111	-0,7035	-1,0029
CD	0,5002	0,3329	0,0026	0,0032	0,0174	0,0116	0,0200	0,0148
TV	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
EV	0,3682	0,3525	-0,0162	-0,0122	0,0128	0,0123	-0,0034	0,0001

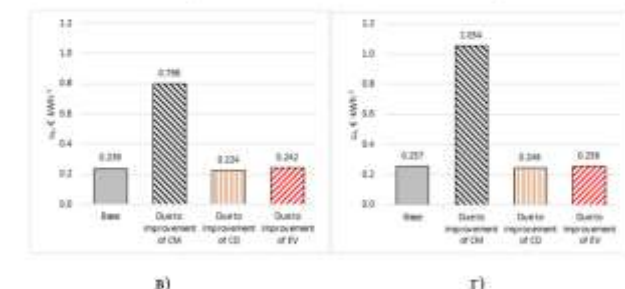
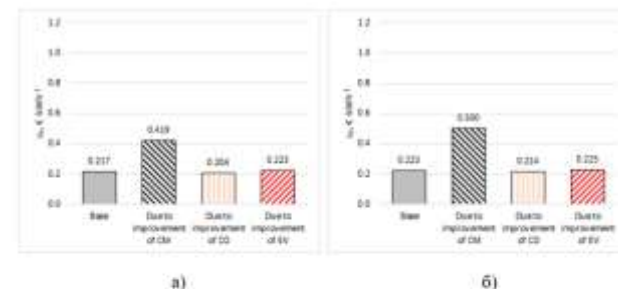


Рис. 2.2. Значення вартості ексергії продукту для досліджуваних ТНУ у базовому випадку та після термодинамічного удосконалення кожного компонента: а) ТНУ типу «повітря-вода» з R410a; б) ТНУ типу «повітря-вода» з R134a; в) ТНУ типу «вода-вода» з R410a; г) ТНУ типу «вода-вода» з R134a.



# Основні практичні результати

Задача підвищення термодинамічної ефективності реверсивних ТНУ із використанням робочих тіл із зверхнизькими GWP

Voloshchuk, V.; Gullo, P.; Nikiforovich, E. *Advanced Exergy Analysis of Ultra-Low GWP Reversible Heat Pumps for Residential Applications*. *Energies* 2023, 16, 703. <https://doi.org/10.3390/en16020703> (Scopus).

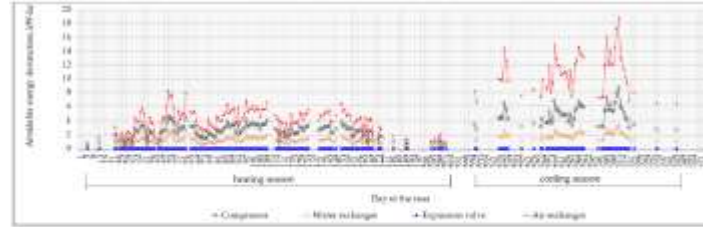


Figure 5. Distribution of daily internally caused and externally caused available energy destruction,  $\dot{E}_{D,i}^{INT,EXT}$  (kW-hr) within the components of the investigated reversible heat pump operating with R290 over a year.

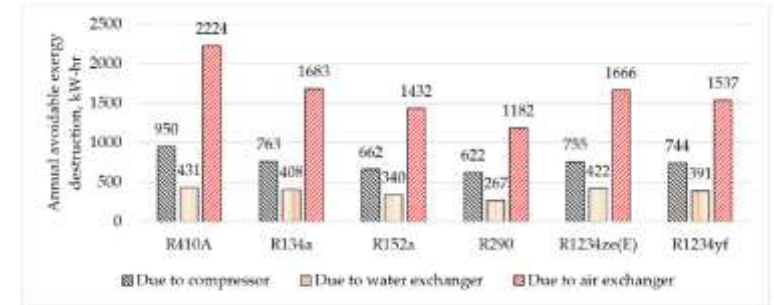


Figure 7. Annual values of the internally caused and externally caused available energy destruction  $\dot{E}_{D,i}^{INT,EXT}$  (kW-hr) in the components of the investigated heat pump with different working fluids.

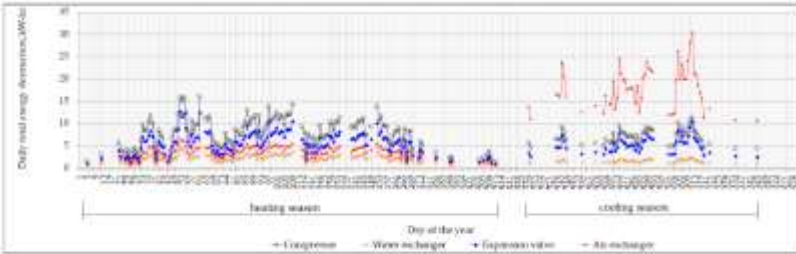


Figure 2. Distribution of daily total energy destruction  $\dot{E}_{D,i}^{TOT}$  (kW-hr) within the components of the investigated reversible heat pump operating with R290 over a year.

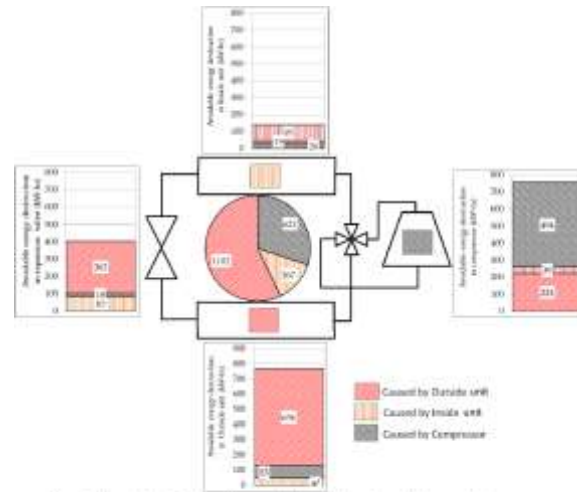


Figure 6. Annual values of the internally caused and externally caused available energy destruction  $\dot{E}_{D,i}^{INT,EXT}$  (kW-hr) in the components of the investigated ensemble heat pump operating with R290.

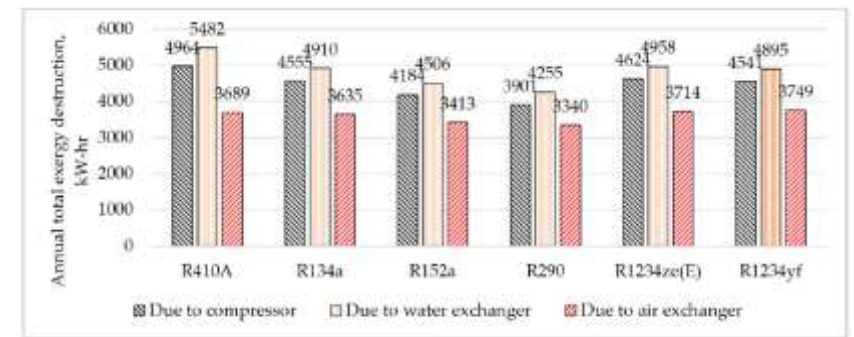


Figure 8. Values of the total exergy destruction  $\dot{E}_{D,i}^{TOT}$  (kW-hr) in the investigated heat pump with different working fluids after thermodynamic improvement of its components.

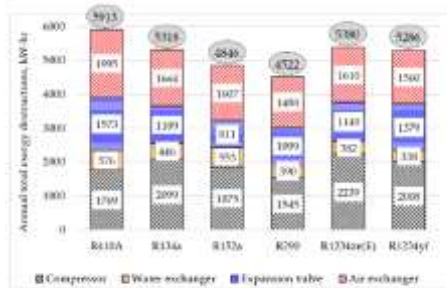
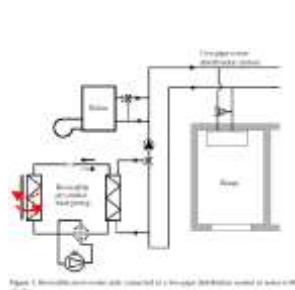


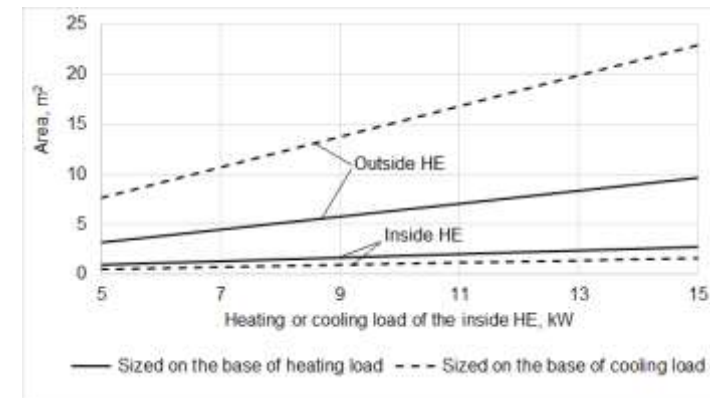
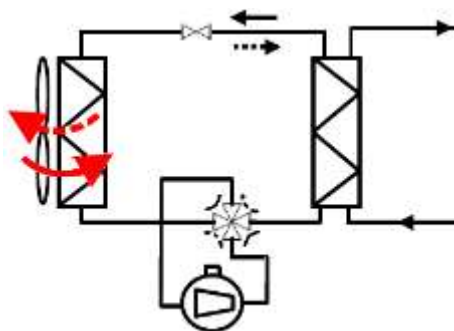
Figure 3. Values of the total energy destruction  $\dot{E}_{D,i}^{TOT}$  (kW-hr) in the components of the investigated heat pump with different working fluids.



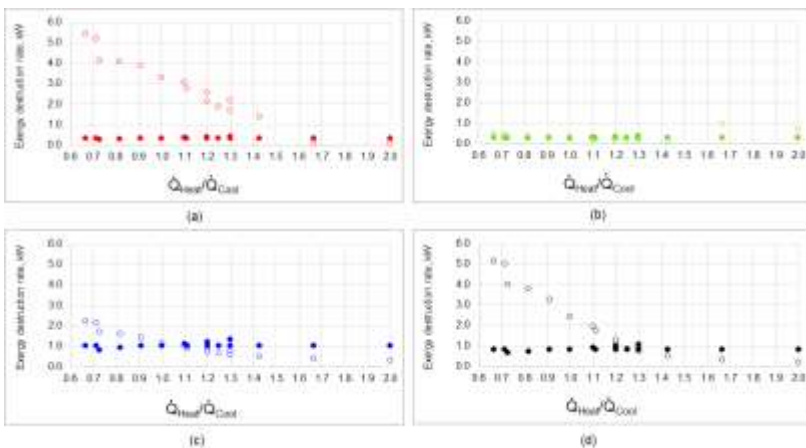
# Основні практичні результати

Ексергетичне обґрунтування проектних параметрів реверсивної ТНУ типу «повітря-вода» з використанням R290.

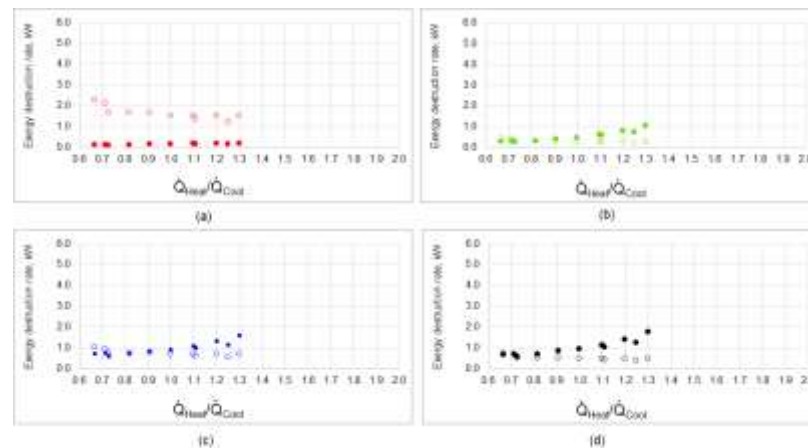
Voloshchuk V. A. Exergy-based sizing of a R290 air-to-water reversible heat pump for space heating and cooling purposes [Text] / V. Voloshchuk, P. Gullo, O. Stepanetsc, Eu. Nikiforovich // 36th International Conference on Efficiency, Cost, Optimization, Simulation and Environmental Impact of Energy Systems ECOS2023, 25 – 30 June, Las Palmas de Gran Canaria, Spain. – P. 2115 – 2125. <https://www.scopus.com/record/display.uri?eid=2-s2.0-85174503179&origin=resultslist> (Scopus).



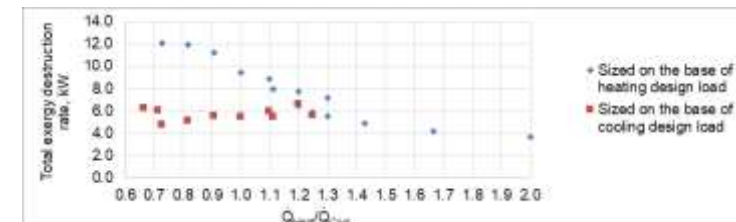
Необхідні площі теплопередачі для повітряних і водяних теплообмінників для покриття відповідних навантажень нагріву або охолодження



Деструкції ексергії в компонентах системи, спроектованої на основі теплових навантажень з різним співвідношенням  $\dot{Q}_{Heat}/\dot{Q}_{Cool}$ : а) зовнішній теплообмінник, б) внутрішній теплообмінник, в) компресор, г) розширювальний клапан; замальовані маркери – у випадку роботи системи в режимі обігріву, прозорі маркери - у випадку



Деструкції ексергії в компонентах системи, спроектованої на основі навантажень для охолодження з різним співвідношенням  $\dot{Q}_{Heat}/\dot{Q}_{Cool}$ : а) зовнішній теплообмінник, б) внутрішній теплообмінник, в) компресор, г) розширювальний клапан; замальовані маркери – у випадку роботи системи в режимі обігріву, прозорі маркери - у випадку роботи системи в режимі охолодження



Сумарна деструкція ексергії в системі з різним співвідношенням  $\dot{Q}_{Heat}/\dot{Q}_{Cool}$





# Основні практичні результати

Задача підвищення термодинамічної ефективності ТНУ, яка забезпечує охолодження дата-центрів та теплозабезпечення житлового масиву

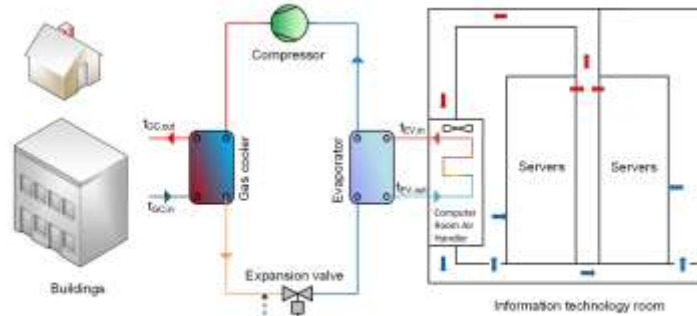


Figure 1: Schematic of the investigated heat pump system using surplus heat from data centre

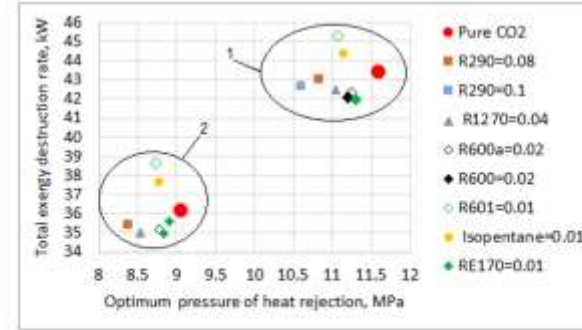


Figure 2: Total exergy destruction rates as a function of the heat rejection pressure: 1) 50/25, 2) 75/30

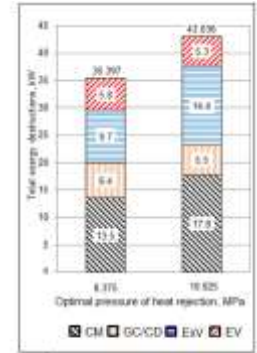


Figure 4: Values of the total exergy destruction rates (kW) in the components of the investigated heat pumps with R744/R290 mass fraction 0.92/0.08: a) 50/25, b) 75/30

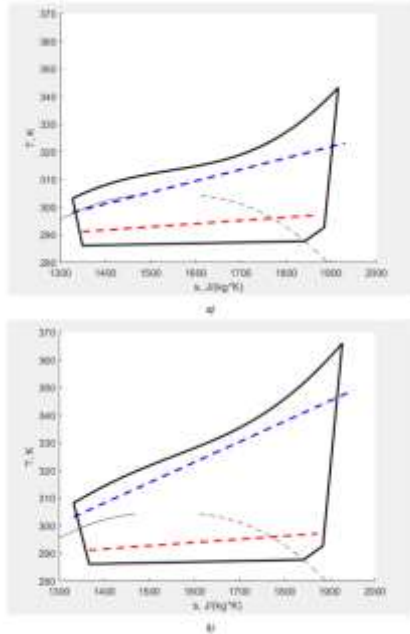


Figure 5: T-s diagrams of the thermodynamic cycle with mass fraction of R744/R290 of 0.92/0.08: a) 50/25, b) 75/30

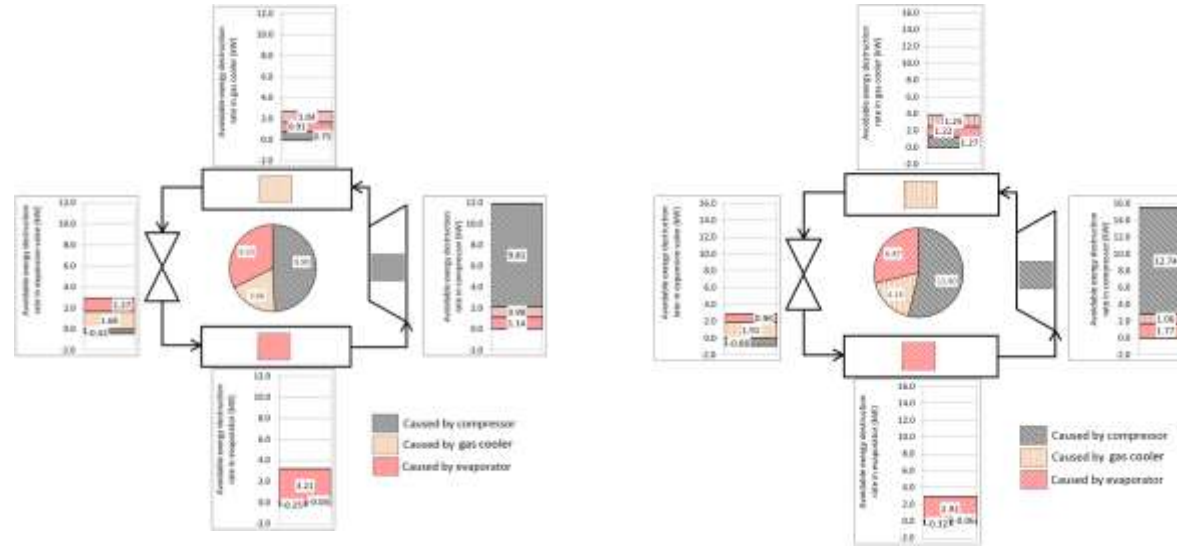


Figure 3: Values of the removable exergy destruction rates ( $E_{D,i}^{rem} = \sum_{j=1}^{n-1} \dot{E}_{D,i}^{rem,j}$ ) (kW) in the components of the investigated heat pump for the R744/R290 mass fraction of 0.92/0.08: a) 50/25, b) 75/30

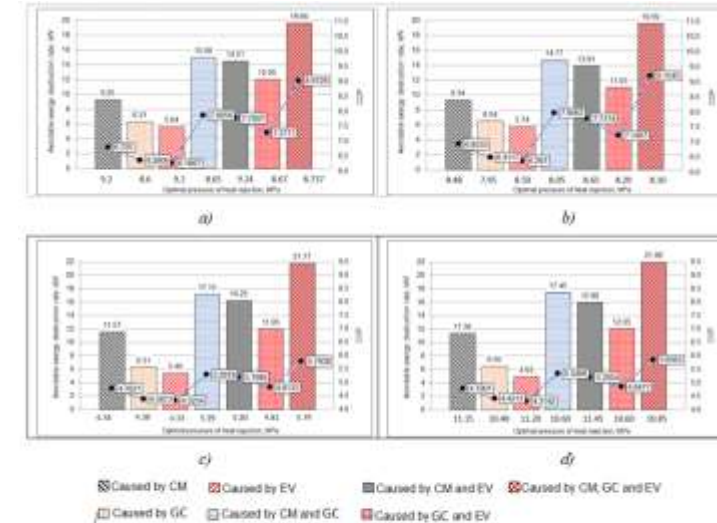
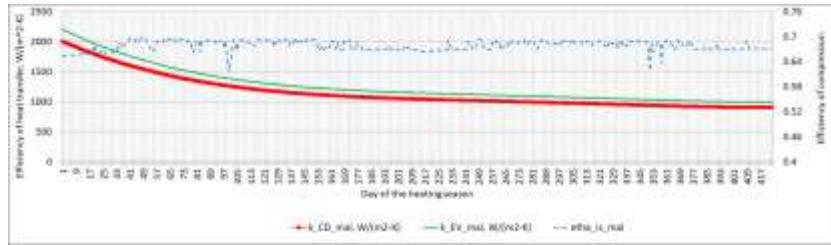


Figure 6: Values of the avoidable exergy destruction rates ( $E_{D,i}^{av} = \sum_{j=1}^{n-1} \dot{E}_{D,i}^{av,j}$ ) (kW) and reachable COPs for the investigated heat pump with pure R744 (a) and with R744/R290 mass fraction 0.92/0.08 (b) after components improving for 50/25 (a, b) and 75/30 (c, d) heating systems

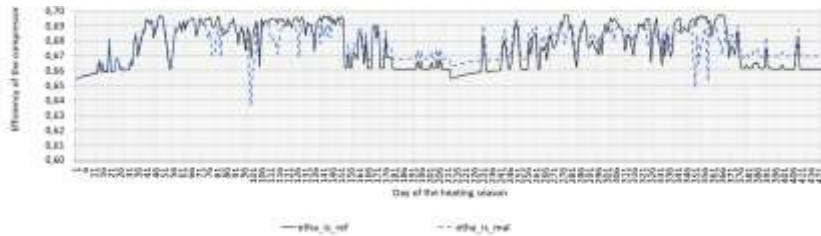


# Основні практичні результати

Застосування ексергетичного аналізу для діагностування ТНУ  
 Некрашевич О.В. «Автоматизоване діагностування ефективності роботи теплонасосної установки на основі критеріїв ексергетичного аналізу», спеціальність 151-автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології, науковий керівник Волощук В.А., КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2023 р. (прийнято до захисту <https://rada.kpi.ua/node/1812>)



Динаміка зміни коефіцієнтів теплопередачі випарника та конденсатора, а також ізентропійного ККД впродовж двох опалюваних сезонів



Динаміка зміни ізентропійного ККД впродовж двох опалюваних сезонів у випадку відсутності зниження коефіцієнта теплопередачі випарника та конденсатора (ref), та у випадку зниження коефіцієнта теплопередачі випарника та конденсатора (mal)

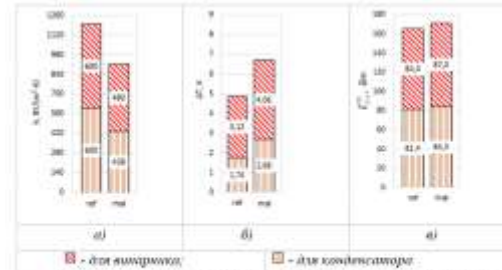
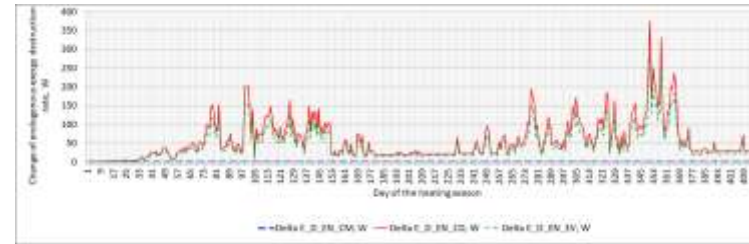


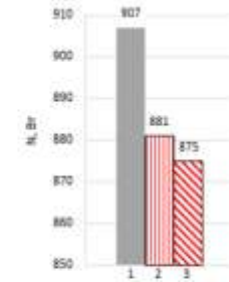
Рисунок 4.35 - Зміна параметрів конденсатора та випарника при утворенні нальоту або забрудненні на їх поверхнях: а) коефіцієнт теплопередачі; б) температурний напір; в) ендогенна частина деструкції ексергії



Динаміка зміни впродовж двох опалювальних сезонів зміни ендогенної частини деструкції ексергії у компонентах ТНУ



Динаміка зміни впродовж опалювального сезону зміни додаткової частини ендогенної частини деструкції ексергії у компонентах ТНУ у випадку очищення/заміну конденсатора



Зміна споживання електроенергії ТНУ: 1 – у стані забруднення теплообмінників; 2 – після заміни конденсатора; 3 – після заміни випарника[236]

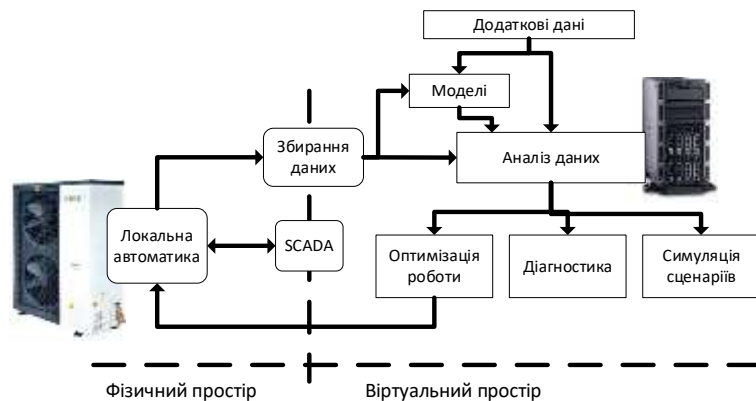


Зміна споживання електроенергії ТНУ у другому сезоні після проведення предиктивного обслуговування компонентів



# Основні практичні результати

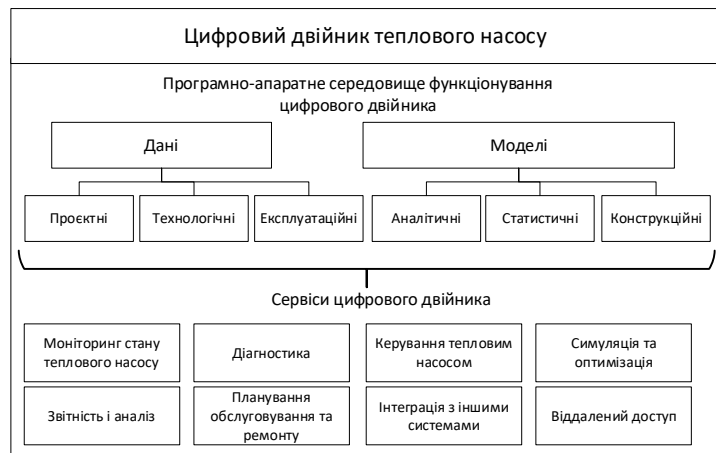
## Створення цифрового двійника ТНУ



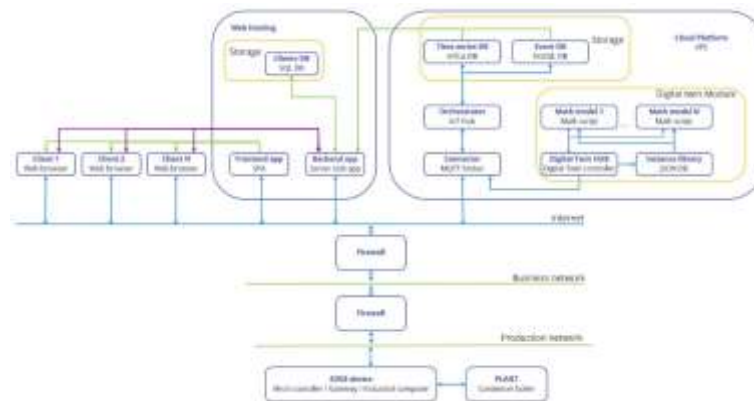
Концепція цифрового двійника ТНУ

Рівень	Задачі і засоби		
5. Сервіси	Оптимізація керування	Прогнозне обслуговування	Діагностика
4. Інтеграція	Засоби симуляції, аналітики та застосувань штучного інтелекту		
	Середовище симуляції	Середовище керування активами	Діагностика та обслуговування
3. Моделювання	Статичні та динамічні моделі, включно з моделями деградації експерті обладнання		
2. Передача даних	Засоби і способи комунікації		
1. Збір даних	Локальна автоматика	IIoT пристрої	

Архітектура цифрового двійника ТНУ



Сервіси цифрового двійника



Архітектура програмного забезпечення цифрового двійника ТНУ



Відеокадр цифрового двійника з сервісними параметрами ТНУ



# Порівняльна таблиця показників:

№ з/п	Назва формального показника	Планова не значення	Фактичне значення
Відповідно до проектної заявки			
1	Опубліковано статті у наукових журналах, що входять до наукометричних баз даних WoS та/або Scopus, або публікації у виданнях, які містять інформацію, що становить державну таємницю для проєктів оборонного і подвійного призначення, кількість	8	8
2	Опубліковано за темою проєкту статті у фахових виданнях України категорії «Б», статті у періодичних закордонних фахових виданнях, що мають ISSN, а також англійські тези доповідей у матеріалах міжнародних конференцій, кількість	10	16
3	Отримано охоронних документів на об'єкти права інтелектуальної власності (у тому числі свідоцтва на реєстрацію авторського права на твір, патентів на винахід)	3	8
	- патенти на винахід, кількість	0	0
	- патенти на корисну модель, кількість	0	0
	- свідоцтва на авторський твір, патент на промисловий зразок, кількість	3	8
4	Представлено науково-практичні результати проєкту на міжнародних комунікативних форумах, всеукраїнських та регіональних науково-технічних/промислових виставкових заходах, в мережі підприємств, що підтверджується відповідним сертифікатом чи посиланням на електронну версію заходу/матеріалів/каталогів, кількість	3	3
5	Укладено господарчі договори, продані ліцензії, отримано грантові угоди як впровадження наукових або науково-практичних результатів проєкту, відсоток від загальної суми вартості проєкту (Підтвердження довідкою з бухгалтерської служби за формою у Додатку 2)	22	237
6	Отримано акти впровадження результатів реалізації проєктів у господарську практику органів державної влади, наукоємних підприємств, приватних компаній (на договірній основі) тощо, кількість	2	5
7	Нові знання, призначені для створення нових або вдосконалення існуючих (вказати одне значення, непотрібне викреслити):		
	- матеріалів, продуктів, пристроїв, систем, технологій - як завершене комплексне рішення		
	- матеріалів, продуктів, пристроїв, систем, технологій - як ключовий складовий елемент/-и рішення вищого рівня (надсистеми)		
	- конкретні пропозиції щодо виконання актуальних науково-технічних та суспільних завдань		
Показник, що не планувався, але був виконаний (за наявності)			
1	Премія Верховної Ради України для молодих вчених 2022 році (Білоус І.Ю., Буяк Н.А) за роботу "Інжинірингові засади динамічного балансування умов комфортності та енергоефективності будівель"		2
2	Стажування в університеті Варшавська політехніка доц. Білоус І.Ю. за програмою «Good Practice Days», NAWA. Наказ № 126-вс від 26.06.2023		1
3	Міжнародна літня школа "Science communication". доц. Білоус І.Ю. Польща. Наказ № 107вс від 09.06.2023. Університет Адама Міцкевича.		1
4	Стипендія Кабінету Міністрів України для молодих вчених 2022-2024 рр. Наказ президії Комітету з Державних премій України в галузі науки й техніки від № 4/01-11 від 04 травня 2023 року		1



# Контакти з бізнесом

Отримані наукові та науково-практичні результати впроваджено шляхом укладання господарчих договорів, реалізації грантових угод на суму **4 530 622 грн.**

№ з/п	Реквізити замовників, з якими велися переговори	Документи, якими зафіксовано переговори
1	Державне підприємство “Науково-Дослідний інститут будівельних конструкцій”	акти впровадження, договір про співпрацю №Д10002.01/010501/117/2022 від 18.07.2022 р.
2	ГО “Асоціація енергетичних аудиторів України”	акт впровадження
3	ТОВ “Едвансіс”	договір про співпрацю №221025 від 25.10.2022 р.
4	ТОВ «Спільне підприємство «Укрінтерм»	договір про співпрацю, акт впровадження
5	Програмами ЄС «Горизонт Європа» та «LIFE»	Подані та зареєстровані заявки на сайті ЄС

№ з/п	Повні дані про участь на міжнародних комунікативних форумах, всеукраїнських та регіональних науково-технічних/промислових виставкових заходах, в мережі підприємств, що підтверджується відповідним сертифікатом чи посиланням на електронну версію заходу/матеріалів/каталогів
1.	XXI Міжнародний промисловий форум, 30.05-01.06.2023, <a href="https://www.iec-expo.com.ua/pf-2023.html">https://www.iec-expo.com.ua/pf-2023.html</a>
2.	Конкурс інноваційних стартап проєктів Sikorsky Challenge 2023 <a href="https://drive.google.com/file/d/1Hyk59X3ZApkFXaiWghBbXgT6Qd3rV1Zg/view">https://drive.google.com/file/d/1Hyk59X3ZApkFXaiWghBbXgT6Qd3rV1Zg/view</a>
3.	Мережа підприємств комунальної енергетики <a href="https://ukrinterm.com.ua/ua/servis/servisnye-tsentry/">https://ukrinterm.com.ua/ua/servis/servisnye-tsentry/</a> . Захід присвячений обміну досвідом виживання підприємств в умовах воєнного стану. Дата 27.04.2023. <a href="https://www.facebook.com/ukrinterm">https://www.facebook.com/ukrinterm</a>



# Патенти та ліцензії

№ з/п	Повні дані про охоронні документи; підкреслити прізвища авторів, зазначених у списку виконавців
1	Свідоцтво про реєстрацію авторського права на твір. № 117812. Динамічні енергетичні моделі експлуатації об'єктів житлового фонду. <u>Дешко</u> Валерій Іванович, Білоус Інна Юріївна, Буяк Надія Андріївна, Бірюков Дмитро Вікторович, Яценко Олена Ігорівна. Дата реєстрації 5 квітня 2023 р.
2	Свідоцтво про реєстрацію авторського права на твір. № 6814. Оцінювання динаміки енергопотреби будівель з урахуванням ексергетичної моделі теплового комфорту, на прикладі будівель масової забудови. <u>Дешко</u> Валерій Іванович, Білоус Інна Юріївна, Буяк <u>Надія</u> Андріївна. Дата реєстрації 13.06.2023.
3	Авторське право на твір. № 113266 Науковий твір «Експериментальне дослідження якості повітря та повітрообміну в закладах освіти та житлових будівлях». <u>Дешко В.І.</u> , <u>Білоус І.Ю.</u> , <u>Виноградов-Салтиков В.О.</u> Дата реєстрації 10 червня 2022
4	Авторське право на твір. № 113811 Науковий твір «комп'ютерна програма «Система віддаленого енергомоніторингу КПІ ім. Ігоря Сікорського. Температура»». <u>Новіков П.В.</u> , <u>Шевченко О.М.</u> Дата реєстрації 11 липня 2022.
5	№r202300331 комп'ютерна програма «Системам віддаленого енергомоніторингу КПІ ім.Ігоря Мікорського. Індивідуальні теплові пункти» <u>Новіков П.В.</u> , <u>Шевченко О.М.</u> на реєстрації (довідка додається)
6	№r202300127 науковий твір «Емпіричні методи розрахунку погодинної природної кратності повітрообміну в багатоквартирних будівлях» <u>Дешко В.І.</u> , <u>Білоус І.Ю.</u> , <u>Гетманчук Г.О.</u> на реєстрації (довідка додається)
7	№r202300127 науковий твір «Алгоритми визначення економічної доцільності рівня енергетичної ефективності еталонних будівель» <u>Дешко В.І.</u> , <u>Білоус І.Ю.</u> , <u>Суходуб І.О.</u> на реєстрації (довідка додається)
8	№r202300331 комп'ютерна програма «Ексергетичне діагностування неполадок у компонентах теплового насосу» <u>Волощук В.А.</u> , <u>Некрашевич О.В.</u> на реєстрації (довідка додається)



# Монографії, підручники, нормативні документи

№ з/п	Повні дані про монографії; підкреслити прізвища авторів, зазначених у списку виконавців
1.	МОДЕЛЮВАННЯ ДИНАМІЧНИХ РЕЖИМІВ СИСТЕМ ТЕПЛОЗАБЕЗПЕЧЕННЯ БУДИНКІВ / <u>В. І. Дешко</u> , <u>В. А. Волощук</u> , <u>І. Ю. Білоус</u> , <u>Н. А. Буяк</u> , <u>Д. В. Бірюков</u> , <u>О. В. Некрашевич</u> – Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, Вид-во «Політехніка», 2023. – 270 с (рекомендована ВР НН ІАТЕ, протокол № 4 від 28.11.2023)

№ з/п	Повні дані про підручники, навчальні посібники, словники, довідників; підкреслити прізвища авторів, зазначених у списку виконавців
1	Енергозбереження будівель і споруд Лабораторний практикум [Електронний ресурс] : навч. посіб. для студ. спеціальностей 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка» та 144 «Теплоенергетика» / КПІ ім. Ігоря Сікорського ; уклад.: <u>І.Ю.Білоус</u> , <u>М.М. Шовкалюк</u> , <u>О.І.Яценко</u> – Електронні текстові дані (1 файл: 1,38 Мбайт) – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2022. – 40 с. <a href="https://ela.kpi.ua/handle/123456789/46164">https://ela.kpi.ua/handle/123456789/46164</a>
2	Прикладні задачі енергозбереження. Моделювання сонячної електростанції для забезпечення енергоспоживання будівлі. Комп'ютерний практикум [Електронний ресурс] : навч. посіб. для студ. спеціальності 144 «Теплоенергетика» / І. О. Суходуб, <u>В. І. Дешко</u> , <u>О. І. Яценко</u> ; КПІ ім. Ігоря Сікорського. – Електронні текстові дані (1 файл: 3.91 Мбайт). – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2022. – 57 с. <a href="https://ela.kpi.ua/handle/123456789/49835">https://ela.kpi.ua/handle/123456789/49835</a>
3	Прикладні задачі енергозбереження. Моделювання системи теплозабезпечення будівлі з тепловим насосом. Комп'ютерний практикум [Електронний ресурс] : навч. посіб. для студ. спеціальності 144 «Теплоенергетика» / КПІ ім. Ігоря Сікорського ; уклад. : І. О. Суходуб, <u>В. І. Дешко</u> , <u>О. І. Яценко</u> . – Електронні текстові дані (1 файл: 2.03 Мбайт). – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2022. – 43 с. <a href="https://ela.kpi.ua/handle/123456789/49834">https://ela.kpi.ua/handle/123456789/49834</a>
4	Прикладні задачі енергозбереження. Моделювання системи гарячого водопостачання з сонячними колекторами. Комп'ютерний практикум [Електронний ресурс] : навч. посіб. для студ. спеціальності 144 «Теплоенергетика» / І. О. Суходуб, <u>В. І. Дешко</u> , <u>О. І. Яценко</u> ; КПІ ім. Ігоря Сікорського. – Електронні текстові дані (1 файл: 2.36 Мбайт). – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2022. – 56 с. <a href="https://ela.kpi.ua/handle/123456789/49836">https://ela.kpi.ua/handle/123456789/49836</a>
5	Комп'ютерне моделювання процесів і систем. Лабораторний практикум [Електронний ресурс]: навчальний посібник для студентів спеціальності 151 «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології» / Укладачі: <u>В.А. Волощук</u> , <u>Л.К. Жученко</u> , <u>А.С. Захарченко</u> ; КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2023. – 46 с, <a href="https://ela.kpi.ua/handle/123456789/62677">https://ela.kpi.ua/handle/123456789/62677</a>
6	Технології відновлюваної енергетики. Лабораторний практикум [Електронний ресурс]: навчальний посібник для студентів спеціальності 151 «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології» / Укладачі: <u>В.А. Волощук</u> , <u>Л.К. Жученко</u> ; КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2023. – 32 с.



# Захищені дисертації доктора/кандидата наук/доктора філософії

№ з/п	Дані про дисертації (автор, назва дисертації, спеціальність, науковий керівник/консультант, рік та місце захисту); позначити прізвища авторів/консультантів, які належать до списку авторів проекту
1.	<u>Яценко О.І.</u> «Енергетичні показники динамічних режимів будівель та інженерних систем», спеціальність 144-Теплоенергетика, науковий керівник <u>Дешко В. І.</u> , КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2023 р. <a href="https://ela.kpi.ua/handle/123456789/56022">https://ela.kpi.ua/handle/123456789/56022</a>
2.	<u>Некрашевич О.В.</u> «Автоматизоване діагностування ефективності роботи теплонасосної установки на основі критеріїв ексергетичного аналізу», спеціальність 151-автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології, науковий керівник <u>Волощук В.А.</u> , КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2023 р. (прийнято до захисту <a href="https://rada.kpi.ua/node/1812">https://rada.kpi.ua/node/1812</a> )
3.	<u>Маріяш І.Ю.</u> «Модельно-прогнозуюче автоматичне керування режимом дуття кисневого конвертера з енергоефективним засвоєнням тепла», спеціальність 151-автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології, науковий керівник <u>Степанець О.В.</u> , КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2023 р. <a href="https://ela.kpi.ua/handle/123456789/53133">https://ela.kpi.ua/handle/123456789/53133</a>





# Плани авторів проєкту щодо подальших кроків

- ✓ Впровадження результатів роботи здійснюється на підставі укладання договорів в рамках проєктів наукового парку «Київська політехніка», а також Центру Індустрії 4.0 на базі КПІ ім. Ігоря Сікорського, тощо.
- ✓ Подача заявок на проєкти Європейської комісії («Горизонт Європа», «LIFE»), програму НАТО "Наука заради миру і безпеки" та інші



**Дякую за увагу**