

**КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
БУДІВНИЦТВА І АРХІТЕКТУРИ**

**Факультет інженерних систем і екології
Кафедра теплогазопостачання і вентиляції**

**ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА
ДО КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ
НА ЗДОБУТТЯ ОСВІТНЬОГО СТУПЕНЯ МАГІСТРА**

на тему:

Аналіз результатів впровадження заходів з підвищення класу
енергетичної ефективності офісної будівлі в м. Дніпро

(назва)

Сафронова Яна Русланівна

(прізвище, ім'я та по батькові студента повністю)

Київ 2025 р.

КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
БУДІВНИЦТВА І АРХІТЕКТУРИ

Факультет інженерних систем і екології

Кафедра теплогазопостачання і вентиляції

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри ТГПіВ

«25» 12 2025 р.

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА
ДО КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ ВИПУСКНОЇ РОБОТИ
НА ЗДОБУТТЯ ОСВІТНЬОГО СТУПЕНЯ МАГІСТРА

на тему:

Аналіз результатів впровадження заходів з підвищення класу
енергетичної ефективності офісної будівлі в м. Дніпро

(назва

Виконав студент групи ТВм-2024-2

Спеціальність: будівництво та цивільна інженерія

ОПП: теплогазопостачання і вентиляція

Сафронова Яна Русланівна

(прізвище, ім'я та по батькові повністю)

Керівник Москвітін А.С.

(прізвище та ініціали)

к.т.н., доц. кафедри

(вчене звання, науковий ступінь)

Ідентичність підтверджую.

Київ 2025 р.

**КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
БУДІВНИЦТВА І АРХІТЕКТУРИ**

Факультет: інженерних систем і екології

Кафедра: теплогазопостачання і вентиляції

Освітній рівень: «магістр за ОПП/ОНП»

Спеціальність: будівництво та цивільна інженерія

Спеціалізація: теплогазопостачання і вентиляція

ЗАТВЕРДЖУЮ

Декан факультету

Приймак О.В.

„___” _____ 2025 р.

ЗАВДАННЯ

**ДО ВИКОНАННЯ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ
НА ЗДОБУТТЯ ОСВІТНЬОГО СТУПЕНЯ МАГІСТРА**

Сафронова Яна Русланівна

(прізвище, ім'я та по батькові студента)

1. Тема роботи Аналіз результатів впровадження заходів з підвищенням класу енергетичної ефективності офісної будівлі в м. Дніпро

затверджена наказом ректора КНУБА № ^{2005/24/25} від „09” 12. 2025р.

2. Керівник роботи

_____ - Москвітінна Анна Сергіївна к.т.н., доц.

(прізвище, ім'я та по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

3. Строк подання студентом роботи до захисту 20.12.2025

4. Зміст пояснювальної записки за розділами:

Вступ

1. Розрахунок системи опалення і вентиляції офісної будівлі
2. Заходи з енергоефективності
3. Енергоефективність як необхідний процес для розвитку будівництва
4. Економічні аспекти прийняття рішень у домогосподарствах з питань вентиляції з рекуперацією тепла та теплоізоляції
5. Автоматизація будівництва
6. Економіка будівництва
7. Висновки
8. Список літератури

6. Календарний план виконання роботи:

№ з/п	Назва етапів дипломного проекту	Термін виконання етапу проекту	Примітка
1	Вступ	12.10.2025	
2	Розрахунок системи опалення і вентиляції офісної будівлі	12.10.2025	
3	Заходи з енергоефективності	20.10.2025	
4	Економічні аспекти прийняття рішень у домогосподарствах з питань вентиляції з рекуперацією тепла та теплоізоляції	26.10.2025	
5	Автоматизація будівництва	5.11.2025	
7	Економіка будівництва	25.11.2025	
8	Висновки до роботи	3.12.2025	
9	Список літератури	13.12.2025	
10	Остаточне оформлення роботи	14.12.2025	
11	Направлення роботи на рецензування, перевірку на плагіат	20.06.2025	
12	Попередній захист роботи на кафедрі	22.12.2025	

7. Консультанти розділів атестаційної випускної роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Перевірив	
		Дата	Підпис
5	Соболевська Т.Г. асист. Волчков М.В.	25.12.2025	
6	Предун К.М. проф.	25.12	

8. Дата видачі завдання 10.09.25

Зав. кафедри
(підпис) (прізвище та ініціали)

Керівник Михайлик А.С.
(підпис) (прізвище та ініціали)

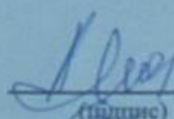
Студент Сабурова А.Р.
(підпис) (прізвище та ініціали)

РЕЗЮМЕ (summary) до кваліфікаційної випускної роботи студента:	Сафронової Яни Русланівни
---	--------------------------------------

Заклад вищої освіти	Київський національний університет будівництва і архітектури				
Тема КРМ	Аналіз результатів впровадження заходів з підвищення класу енергетичної ефективності офісної будівлі в м. Дніпро				
	Analysis of the Results of Implementing Measures to Improve the Energy Efficiency Class of an Office Building				
Освітній ступень	Магістр за освітньо-професійною програмою навчання				
Факультет	Факультет інженерних систем та екології				
Кафедра	Теплогазопостачання та вентиляції				
Спеціальність	192 Будівництво та цивільна інженерія				
Освітня програма	Теплогазопостачання та вентиляція				
Керівник	Москвітін А.С. к.т.н., доцент				
Обсяг роботи:	Пояснювальна записка				слайдів
	сторінок	розділів	таблиць	рисунків	
	125	6	18	11	18
Розділ 1.	Розрахунок систем опалення і вентиляції офісної будівлі				
Розділ 2.	Заходи з енергоефективності				
Розділ 3.	Енергоефективність як необхідний процес для розвитку будівництва				
Розділ 4.	Економічні аспекти прийняття рішень у домогосподарствах з питань вентиляції з рекуперацією тепла та теплоізоляції				
Розділ 5.	Автоматизація технологічних процесів				
Розділ 6.	Економічна частина				
Висновки по роботі:	У роботі виконано комплексний аналіз енергетичного стану офісної будівлі та обґрунтовано доцільність впровадження заходів з підвищення її енергоефективності. На основі оцінки огорожувальних конструкцій і інженерних систем запропоновано поєднання традиційних та інноваційних рішень, зокрема утеплення, модернізацію систем опалення, вентиляції з рекуперацією та впровадження автоматизованого управління мікрокліматом. Проведений економічний аналіз підтвердив ефективність запропонованих заходів і їхню доцільність з точки зору зниження експлуатаційних витрат та терміну окупності. Отримані результати свідчать, що комплексна енергомодернізація є ефективним інструментом підвищення класу енергоефективності офісних будівель і може бути застосована в інших регіонах України з подібними умовами.				

Ключові слова: Енергоефективність, енергомодернізація, рекуперація, модернізація, термічна стійкість, офісна будівля, економічна доцільність, кліматичні умови.
Keywords: Energy efficiency, energy modernization, heat recovery, modernization, thermal resilience, office building, economic feasibility, climatic conditions.

Керівник

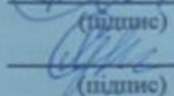


Москвітіна А.С

(підпис)

(прізвище та ініціали)

Студент



Сафронова Я.Р.

(підпис)

(прізвище та ініціали)

«__» _____ 20__ р.

РЕЦЕНЗІЯ

на кваліфікаційну випускну роботу
студента Сафронової Яни Русланівни
факультету інженерних систем і екології
спеціальності «Будівництво та цивільна інженерія»
освітньої програми «Теплогазопостачання і вентиляція»

Тема роботи Аналіз результатів впровадження заходів з підвищення класу енергетичної ефективності офісної будівлі в м. Дніпро

Обсяг роботи пояснювальної записки 139, графічної частини – 18 слайдів.

Висновок про відповідність завданню Кваліфікаційна випускна робота виконана відповідно до завдання у встановлений термін

Актуальність обраної теми Тема роботи є актуальною, оскільки зараз велика кількість програм з відновлення потребує сучасних рішень в системах опалення, вентиляції та кондиціонування повітря

Використання у роботі сучасних досягнень науки і техніки У роботі розглянуто сучасні системи опалення, вентиляції та кондиціонування повітря офісної будівлі. Проведено техніко-економічне порівняння запропонованих систем.

Використання у роботі комп'ютерних технологій Графічна частина роботи виконана у двовимірній системі автоматизованого проектування і креслення AutoCAD, пояснювальна записка - у текстовому редакторі Microsoft Word з використанням програми для роботи з електронними таблицями Microsoft Excel. Сертифікати енергетичної ефективності житлової будівлі та фітнес-центру розраховані за допомогою програми Auditor OZC 7.0.

Практичне значення роботи Основні технічні рішення відповідають чинним ДБН, ДСТУ та іншим нормативним документам, гідравлічні, аеродинамічні та теплотехнічні розрахунки не викликають заперечень і підтверджують правильність вибору схем опалення та вентиляції і підбору обладнання. Достатня увага приділена питанням охорони праці та захисту навколишнього середовища. А також технології та організації монтажу інженерних систем і мереж.

Якість оформлення роботи Пояснювальна записка складена змістовно, технічно грамотна, написана чіткою технічною мовою і акуратно оформлена. Графічна частина виконана якісно і достатньо повно відображає зміст кваліфікаційної випускової роботи магістра.

Зауваження та побажання

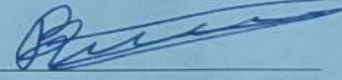
1. У роботі бажано було б навести розрахунок обладнання ІТП та схему ІТП після термомодернізації.
2. Бажано було б проаналізувати і потреби енергії на охолодження.

Загальний висновок стосовно роботи та надання авторові освітнього ступеня

«магістр». Кваліфікаційна робота Сафронової Яни Русланівни відповідає вимогам, що пред'являються до кваліфікаційних випускних робіт другого (магістерського) рівня вищої освіти. Автор роботи Сафронова Яна Русланівна заслуговує присвоєння йому освітнього ступеня «магістр» за освітньо-професійною програмою «Теплогазопостачання і вентиляція».

Рекомендована оцінка

9/10 балів

Рецензент Віктор МЛЕЙКОВСЬКИЙ, 
(прізвище, ініціали) (підпис)

Посада, місце роботи Проф. каф. ТТПВ КНУБА

«25» грудня 2025р.

Mon Dec 22 14:42:14 EET 2025, Предуи Костянтин Миронович, Київський національний університет будівництва і архітектури

Anti-Plagiarism (UA) v-15.284 Educational

The maximum coincidence with one document 0.0%

Dictionaries check: en_US, ru_RU, ua_UA. Errors in the documents: 9%

ID: 268272 Title: Аналіз результатів впровадження заходів з підвищення класу енергетичної ефективності офісної будівлі в м. Дніпро Added in a DB: 2025-12-22 Authors: Сафронова Яна Русланівна Heads: Москвітін А.С. к.т.н., доцент Consultants: Opponents:	Document		Sum coincidence on the DB	
	Symbols	Lexemes	Symbols	Lexemes
	168916	1103	1002 (1%)	15 (1%)

Plagiarism sources

ID	Description	Plagiarism presence in the document	
		Symbols	Lexemes

Зміст	
Вступ.....	8
РОЗДІЛ 1	
РОЗРАХУНОК СИСТЕМИ ОПАЛЕННЯ І ВЕНТИЛЯЦІЇ ОФІСНОЇ	
БУДІВЛІ.....	9
1.1. Загальні данні.....	9
1.2. Розрахунок систем опален.....	10
1.3. Розрахунок систем вентиляції.....	35
1.4. Характеристика вентиляційного обладнання.....	38
РОЗДІЛ 2. ЗАХОДИ З ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ.....	41
РОЗДІЛ 3. ЕНЕРГОЕФЕКТИВНІСТЬ ЯК НЕОБХІДНИЙ ПРОЦЕС ДЛЯ	
РОЗВИТКУ БУДІВНИЦТВА.....	44
3.1 Поняття енергоефективності, енергомодернізації та термічної стійкості	
будівель.....	44
3.2 Нормативно-правова база ЄС та України у сфері енергоефективності	
будівель.....	47
3.3 Класифікація заходів енергомодернізації.....	50
3.4 Інноваційні та біокліматичні рішення.....	57
3.5 Потенціал енергозбереження та скорочення викидів CO ₂ у громадському	
секторі.....	60
3.6 «Зелені» облігації як інструмент фінансування масштабної модернізації.....	65
3.7 Формування цілей та показників до 2030 та 2050 років.....	71
3.8 Пропозиції щодо вдосконалення державної політики по відношенню до	
реновації будівельного фонду.....	77
РОЗДІЛ 4. ЕКОНОМІЧНІ АСПЕКТИ ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ У	
ДОМОГОСПОДАРСТВАХ З ПИТАНЬ ВЕНТИЛЯЦІЇ З РЕКУПЕРАЦІЄЮ	
ТЕПЛА ТА ТЕПЛОІЗОЛЯЦІЇ.....	85
РОЗДІЛ 5. АВТОМАТИЗАЦІЯ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСІВ.....	102
5.1. Автоматизація та її функції.....	102
5.2. Механізми автоматизації.....	103
5.3. Сучасні тенденції автоматизації.....	107
РОЗДІЛ 6. ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА	111
ВИСНОВКИ ДО РОБОТИ.....	123
СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ.....	124

Вступ

Енергомодернізація офісних будівель є одним із найбільш ефективних інструментів зменшення споживання енергії та підвищення сталості міського середовища. Вона передбачає комплексне впровадження заходів, спрямованих на покращення теплотехнічних характеристик будівельної оболонки, модернізацію систем опалення, вентиляції та кондиціонування повітря, впровадження автоматизованих систем управління будівлею, а також використання енергоефективного освітлення й відновлюваних джерел енергії. Такий підхід дозволяє не лише скоротити енергоспоживання, але й підвищити рівень комфорту для користувачів, зменшити викиди шкідливих речовин та продовжити життєвий цикл будівель.

Крім того, енергомодернізація офісних будівель набуває стратегічного значення в контексті європейських та національних політик у сфері енергоефективності, зокрема вимог Директиви про енергетичну ефективність будівель та цілей Європейського зеленого курсу щодо досягнення кліматичної нейтральності. Для України це питання є особливо важливим з огляду на високий рівень енергетичної залежності, потребу у зменшенні експлуатаційних витрат бюджетних і комерційних установ, а також необхідність відновлення та модернізації будівельного фонду відповідно до сучасних стандартів.

У зв'язку з цим дослідження питань підвищення енергоефективності та впровадження заходів енергомодернізації офісних будівель є актуальним науково-практичним завданням, що потребує комплексного підходу з урахуванням теплотехнічних, інженерних, економічних та екологічних аспектів.

Метою роботи є комплексне обґрунтування та оцінка ефективності заходів з підвищення енергоефективності офісних будівель шляхом енергомодернізації будівельної оболонки та інженерних систем з урахуванням сучасних кліматичних умов, нормативних вимог і економічної доцільності.

РОЗДІЛ 1. РОЗРАХУНОК СИСТЕМИ ОПАЛЕННЯ І ВЕНТИЛЯЦІЇ ОФІСНОЇ БУДІВЛІ

1.1 Загальні данні

Назва об'єкту будівництва — Офісна будівля.

Район будівництва – м. Дніпро, широта 48°27'

Комерційна будівля орієнтована на Схід.

Висота приміщень - 6 м.

- Офісні приміщення
- Конференц зала

коефіцієнт площі на людину: 1,2

Кількість людей: - глядачі – 31 люд.

Теплоносій – вода

$$t_r = 140 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$t_o = 70 \text{ }^\circ\text{C}$$

Розрахункові параметри зовнішнього повітря для системи вентиляції

Таблиця 1.1

Період року	Температура $t_{\text{ext}}, \text{ }^\circ\text{C}$	Ентальпія $I_{\text{ext}},$ кДж/кг	Вологовміст $d_{\text{ext}},$ г/кг	Відносна вологість ϕ_{ext} %
Теплий	25	53,6	12,3	67
Холодний	-18	-20,7	0,5	82

Розрахункові параметри зовнішнього повітря при спільній роботі вентиляції та охолодження

Температура внутрішнього повітря залежить від рівня метаболізму та теплоізоляційних властивостей вбрання людини

Згідно з таблиці Д4 результуючих температур, та її допустимого діапазону відхилення визначаємо температуру повітря в робочій зоні приміщення.

- температуру повітря в теплий період року приймаємо 26 °C
- температуру повітря в холодний період року приймаємо 24 °C

Швидкість руху повітря в робочій зоні залежить від турбулентності та температури внутрішнього повітря.

Згідно з діаграми максимально допустима середня швидкість повітря в робочій зоні

- швидкість руху повітря в теплий період року приймаємо 0,45 м/с
 - швидкість руху повітря в хол. період року приймаємо 0,38 м/с
- Відносна вологість повітря в робочій зоні залежить від умов мікроклімату, що прийняті у приміщенні

Таблиця 1.2

Умови мікроклімату	Відносна вологість повітря, %
Підвищені оптимальні	30-50
Оптимальні умови	25-60
Допустимі	25-70
Обмежено допустимі	менше 20 та більше 70

Розрахункові параметри внутрішнього повітря конференц зали

Таблиця 1.3

Період року	Температура $t_{wz}, ^\circ\text{C}$	Відносна вологість $\varphi_{wz} \%$	Швидкість повітря $v_{wz}, \text{м/с}$		Допустима концентрація CO_2 в приміщенні $\Delta\text{C ppm}$
			пряма дія	зворотня дія	
Теплий	26	25-70	0,45	0,63	800
Теплий з охолодженням	24				
Холодний	20		0,38	0,53	

1.2 Розрахунок системи опалення

Кліматологічні дані для холодного періоду року становлять:

Таблиця 1.4

Місто	Зона вологості	Температура найхолоднішої доби тзвн.1, С	Температура найхолоднішої п'ятиденки тзвн.5, С	Опалювальний сезон		Кількість градусо-днів So.c, гр.-днів	Кліматична зона
				Середня температура ра to.c, C	Тривалість Zo.c, днів		
Дніпро	С	-21	-20	2	158	2844	II

Напрямок і швидкість руху вітру у січні

Таблиця 1.5

Напрямок	Пн	ПнС	Сх	ПдС	Пд	ПдЗ	Зх	ПнЗ
----------	----	-----	----	-----	----	-----	----	-----

Повторюваність, %	21,4	14,1	8,4	4	8	12,4	16,3	15,4
Швидкість, м/с	3,7	4,9	5	4,1	3	2,6	2,4	3

Таблиця 1.6 Підбір огорожувальних конструкцій

Итоги - Ведомость ограждений офис

Символ	Описание	d	Ri	Re	R	U	фТ	A
		м	м ² · К/Вт	м ² · К/Вт	м ² · К/Вт	Вт/м ² · К	Вт	м ²
1 ДВ	Дверь внутренняя					2,500		
ДВ	Дверь наружная					2,000		
ДВ2	Дверь наружная					1,000	79	1,89
ДВ3	Дверь наружная					2,500		
КРОВЛЯ	Совмещенное покрытие неветилируемое 58,2 см	0,582	0,100	0,040	7,489	0,134	511	91,50
ОК	Окно наружное (фонарь)					1,333	2662	47,70
ПЕР	Перекрытие наружное	0,320	0,170	0,040	2,262	0,442		
ПЕР2	Отдача тепла от перекрытия вниз	0,220	0,170	0,040	0,339	2,946		
ПОЛ1	Пол по грунту	0,630	1,604		3,110	0,321	659	110,14
СВ-15	Стена внутренняя 15,0 см	0,150	0,130	0,130	0,490	2,040		
СВ-38	Стена внутренняя 41,0 см	0,410	0,130	0,130	0,909	1,100		
СН-50-РВ	Стена наружная 53,0 см	0,530	0,130	0,040	4,793	0,209	3404	387,73

Розрахунок тепловтрат приміщень зведено до таблиці 1.7

Таблиця 2. Тепловитрати приміщень.

1-й этаж																
№ прим.	Наименование пом.	Шифр огор.	Орієнт.	а, м	б, м	Fв, м ²	F, м ²	tз, °C	β1	β2	β3	n	K, Вт/(м ² ·K)	Qінф, Вт	Qогор, Вт	
102	Вестибюль	П_ЗОН_1					61,7	-22				1	0,272		775	
		ОК	В	4,46	4,13		18,42	-22				1	1,333	756	1134	
		ОК	В	2,23	4,13		9,21	-22				1	1,333	378	567	
		ДВ стекло		2,14	2,5		5,35	-22	1			1	5,814	1413		
		S, м ²	tв, °C	ΣQінф, кВт	ΣQогор, кВт	Q, кВт										
		48,35	22	2,55	2,48	5,03										
№ прим.	Наименование пом.	Шифр огор.	Орієнт.	а, м	б, м	Fв, м ²	F, м ²	tз, °C	β1	β2	β3	n	K, Вт/(м ² ·K)	Qінф, Вт	Qогор, Вт	
103	Гардеробна	П_ЗОН_1		2,99	3,9		11,66	-22				1	0,272		147	
		ОК	Ю	3,98	4,13		16,44	-22				1	1,333	675	1012	
		ОК	В	3,28	4,13		13,55	-22				1	1,333	556	834	
		S, м ²	tв, °C	ΣQінф, кВт	ΣQогор, кВт	Q, кВт										
				11,41	22	1,23	1,99	3,22								
№ прим.	Наименование пом.	Шифр огор.	Орієнт.	а, м	б, м	Fв, м ²	F, м ²	tз, °C	β1	β2	β3	n	K, Вт/(м ² ·K)	Qінф, Вт	Qогор, Вт	
105	Ліфтовий холл	П_ЗОН_1		3,9	2,5		9,75	-22				1	0,272		123	
		С_Н	Ю	3,06	4,13	4,5	8,14	-22				1	0,269		101	
		ДВ	Ю	1,8	2,5		4,5	-22				1	5,814		1209	
		S, м ²	tв, °C	ΣQогор, кВт	Q, кВт											
				9,75	22	1,43	1,43									
№ прим.	Наименование пом.	Шифр огор.	Орієнт.	а, м	б, м	Fв, м ²	F, м ²	tз, °C	β1	β2	β3	n	K, Вт/(м ² ·K)	Qінф, Вт	Qогор, Вт	
106	Охорона	П_ЗОН_1		4,02	2,96		11,9	-22				1	0,272		150	
		ДВ	З	0,92	2,6		2,39	-22	3			1	5,814	631	2568	
		ОК	З	1	1,9		1,9	-22				1	1,333	78	117	
		С_Н	З	4,29	4,13	4,29	13,43	-22				1	0,269		167	
		S, м ²	tв, °C	ΣQінф, кВт	ΣQогор, кВт	Q, кВт										
		11,82	22	0,71	3	3,71										
№ прим.	Наименование пом.	Шифр огор.	Орієнт.	а, м	б, м	Fв, м ²	F, м ²	tз, °C	β1	β2	β3	n	K, Вт/(м ² ·K)	Qінф, Вт	Qогор, Вт	
107	Зона Кафетерію	П_ЗОН_1					64,57	-22				1	0,272		811	
		ОК	В	12,08	4,13		49,89	-22				1	1,333	2048	3072	
		S, м ²	tв, °C	ΣQінф, кВт	ΣQогор, кВт	Q, кВт										
				55,99	22	2,05	3,88	5,93								
№ прим.	Наименование пом.	Шифр огор.	Орієнт.	а, м	б, м	Fв, м ²	F, м ²	tз, °C	β1	β2	β3	n	K, Вт/(м ² ·K)	Qінф, Вт	Qогор, Вт	

Таблиця 1.4

111	СК-1	ОК	З	0,8	1,5		1,2	-22		0,1		1	1,333	49	81
		ОК	З	0,8	1,5		1,2	-22		0,1		1	1,333	49	81
		ОК	Ю	0,8	1,5		1,2	-22		0,1		1	1,333	49	81
		С_Н	Ю	3,23	4,13	2,4	10,94	-22		0,1		1	0,269		150
		ОК	Ю	0,8	1,5		1,2	-22		0,1		1	1,333	49	81
		ДВ	З	2	2,5		5	-22		0,1		1	5,814	1321	1477
		С_Н	З	8	4,13	7,4	25,64	-22		0,1		1	0,269		351
		S, м ²	тв, °С	ΣQінф, кВт	ΣQогор, кВт	Q, кВт									
21,75	22	1,52	2,3	3,82											
№ прим.	Наименование пом.	Шифр огор.	Орієнт.	а, м	б, м	Fв, м ²	F, м ²	tз, °С	β1	β2	β3	n	K, Вт/(м ² ·К)	Qінф, Вт	Qогор, Вт
113	Санвузол Ч	С_Н	З	3,82	4,13		15,78	-22				1	0,269		205
		П_ЗОН_1		3,47	4,06		14,09	-22				1	0,272		185
		S, м ²	тв, °С	ΣQогор, кВт	Q, кВт										
13,77	24	0,39	0,39												
№ прим.	Наименование пом.	Шифр огор.	Орієнт.	а, м	б, м	Fв, м ²	F, м ²	tз, °С	β1	β2	β3	n	K, Вт/(м ² ·К)	Qінф, Вт	Qогор, Вт
114	Санвузол Ж	П_ЗОН_1		3,44	3,52		12,11	-22				1	0,272		152
		С_Н	З	3,85	4,13		15,9	-22				1	0,269		198
		S, м ²	тв, °С	ΣQогор, кВт	Q, кВт										
		12,12	22	0,35	0,35										
№ прим.	Наименование пом.	Шифр огор.	Орієнт.	а, м	б, м	Fв, м ²	F, м ²	tз, °С	β1	β2	β3	n	K, Вт/(м ² ·К)	Qінф, Вт	Qогор, Вт
116	Їдальня	П_ЗОН_1					157,77	-22				1	0,272		1983
		С_Н	З	12,39	4,13		51,17	-22		0,1		1	0,269		700
		С_Н	С	1,1	4,13		4,54	-22		0,05		1	0,269		59
		ОК	С	2,78	4,13		11,48	-22		0,05		1	1,333	471	742
		ОК	С	2,23	4,13		9,21	-22		0,05		1	1,333	378	596
		ДВ стекло		2,2	2,5		5,5	-22				1	5,814	1453	
		ОК	С	7,09	4,13		29,28	-22		0,05		1	1,333	1202	1893
		ОК	В	19,22	4,13		79,38	-22		0,05		1	1,333	3258	5133
		ОК	В	2,29	4,13		9,46	-22		0,05		1	1,333	388	612
		S, м ²	тв, °С	ΣQінф, кВт	ΣQогор, кВт	Q, кВт									
156,17	22	7,15	11,72	18,87											
№ прим.	Наименование пом.	Шифр огор.	Орієнт.	а, м	б, м	Fв, м ²	F, м ²	tз, °С	β1	β2	β3	n	K, Вт/(м ² ·К)	Qінф, Вт	Qогор, Вт
119	Технологічні кухонні приміщення	С_Н	З	4,94	4,13	5,72	14,68	-22				1	0,269		182
		ДВ	З	1,1	2,6		2,86	-22				1	5,814	755	768
		ДВ	З	1,1	2,6		2,86	-22				1	5,814	755	768
		S, м ²	тв, °С	ΣQінф, кВт	ΣQогор, кВт	Q, кВт									
90,64	22	1,51	1,72	3,23											
№ прим.	Наименование пом.	Шифр огор.	Орієнт.	а, м	б, м	Fв, м ²	F, м ²	tз, °С	β1	β2	β3	n	K, Вт/(м ² ·К)	Qінф, Вт	Qогор, Вт
125	СК-2	ДВ	З	1,1	2,6		2,86	-22				1	5,814		768
		С_Н	З	7,34	4,13	7,96	22,35	-22				1	0,269		278
		ДВ	З	1,5	2,6		3,9	-22				1	5,814		1048
		ОК	З	0,8	1,5		1,2	-22				1	1,333		74
		S, м ²	тв, °С	ΣQогор, кВт	Q, кВт										
13,77	22	2,17	2,17												

№ прим.	Наименование пом.	Шифр огор.	Орієнт.	а, м	б, м	Fв, м ²	F, м ²	tз, °C	β1	β2	β3	n	K, Вт/(м ² ·K)	Qінф, Вт	Qогор, Вт	
201	Холл	С_Н	Ю	2,69	3,3	4,86	4,02	-22				1	0,269		50	
		ОК	Ю	1,8	2,7		4,86	-22				1	1,333	175	299	
		S, м ²	тв, °C	ΣQінф, кВт	ΣQогор, кВт	Q, кВт										
		9,75	22	0,18	0,35	0,53										
№ прим.	Наименование пом.	Шифр огор.	Орієнт.	а, м	б, м	Fв, м ²	F, м ²	tз, °C	β1	β2	β3	n	K, Вт/(м ² ·K)	Qінф, Вт	Qогор, Вт	
202	Лаундж зона	ОК	З	1,07	2,4		2,57	-22				1	1,333	92	158	
		ОК	З	1,07	2,4		2,57	-22				1	1,333	92	158	
		С_Н	З	4,78	3,3	5,14	10,63	-22				1	0,269		132	
		S, м ²	тв, °C	ΣQінф, кВт	ΣQогор, кВт	Q, кВт										
		21,44	22	0,18	0,45	0,63										
№ прим.	Наименование пом.	Шифр огор.	Орієнт.	а, м	б, м	Fв, м ²	F, м ²	tз, °C	β1	β2	β3	n	K, Вт/(м ² ·K)	Qінф, Вт	Qогор, Вт	
203	Коридор	ДВ	С	0,76	2,5		1,9	-22	3			1	5,814	440	2041	
		С_Н	С	1,89	3,3	1,9	4,34	-22				1	0,269		54	
		S, м ²	тв, °C	ΣQінф, кВт	ΣQогор, кВт	Q, кВт										
		131,98	22	0,44	2,1	2,54										
№ прим.	Наименование пом.	Шифр огор.	Орієнт.	а, м	б, м	Fв, м ²	F, м ²	tз, °C	β1	β2	β3	n	K, Вт/(м ² ·K)	Qінф, Вт	Qогор, Вт	
204	Лаундж зона	ОК	З	1,07	2,4		2,57	-22				1	1,333	92	158	
		ОК	З	1,07	2,4		2,57	-22				1	1,333	92	158	
		С_Н	З	4,29	3,3	5,14	9,02	-22				1	0,269		112	
		S, м ²	тв, °C	ΣQінф, кВт	ΣQогор, кВт	Q, кВт										
24,73	22	0,18	0,43	0,61												
№ прим.	Наименование пом.	Шифр огор.	Орієнт.	а, м	б, м	Fв, м ²	F, м ²	tз, °C	β1	β2	β3	n	K, Вт/(м ² ·K)	Qінф, Вт	Qогор, Вт	
207	Санвузол Ч	ОК	З	1	1,2		1,2	-22				1	1,333	45	77	
		С_Н	З	3,85	3,3	1,2	11,5	-22				1	0,269		149	
		S, м ²	тв, °C	ΣQінф, кВт	ΣQогор, кВт	Q, кВт										
		13,8	24	0,04	0,23	0,27										
№ прим.	Наименование пом.	Шифр огор.	Орієнт.	а, м	б, м	Fв, м ²	F, м ²	tз, °C	β1	β2	β3	n	K, Вт/(м ² ·K)	Qінф, Вт	Qогор, Вт	
208	Санвузол Ж	С_Н	З	3,98	3,3		13,13	-22				1	0,269		171	
		S, м ²	тв, °C	ΣQогор, кВт	Q, кВт											
		12,12	24	0,17	0,17											
№ прим.	Наименование пом.	Шифр огор.	Орієнт.	а, м	б, м	Fв, м ²	F, м ²	tз, °C	β1	β2	β3	n	K, Вт/(м ² ·K)	Qінф, Вт	Qогор, Вт	
210	Кабінет на 8 робітників	П_ЗОН_1		7,68	4,98		38,25	-22				1	0,272		481	
		ОК	Ю	0,8	2,4		1,92	-22		0,1		1	1,333	69	130	
		ОК	Ю	0,8	2,4		1,92	-22		0,1		1	1,333	69	130	
		ОК	Ю	0,8	2,4		1,92	-22		0,1		1	1,333	69	130	
		С_Н	Ю	4,7	3,3	5,76	9,75	-22		0,1		1	0,269		133	
		ОК	В	0,8	2,4		1,92	-22		0,05		1	1,333	69	124	
		ОК	В	0,8	2,4		1,92	-22		0,05		1	1,333	69	124	
		С_Н	В	6,51	3,3	9,63	11,85	-22		0,05		1	0,269		155	
		С_Н	В	1,3	3,3	1,92	2,37	-22		0,05		1	0,269		31	
		ОК	В	1,07	2,4		2,57	-22		0,05		1	1,333	92	166	
		ОК	В	1,07	2,4		2,57	-22		0,05		1	1,333	92	166	
		ОК	В	1,07	2,4		2,57	-22		0,05		1	1,333	92	166	
		S, м ²	тв, °C	ΣQінф, кВт	ΣQогор, кВт	Q, кВт										
		42,52	22	0,62	1,94	2,56										

№ прим.	Наименование пом.	Шифр огор.	Орієнт.	а, м	б, м	Fв, м ²	F, м ²	tз, °C	β1	β2	β3	n	K, Вт/(м ² ·К)	Qінф, Вт	Qогор, Вт	
210.	Кабінет на 2 робітників	ОК	Ю	0,8	2,4		1,92	-22				1	1,333	69	118	
		ОК	Ю	0,8	2,4		1,92	-22				1	1,333	69	118	
		С_Н	Ю	3,79	3,3	3,84	8,67	-22				1	0,269		108	
		S, м ²	тв, °C	ΣQінф, кВт	ΣQогор, кВт	Q, кВт										
		13,87	22	0,14	0,34	0,48										
№ прим.	Наименование пом.	Шифр огор.	Орієнт.	а, м	б, м	Fв, м ²	F, м ²	tз, °C	β1	β2	β3	n	K, Вт/(м ² ·К)	Qінф, Вт	Qогор, Вт	
211	Кабінет директора	П_ЗОН_1		6	5		30	-22				1	0,272		377	
		ОК	В	0,6	2,4		1,44	-22				1	1,333	52	89	
		С_Н	В	5,99	3,3	8,02	11,75	-22				1	0,269		146	
		ОК	В	1,07	2,4		2,57	-22				1	1,333	92	158	
		ОК	В	0,6	2,4		1,44	-22				1	1,333	52	89	
		ОК	В	1,07	2,4		2,57	-22				1	1,333	92	158	
		S, м ²	тв, °C	ΣQінф, кВт	ΣQогор, кВт	Q, кВт										
		42,61	22	0,29	1,02	1,31										
№ прим.	Наименование пом.	Шифр огор.	Орієнт.	а, м	б, м	Fв, м ²	F, м ²	tз, °C	β1	β2	β3	n	K, Вт/(м ² ·К)	Qінф, Вт	Qогор, Вт	
213	Кабінет на 6 робітників	П_ЗОН_1		6	4,98		29,88	-22				1	0,272		375	
		ОК	В	0,6	2,4		1,44	-22				1	1,333	52	89	
		ОК	В	1,07	2,4		2,57	-22				1	1,333	92	158	
		ОК	В	1,07	2,4		2,57	-22				1	1,333	92	158	
		ОК	В	0,6	2,4		1,44	-22				1	1,333	52	89	
		С_Н	В	5,99	3,3	8,02	11,75	-22				1	0,269		146	
		S, м ²	тв, °C	ΣQінф, кВт	ΣQогор, кВт	Q, кВт										
		42,8	22	0,29	1,02	1,31										

№ прим.	Наименование пом.	Шифр огор.	Орієнт.	а, м	б, м	Fв, м²	F, м²	tз, °C	β1	β2	β3	n	K, Вт/(м²·K)	Qінф, Вт	Qогор, Вт
2131	Кабінет на 6 робітників	П_ЗОН_1		6	4,98		29,88	-22				1	0,272		375
		ОК	В	1,07	2,4		2,57	-22				1	1,333	92	158
		ОК	В	1,07	2,4		2,57	-22				1	1,333	92	158
		ОК	В	0,6	2,4		1,44	-22				1	1,333	52	89
		ОК	В	1,07	2,4		2,57	-22				1	1,333	92	158
		С_Н	В	5,99	3,3	9,15	10,62	-22				1	0,269		132
		S, м²	tв, °C	ΣQінф, кВт	ΣQогор, кВт	Q, кВт									
		42,61	22	0,33	1,07	1,4									
№ прим.	Наименование пом.	Шифр огор.	Орієнт.	а, м	б, м	Fв, м²	F, м²	tз, °C	β1	β2	β3	n	K, Вт/(м²·K)	Qінф, Вт	Qогор, Вт
214	Кабінет на 6 робітників	П_ЗОН_1		6	5,03		30,18	-22				1	0,272		379
		С_Н	В	5,99	3,3		19,77	-22				1	0,269		246
		ВИТ	В	6,05	2,18		13,19	-22				1	1,667	475	1016
		S, м²	tв, °C	ΣQінф, кВт	ΣQогор, кВт	Q, кВт									
		42,79	22	0,48	1,64	2,12									
№ прим.	Наименование пом.	Шифр огор.	Орієнт.	а, м	б, м	Fв, м²	F, м²	tз, °C	β1	β2	β3	n	K, Вт/(м²·K)	Qінф, Вт	Qогор, Вт
215	Кабінет на 14 робітників	П_ЗОН_1		6	5,03		30,18	-22				1	0,272		379
		П_ЗОН_1		6,43	5,03		32,34	-22				1	0,272		406
		ОК	В	1,07	2,4		2,57	-22		0,05		1	1,333	92	166
		ОК	В	0,8	2,4		1,92	-22		0,05		1	1,333	69	124
		ОК	В	0,8	2,4		1,92	-22		0,05		1	1,333	69	124
		ОК	В	1,07	2,4		2,57	-22		0,05		1	1,333	92	166
		ОК	В	0,6	2,4		1,44	-22		0,05		1	1,333	52	93
		ОК	В	1,07	2,4		2,57	-22		0,05		1	1,333	92	166
		ВИТ	В	2,03	2,18		4,43	-22		0,05		1	1,667	159	358
		С_Н	В	12,3	3,3	12,99	27,6	-22		0,05		1	0,269		360
		С_Н	С	7,67	3,3	7,68	17,63	-22		0,05		1	0,269		230
		ОК	С	0,8	2,4		1,92	-22		0,05		1	1,333	69	124
		ОК	С	0,8	2,4		1,92	-22		0,05		1	1,333	69	124
		ОК	С	0,8	2,4		1,92	-22		0,05		1	1,333	69	124
		ОК	С	0,8	2,4		1,92	-22		0,05		1	1,333	69	124
		S, м²	tв, °C	ΣQінф, кВт	ΣQогор, кВт	Q, кВт									
		86,29	22	0,9	3,07	3,97									
№ прим.	Наименование пом.	Шифр огор.	Орієнт.	а, м	б, м	Fв, м²	F, м²	tз, °C	β1	β2	β3	n	K, Вт/(м²·K)	Qінф, Вт	Qогор, Вт
216	Кабінет на 12 робітників	ОК	С	0,8	2,4		1,92	-22		0,05		1	1,333	69	124
		ОК	С	0,8	2,4		1,92	-22		0,05		1	1,333	69	124
		С_Н	С	7,94	3,3	7,68	18,52	-22		0,05		1	0,269		242
		ОК	С	0,8	2,4		1,92	-22		0,05		1	1,333	69	124
		ОК	С	0,8	2,4		1,92	-22		0,05		1	1,333	69	124
		С_Н	З	7,89	3,3	8,98	17,06	-22		0,1		1	0,269		233
		ОК	З	0,8	2,4		1,92	-22		0,1		1	1,333	69	130
		ОК	З	0,8	2,4		1,92	-22		0,1		1	1,333	69	130
		ОК	З	1,07	2,4		2,57	-22		0,1		1	1,333	92	174
		ОК	З	1,07	2,4		2,57	-22		0,1		1	1,333	92	174
		S, м²	tв, °C	ΣQінф, кВт	ΣQогор, кВт	Q, кВт									
		56,28	22	0,6	1,58	2,18									
№ прим.	Наименование пом.	Шифр огор.	Орієнт.	а, м	б, м	Fв, м²	F, м²	tз, °C	β1	β2	β3	n	K, Вт/(м²·K)	Qінф, Вт	Qогор, Вт
217	Кабінет на 5 робітників	ОК	З	1,07	2,4		2,57	-22				1	1,333	92	158
		ОК	З	1,07	2,4		2,57	-22				1	1,333	92	158
		С_Н	З	5,5	3,3	5,14	13,01	-22				1	0,269		162

№ прим.	Наименование пом.	Итого														
		S, м ²	tв, °C	ΣQинф, кВт	ΣQогор, кВт	Q, кВт	F, м ²	tз, °C	β1	β2	β3	n	K, Вт/(м ² ·K)	Qинф, Вт	Qогор, Вт	
		40,48	22	0,18	0,48	0,66										
№ прим.	Наименование пом.	Шифр огор.	Ориент.	a, м	b, м	Fв, м ²	F, м ²	tз, °C	β1	β2	β3	n	K, Вт/(м ² ·K)	Qинф, Вт	Qогор, Вт	
219	Кухня їдальня	ОК	З	1,07	2,4		2,57	-22				1	1,333	92	158	
		ОК	З	1,07	2,4		2,57	-22				1	1,333	92	158	
		С_Н	З	4,91	3,3	5,14	11,06	-22				1	0,269		137	
		S, м ²	tв, °C	ΣQинф, кВт	ΣQогор, кВт	Q, кВт										
		64,7	22	0,18	0,45	0,63										
№ прим.	Наименование пом.	Шифр огор.	Ориент.	a, м	b, м	Fв, м ²	F, м ²	tз, °C	β1	β2	β3	n	K, Вт/(м ² ·K)	Qинф, Вт	Qогор, Вт	
221	Кабінет на 6 робітників	П_ЗОН_1		5,9	4,98		29,38	-22				1	0,272		369	
		С_Н	В	6,02	3,3	4,01	15,86	-22				1	0,269		197	
		ОК	В	1,07	2,4		2,57	-22				1	1,333	92	158	
		ОК	В	0,6	2,4		1,44	-22				1	1,333	52	89	
		ВИТ	В	1,98	2,18		4,32	-22				1	1,667	155	333	
		S, м ²	tв, °C	ΣQинф, кВт	ΣQогор, кВт	Q, кВт										
42,8	22	0,3	1,15	1,45												
№ прим.	Наименование пом.	Шифр огор.	Ориент.	a, м	b, м	Fв, м ²	F, м ²	tз, °C	β1	β2	β3	n	K, Вт/(м ² ·K)	Qинф, Вт	Qогор, Вт	
421	СК-1	ОК	В	0,8	1,5		1,2	-22		0,05		1	1,333	43	78	
		ОК	В	0,8	0,9		0,72	-22		0,05		1	1,333	26	47	
		ОК	В	2	2,4		4,8	-22		0,05		1	1,333	173	310	
		С_Н	В	7,98	4,13	6,72	26,24	-22		0,05		1	0,269		342	
		ОК	С	0,8	0,9		0,72	-22		0,05		1	1,333	26	47	
		С_Н	С	3,28	4,13	1,44	12,11	-22		0,05		1	0,269		158	
		ОК	С	0,8	0,9		0,72	-22		0,05		1	1,333	26	47	
		S, м ²	tв, °C	ΣQинф, кВт	ΣQогор, кВт	Q, кВт										
13,77	22	0,29	1,03	1,32												
№ прим.	Наименование пом.	Шифр огор.	Ориент.	a, м	b, м	Fв, м ²	F, м ²	tз, °C	β1	β2	β3	n	K, Вт/(м ² ·K)	Qинф, Вт	Qогор, Вт	
422	СК-2	ОК	В	0,8	0,9		0,72	-22				1	1,333	26	44	
		С_Н	В	7,34	4,13	3,29	27,02	-22				1	0,269		336	
		ОК	В	1,07	2,4		2,57	-22				1	1,333	92	158	
		S, м ²	tв, °C	ΣQинф, кВт	ΣQогор, кВт	Q, кВт										
		13,77	22	0,12	0,54	0,66										
3-этаж																
№ прим.	Наименование пом.	Шифр огор.	Ориент.	a, м	b, м	Fв, м ²	F, м ²	tз, °C	β1	β2	β3	n	K, Вт/(м ² ·K)	Qинф, Вт	Qогор, Вт	
301	Холл	ДВ	Ю	1,8	2,7		4,86	-22	1			1	5,814	1017	2611	
		С_Н	Ю	2,69	3,3	4,86	4,02	-22				1	0,269		50	
		S, м ²	tв, °C	ΣQинф, кВт	ΣQогор, кВт	Q, кВт										
		9,75	22	1,02	2,66	3,68										

№ прим.	Наименование пом.	Шифр огор.	Орієнт.	а, м	б, м	Fв, м ²	F, м ²	tз, °C	β1	β2	β3	n	K, Вт/(м ² ·К)	Qінф, Вт	Qогор, Вт	
302	Лаундж зона	ОК	З	1,07	2,4		2,57	-22				1	1,333	84	158	
		ОК	З	1,07	2,4		2,57	-22				1	1,333	84	158	
		С_Н	З	4,77	3,3	5,14	10,6	-22				1	0,269		132	
		S, м ²	тв, °C	ΣQінф, кВт	ΣQогор, кВт	Q, кВт										
		21,44	22	0,17	0,45	0,62										
№ прим.	Наименование пом.	Шифр огор.	Орієнт.	а, м	б, м	Fв, м ²	F, м ²	tз, °C	β1	β2	β3	n	K, Вт/(м ² ·К)	Qінф, Вт	Qогор, Вт	
303	Коридор	ОК	С	0,8	2,4		1,92	-22				1	1,333	62	118	
		С_Н	С	1,92	3,3	1,92	4,42	-22				1	0,269		55	
		S, м ²	тв, °C	ΣQінф, кВт	ΣQогор, кВт	Q, кВт										
		131,98	22	0,06	0,17	0,23										
№ прим.	Наименование пом.	Шифр огор.	Орієнт.	а, м	б, м	Fв, м ²	F, м ²	tз, °C	β1	β2	β3	n	K, Вт/(м ² ·К)	Qінф, Вт	Qогор, Вт	
304	Лаундж зона	ОК	З	1,07	2,4		2,57	-22				1	1,333	84	158	
		ОК	З	1,07	2,4		2,57	-22				1	1,333	84	158	
		С_Н	З	4,32	3,3	5,14	9,12	-22				1	0,269		113	
		S, м ²	тв, °C	ΣQінф, кВт	ΣQогор, кВт	Q, кВт										
		24,73	22	0,17	0,43	0,6										
№ прим.	Наименование пом.	Шифр огор.	Орієнт.	а, м	б, м	Fв, м ²	F, м ²	tз, °C	β1	β2	β3	n	K, Вт/(м ² ·К)	Qінф, Вт	Qогор, Вт	
307	Санвузол Ч	ОК	З	1	1,2		1,2	-22				1	1,333	41	77	
		С_Н	З	3,88	3,3	1,2	11,6	-22				1	0,269		151	
		S, м ²	тв, °C	ΣQінф, кВт	ΣQогор, кВт	Q, кВт										
		13,8	24	0,04	0,23	0,27										
№ прим.	Наименование пом.	Шифр огор.	Орієнт.	а, м	б, м	Fв, м ²	F, м ²	tз, °C	β1	β2	β3	n	K, Вт/(м ² ·К)	Qінф, Вт	Qогор, Вт	
308	Санвузол Ж	С_Н	З	3,88	3,3		12,8	-22				1	0,269		159	
		S, м ²	тв, °C	ΣQогор, кВт	Q, кВт											
		12,12	22	0,16	0,16											
№ прим.	Наименование пом.	Шифр огор.	Орієнт.	а, м	б, м	Fв, м ²	F, м ²	tз, °C	β1	β2	β3	n	K, Вт/(м ² ·К)	Qінф, Вт	Qогор, Вт	
310	Кабінет на 8 робітників	ОК	Ю	0,8	2,4		1,92	-22		0,1		1	1,333	62	130	
		С_Н	Ю	4,88	3,3	4,56	11,54	-22		0,1		1	0,269		158	
		ОК	Ю	0,8	2,4		1,92	-22		0,1		1	1,333	62	130	
		ОК	Ю	0,8	0,9		0,72	-22		0,1		1	1,333	23	49	
		ОК	В	0,8	2,4		1,92	-22		0,05		1	1,333	62	124	
		С_Н	В	8,11	3,3	10,42	16,34	-22		0,05		1	0,269		213	
		ОК	В	0,8	2,4		1,92	-22		0,05		1	1,333	62	124	
		ОК	В	1,07	2,4		2,57	-22		0,05		1	1,333	84	166	
		ОК	В	0,6	2,4		1,44	-22		0,05		1	1,333	47	93	
		ОК	В	1,07	2,4		2,57	-22		0,05		1	1,333	84	166	
		S, м ²	тв, °C	ΣQінф, кВт	ΣQогор, кВт	Q, кВт										
		42,52	22	0,49	1,35	1,84										

№ прим.	Наименование пом.	Шифр огор.	Орієнт.	a, м	b, м	Fв, м ²	F, м ²	tз, °C	β1	β2	β3	n	K, Вт/(м ² ·К)	Qінф, Вт	Qогор, Вт	
311	Кабінет директора	ОК	В	0,6	2,4		1,44	-22				1	1,333	47	89	
		ОК	В	1,07	2,4		2,57	-22				1	1,333	84	158	
		С_Н	В	6,06	3,3	9,15	10,85	-22				1	0,269		135	
		ОК	В	1,07	2,4		2,57	-22				1	1,333	84	158	
		ОК	В	1,07	2,4		2,57	-22				1	1,333	84	158	
		S, м ²	тв, °C	ΣQінф, кВт	ΣQогор, кВт	Q, кВт										
		42,61	22	0,3	0,7	1										
№ прим.	Наименование пом.	Шифр огор.	Орієнт.	a, м	b, м	Fв, м ²	F, м ²	tз, °C	β1	β2	β3	n	K, Вт/(м ² ·К)	Qінф, Вт	Qогор, Вт	
312	Кабінет на 2 робітників	ОК	Ю	0,8	2,4		1,92	-22				1	1,333	62	118	
		С_Н	Ю	3,78	3,3	3,84	8,63	-22				1	0,269		107	
		ОК	Ю	0,8	2,4		1,92	-22				1	1,333	62	118	
		S, м ²	тв, °C	ΣQінф, кВт	ΣQогор, кВт	Q, кВт										
				13,8	22	0,12	0,34	0,46								
№ прим.	Наименование пом.	Шифр огор.	Орієнт.	a, м	b, м	Fв, м ²	F, м ²	tз, °C	β1	β2	β3	n	K, Вт/(м ² ·К)	Qінф, Вт	Qогор, Вт	
313	Кабінет на 6 робітників	ОК	В	0,6	2,4		1,44	-22				1	1,333	47	89	
		ОК	В	1,07	2,4		2,57	-22				1	1,333	84	158	
		ОК	В	0,6	2,4		1,44	-22				1	1,333	47	89	
		ОК	В	1,07	2,4		2,57	-22				1	1,333	84	158	
		С_Н	В	5,97	3,3	8,02	11,68	-22				1	0,269		145	
		S, м ²	тв, °C	ΣQінф, кВт	ΣQогор, кВт	Q, кВт										
				42,61	22	0,26	0,64	0,9								
№ прим.	Наименование пом.	Шифр огор.	Орієнт.	a, м	b, м	Fв, м ²	F, м ²	tз, °C	β1	β2	β3	n	K, Вт/(м ² ·К)	Qінф, Вт	Qогор, Вт	

314	Кабінет на 6 робітників	ОК	В	1,07	2,4		2,57	-22				1	1,333	84	158	
		ОК	В	0,6	2,4		1,44	-22				1	1,333	47	89	
		С_Н	В	5,97	3,3	8,02	11,68	-22				1	0,269		145	
		ОК	В	0,6	2,4		1,44	-22				1	1,333	47	89	
		ОК	В	1,07	2,4		2,57	-22				1	1,333	84	158	
		S, м ²	тв, °С	ΣQінф, кВт	ΣQогор, кВт	Q, кВт										
		42,8	22	0,26	0,64	0,9										
№ прим.	Наименование пом.	Шифр огор.	Орієнт.	а, м	б, м	Fв, м ²	F, м ²	tz, °С	β1	β2	β3	n	K, Вт/(м ² ·К)	Qінф, Вт	Qогор, Вт	
315	Кабінет на 6 робітників	ОК	В	2,79	3,38		9,43	-22				1	1,333	307	581	
		ОК	В	3,52	3,38		11,9	-22				1	1,333	387	733	
		S, м ²	тв, °С	ΣQінф, кВт	ΣQогор, кВт	Q, кВт										
				42,8	22	0,69	1,31	2								
№ прим.	Наименование пом.	Шифр огор.	Орієнт.	а, м	б, м	Fв, м ²	F, м ²	tz, °С	β1	β2	β3	n	K, Вт/(м ² ·К)	Qінф, Вт	Qогор, Вт	
316	Кабінет на 14 робітників	ОК	В	1,75	3,38		5,92	-22		0,05		1	1,333	192	383	
		ОК	В	0,6	2,4		1,44	-22		0,05		1	1,333	47	93	
		С_Н	В	10,3	3,3	13,3	20,69	-22		0,05		1	0,269		270	
		ОК	В	0,6	2,4		1,44	-22		0,05		1	1,333	47	93	
		ОК	В	1,07	2,4		2,57	-22		0,05		1	1,333	84	166	
		ОК	В	1,07	2,4		2,57	-22		0,05		1	1,333	84	166	
		ОК	В	0,6	2,4		1,44	-22		0,05		1	1,333	47	93	
		ОК	В	0,8	2,4		1,92	-22		0,05		1	1,333	62	124	
		ОК	В	0,8	2,4		1,92	-22		0,05		1	1,333	62	124	
		С_Н	С	7,72	3,3	7,68	17,8	-22		0,05		1	0,269		232	
		ОК	С	0,8	2,4		1,92	-22		0,05		1	1,333	62	124	
		ОК	С	0,8	2,4		1,92	-22		0,05		1	1,333	62	124	
		ОК	С	0,8	2,4		1,92	-22		0,05		1	1,333	62	124	
		ОК	С	0,8	2,4		1,92	-22		0,05		1	1,333	62	124	
		S, м ²	тв, °С	ΣQінф, кВт	ΣQогор, кВт	Q, кВт										
				86,3	22	0,87	2,24	3,11								

№ прим.	Наименование пом.	Шифр огор.	Орієнт.	а, м	б, м	Fв, м ²	F, м ²	tз, °C	β1	β2	β3	n	K, Вт/(м ² ·К)	Qінф, Вт	Qогор, Вт		
317	Кабінет на 12 робітників	ОК	З	1,07	2,4		2,57	-22		0,1		1	1,333	84	174		
		ОК	З	1,07	2,4		2,57	-22		0,1		1	1,333	84	174		
		С_Н	З	7,95	3,3	8,98	17,26	-22		0,1		1	0,269		236		
		ОК	З	0,8	2,4		1,92	-22		0,1		1	1,333	62	130		
		ОК	З	0,8	2,4		1,92	-22		0,1		1	1,333	62	130		
		С_Н	С	7,93	3,3	7,68	18,49	-22		0,05		1	0,269		241		
		ОК	С	0,8	2,4		1,92	-22		0,05		1	1,333	62	124		
		ОК	С	0,8	2,4		1,92	-22		0,05		1	1,333	62	124		
		ОК	С	0,8	2,4		1,92	-22		0,05		1	1,333	62	124		
		ОК	С	0,8	2,4		1,92	-22		0,05		1	1,333	62	124		
		S, м ²	тв, °C	ΣQінф, кВт	ΣQогор, кВт	Q, кВт											
		56,28	22	0,54	1,58	2,12											
№ прим.	Наименование пом.	Шифр огор.	Орієнт.	а, м	б, м	Fв, м ²	F, м ²	tз, °C	β1	β2	β3	n	K, Вт/(м ² ·К)	Qінф, Вт	Qогор, Вт		
318	Кабінет на 8 робітників	ОК	З	1,07	2,4		2,57	-22				1	1,333	84	158		
		ОК	З	1,07	2,4		2,57	-22				1	1,333	84	158		
		С_Н	З	5,49	3,3	5,14	12,98	-22				1	0,269		161		
				S, м ²	тв, °C	ΣQінф, кВт	ΣQогор, кВт	Q, кВт									
				40,48	22	0,17	0,48	0,65									
№ прим.	Наименование пом.	Шифр огор.	Орієнт.	а, м	б, м	Fв, м ²	F, м ²	tз, °C	β1	β2	β3	n	K, Вт/(м ² ·К)	Qінф, Вт	Qогор, Вт		
319	Кухня їдальня	ОК	З	1,07	2,4		2,57	-22				1	1,333	84	158		
		С_Н	З	4,85	3,3	5,14	10,86	-22				1	0,269		135		
				S, м ²	тв, °C	ΣQінф, кВт	ΣQогор, кВт	Q, кВт									
				64,55	22	0,17	0,45	0,62									
		№ прим.	Наименование пом.	Шифр огор.	Орієнт.	а, м	б, м	Fв, м ²	F, м ²	tз, °C	β1	β2	β3	n	K, Вт/(м ² ·К)	Qінф, Вт	Qогор, Вт
320	Кабінет на 6 робітників	ОК	В	1,07	2,4		2,57	-22				1	1,333	84	158		
		ОК	В	0,6	2,4		1,44	-22				1	1,333	47	89		
		С_Н	В	6	3,3	4,01	15,79	-22				1	0,269		196		
				S, м ²	тв, °C	ΣQінф, кВт	ΣQогор, кВт	Q, кВт									
				42,61	22	0,13	0,44	0,57									
№ прим.	Наименование пом.	Шифр огор.	Орієнт.	а, м	б, м	Fв, м ²	F, м ²	tз, °C	β1	β2	β3	n	K, Вт/(м ² ·К)	Qінф, Вт	Qогор, Вт		
321	СК-1	ОК	З	1,07	2,4		2,57	-22				1	1,333	84	158		
		С_Н	З	7,34	3,38	3,29	21,52	-22				1	0,269		267		
		ОК	З	0,8	0,9		0,72	-22				1	1,333	23	44		
				S, м ²	тв, °C	ΣQінф, кВт	ΣQогор, кВт	Q, кВт									
				13,77	22	0,11	0,47	0,58									
№ прим.	Наименование пом.	Шифр огор.	Орієнт.	а, м	б, м	Fв, м ²	F, м ²	tз, °C	β1	β2	β3	n	K, Вт/(м ² ·К)	Qінф, Вт	Qогор, Вт		
322	СК-2	ОК	Ю	0,8	0,9		0,72	-22		0,1		1	1,333	23	49		
		ОК	З	0,8	1,5		1,2	-22		0,1		1	1,333	39	81		
		ОК	З	0,8	0,9		0,72	-22		0,1		1	1,333	23	49		
		С_Н	З	7,98	3,38	1,92	25,05	-22		0,1		1	0,269		342		
		ОК	Ю	0,8	0,9		0,72	-22		0,1		1	1,333	23	49		
		С_Н	Ю	3,28	3,38	1,44	9,65	-22		0,1		1	0,269		132		
				S, м ²	тв, °C	ΣQінф, кВт	ΣQогор, кВт	Q, кВт									
				13,77	22	0,11	0,7	0,81									

4-этаж																
№ прим.	Наименование пом.	Шифр огор.	Орієнт.	а, м	б, м	Fв, м²	F, м²	tз, °C	β1	β2	β3	n	K, Вт/(м²·К)	Qінф, Вт	Qогор, Вт	
401	Холл	ПОК		3,78	2,45		9,26	-22				1	0,175		75	
		ОК	Ю	1,8	2,7		4,86	-22				1	1,333	131	299	
		С_Н	Ю	2,79	3,3	4,86	4,35	-22				1	0,269		54	
		S, м²	тв, °C	ΣQінф, кВт	ΣQогор, кВт	Q, кВт										
		9,75	22	0,13	0,43	0,56										
№ прим.	Наименование пом.	Шифр огор.	Орієнт.	а, м	б, м	Fв, м²	F, м²	tз, °C	β1	β2	β3	n	K, Вт/(м²·К)	Qінф, Вт	Qогор, Вт	
402	Лаундж зона	ПОК					178,59	-22				1	0,175		1444	
		ОК	З	1,07	2,4		2,57	-22				1	1,333	69	158	
		ОК	З	1,07	2,4		2,57	-22				1	1,333	69	158	
		С_Н	З	4,76	3,3	5,14	10,57	-22				1	0,269		131	
		S, м²	тв, °C	ΣQінф, кВт	ΣQогор, кВт	Q, кВт										
21,44	22	0,14	1,89	2,03												
№ прим.	Наименование пом.	Шифр огор.	Орієнт.	а, м	б, м	Fв, м²	F, м²	tз, °C	β1	β2	β3	n	K, Вт/(м²·К)	Qінф, Вт	Qогор, Вт	
403	Коридор	ОК	С	0,8	2,4		1,92	-22				1	1,333	52	118	
		С_Н	С	1,88	3,3	1,92	4,28	-22				1	0,269		53	
		S, м²	тв, °C	ΣQінф, кВт	ΣQогор, кВт	Q, кВт										
		131,98	22	0,05	0,17	0,22										
№ прим.	Наименование пом.	Шифр огор.	Орієнт.	а, м	б, м	Fв, м²	F, м²	tз, °C	β1	β2	β3	n	K, Вт/(м²·К)	Qінф, Вт	Qогор, Вт	
404	Лаундж зона	ОК	З	1,07	2,4		2,57	-22				1	1,333	69	158	
		ОК	З	1,07	2,4		2,57	-22				1	1,333	69	158	
		С_Н	З	4,37	3,3	5,14	9,28	-22				1	0,269		115	
		S, м²	тв, °C	ΣQінф, кВт	ΣQогор, кВт	Q, кВт										
		24,73	22	0,14	0,43	0,57										
№ прим.	Наименование пом.	Шифр огор.	Орієнт.	а, м	б, м	Fв, м²	F, м²	tз, °C	β1	β2	β3	n	K, Вт/(м²·К)	Qінф, Вт	Qогор, Вт	
407	Санвузол Ч	ПОК		3,43	4,05		13,89	-22				1	0,175		117	
		ОК	З	1	1,2		1,2	-22				1	1,333	34	77	
		С_Н	З	3,77	3,3	1,2	11,24	-22				1	0,269		146	
		S, м²	тв, °C	ΣQінф, кВт	ΣQогор, кВт	Q, кВт										
		13,8	24	0,03	0,34	0,37										
№ прим.	Наименование пом.	Шифр огор.	Орієнт.	а, м	б, м	Fв, м²	F, м²	tз, °C	β1	β2	β3	n	K, Вт/(м²·К)	Qінф, Вт	Qогор, Вт	
408	Санвузол Ж	П ЗОН 1		3,44	3,48		11,97	-22				1	0,272		157	
		С_Н	З	3,92	3,3		12,94	-22				1	0,269		168	
		S, м²	тв, °C	ΣQогор, кВт	Q, кВт											
		12,12	24	0,33	0,33											
№ прим.	Наименование пом.	Шифр огор.	Орієнт.	а, м	б, м	Fв, м²	F, м²	tз, °C	β1	β2	β3	n	K, Вт/(м²·К)	Qінф, Вт	Qогор, Вт	
410	Кабінет на 8 робітників	ПОК					42,62	-22				1	0,175		345	
		ОК	Ю	0,8	2,4		1,92	-22		0,1		1	1,333	52	130	
		ОК	Ю	0,8	2,4		1,92	-22		0,1		1	1,333	52	130	
		С_Н	Ю	4,77	3,3	5,76	9,98	-22		0,1		1	0,269		136	
		ОК	Ю	0,8	2,4		1,92	-22		0,1		1	1,333	52	130	
		ОК	В	0,8	2,4		1,92	-22		0,05		1	1,333	52	124	
		ОК	В	0,8	2,4		1,92	-22		0,05		1	1,333	52	124	
		ОК	В	0,6	2,4		1,44	-22		0,05		1	1,333	39	93	
		ОК	В	1,07	2,4		2,57	-22		0,05		1	1,333	69	166	
		ОК	В	1,07	2,4		2,57	-22		0,05		1	1,333	69	166	
		С_Н	В	7,78	3,3	10,42	15,25	-22		0,05		1	0,269		199	
		S, м²	тв, °C	ΣQінф, кВт	ΣQогор, кВт	Q, кВт										
		42,52	22	0,44	1,74	2,18										

№ прим.	Наименование пом.	Шифр огор.	Орієнт.	а, м	б, м	Fв, м ²	F, м ²	tз, °C	β1	β2	β3	n	K, Вт/(м ² ·К)	Qінф, Вт	Qогор, Вт	
411	Кабінет на 2 робітників	ПОК		3,9	3,6		14,04	-22				1	0,175		114	
		ОК	Ю	0,8	2,4		1,92	-22				1	1,333	52	118	
		С_Н	Ю	3,72	3,3	3,84	8,44	-22				1	0,269		105	
		ОК	Ю	0,8	2,4		1,92	-22				1	1,333	52	118	
		S, м ²	tв, °C	ΣQінф, кВт	ΣQогор, кВт	Q, кВт										
		13,87	22	0,1	0,46	0,56										
№ прим.	Наименование пом.	Шифр огор.	Орієнт.	а, м	б, м	Fв, м ²	F, м ²	tз, °C	β1	β2	β3	n	K, Вт/(м ² ·К)	Qінф, Вт	Qогор, Вт	
412	Кабінет директора	ПОК		5,9	7,32		43,19	-22				1	0,175		349	
		ОК	В	0,6	2,4		1,44	-22				1	1,333	39	89	
		ОК	В	1,07	2,4		2,57	-22				1	1,333	69	158	
		ОК	В	0,6	2,4		1,44	-22				1	1,333	39	89	
		ОК	В	1,07	2,4		2,57	-22				1	1,333	69	158	
		С_Н	В	6,01	3,3	8,02	11,81	-22				1	0,269		147	
		S, м ²	tв, °C	ΣQінф, кВт	ΣQогор, кВт	Q, кВт										
42,61	22	0,22	0,99	1,21												
№ прим.	Наименование пом.	Шифр огор.	Орієнт.	а, м	б, м	Fв, м ²	F, м ²	tз, °C	β1	β2	β3	n	K, Вт/(м ² ·К)	Qінф, Вт	Qогор, Вт	
413	Кабінет на 6 робітників	ПОК		5,8	7,32		42,46	-22				1	0,175		343	
		ОК	В	0,6	2,4		1,44	-22				1	1,333	39	89	
		ОК	В	1,07	2,4		2,57	-22				1	1,333	69	158	
		ОК	В	1,07	2,4		2,57	-22				1	1,333	69	158	
		ОК	В	1,07	2,4		2,57	-22				1	1,333	69	158	
		С_Н	В	5,98	3,3	9,15	10,58	-22				1	0,269		131	
		S, м ²	tв, °C	ΣQінф, кВт	ΣQогор, кВт	Q, кВт										
42,8	22	0,25	1,04	1,29												

№ прим.	Наименование пом.	Шифр огор.	Орієнт.	а, м	б, м	Fв, м ²	F, м ²	tз, °C	β1	β2	β3	n	K, Вт/(м ² ·К)	Qінф, Вт	Qогор, Вт	
414	Кабінет на 6 робітників	ПОК		5,86	7,28		42,66	-22				1	0,175		345	
		ОК	В	0,6	2,4		1,44	-22				1	1,333	39	89	
		ОК	В	1,07	2,4		2,57	-22				1	1,333	69	158	
		ОК	В	1,07	2,4		2,57	-22				1	1,333	69	158	
		ОК	В	1,07	2,4		2,57	-22				1	1,333	69	158	
		С_Н	В	6,01	3,3	9,15	10,68	-22				1	0,269		133	
		S, м ²	tв, °C	ΣQінф, кВт	ΣQогор, кВт	Q, кВт										
42,61	22	0,25	1,04	1,29												
№ прим.	Наименование пом.	Шифр огор.	Орієнт.	а, м	б, м	Fв, м ²	F, м ²	tз, °C	β1	β2	β3	n	K, Вт/(м ² ·К)	Qінф, Вт	Qогор, Вт	
415	Кабінет на 6 робітників	ПОК		5,95	7,32		43,55	-22				1	0,175		352	
		ОК	В	5,51	3		16,53	-22				1	1,333	447	1018	
		S, м ²	tв, °C	ΣQінф, кВт	ΣQогор, кВт	Q, кВт										
		42,79	22	0,45	1,37	1,82										

№ прим.	Наименование пом.	Шифр огор.	Орієнт.	а, м	б, м	Fв, м ²	F, м ²	tз, °C	β1	β2	β3	n	K, Вт/(м ² ·K)	Qінф, Вт	Qогор, Вт		
416	Кабінет на 14 робітників	ПОК		12	7,37		88,44	-22				1	0,175		715		
		ОК	В	1,07	2,4		2,57	-22		0,05		1	1,333	69	166		
		ОК	В	1,79	3		5,37	-22		0,05		1	1,333	145	347		
		С_Н	В	12,34	3,3	12,99	27,73	-22		0,05		1	0,269		362		
		ОК	В	1,07	2,4		2,57	-22		0,05		1	1,333	69	166		
		ОК	В	0,6	2,4		1,44	-22		0,05		1	1,333	39	93		
		ОК	В	1,07	2,4		2,57	-22		0,05		1	1,333	69	166		
		ОК	В	0,8	2,4		1,92	-22		0,05		1	1,333	52	124		
		ОК	В	0,8	2,4		1,92	-22		0,05		1	1,333	52	124		
		ОК	С	0,8	2,4		1,92	-22		0,05		1	1,333	52	124		
		С_Н	С	7,72	3,3	7,68	17,8	-22		0,05		1	0,269		232		
		ОК	С	0,8	2,4		1,92	-22		0,05		1	1,333	52	124		
		ОК	С	0,8	2,4		1,92	-22		0,05		1	1,333	52	124		
		ОК	С	0,8	2,4		1,92	-22		0,05		1	1,333	52	124		
		S, м ²	тв, °C	ΣQінф, кВт	ΣQогор, кВт	Q, кВт											
		86,29	22	0,7	2,99	3,69											
№ прим.	Наименование пом.	Шифр огор.	Орієнт.	а, м	б, м	Fв, м ²	F, м ²	tз, °C	β1	β2	β3	n	K, Вт/(м ² ·K)	Qінф, Вт	Qогор, Вт		
417	Кабінет на 12 робітників	ПОК		7,56	7,56		57,15	-22				1	0,175		462		
		С_Н	С	7,99	3,3	7,68	18,69	-22		0,05		1	0,269		244		
		ОК	С	0,8	2,4		1,92	-22		0,05		1	1,333	52	124		
		ОК	С	0,8	2,4		1,92	-22		0,05		1	1,333	52	124		
		ОК	С	0,8	2,4		1,92	-22		0,05		1	1,333	52	124		
		ОК	З	0,8	2,4		1,92	-22		0,1		1	1,333	52	130		
		ОК	З	0,8	2,4		1,92	-22		0,1		1	1,333	52	130		
		С_Н	З	7,91	3,3	8,98	17,12	-22		0,1		1	0,269		234		
		ОК	З	1,07	2,4		2,57	-22		0,1		1	1,333	69	174		
		ОК	З	1,07	2,4		2,57	-22		0,1		1	1,333	69	174		
				S, м ²	тв, °C	ΣQінф, кВт	ΣQогор, кВт	Q, кВт									
				56,28	22	0,45	2,04	2,49									
		№ прим.	Наименование пом.	Шифр огор.	Орієнт.	а, м	б, м	Fв, м ²	F, м ²	tз, °C	β1	β2	β3	n	K, Вт/(м ² ·K)	Qінф, Вт	Qогор, Вт
		418	Кабінет на 8 робітників	ПОК		5,36	7,53		40,36	-22				1	0,175		326
ОК	З			1,07	2,4		2,57	-22				1	1,333	69	158		
ОК	З			1,07	2,4		2,57	-22				1	1,333	69	158		
С_Н	З			5,5	3,3	5,14	13,01	-22				1	0,269		162		
				S, м ²	тв, °C	ΣQінф, кВт	ΣQогор, кВт	Q, кВт									
		40,48	22	0,14	0,8	0,94											
№ прим.	Наименование пом.	Шифр огор.	Орієнт.	а, м	б, м	Fв, м ²	F, м ²	tз, °C	β1	β2	β3	n	K, Вт/(м ² ·K)	Qінф, Вт	Qогор, Вт		
419	Кухня їдальня	ОК	З	1,07	2,4		2,57	-22				1	1,333	69	158		
		ОК	З	1,07	2,4		2,57	-22				1	1,333	69	158		
		С_Н	З	12,27	3,3	5,14	35,35	-22				1	0,269		439		
		ПОК					178,59	-22				1	0,175		1444		
				S, м ²	тв, °C	ΣQінф, кВт	ΣQогор, кВт	Q, кВт									
				64,7	22	0,14	2,2	2,34									

Гідравлічний розрахунок зведено в таблицю 1.8

Розрахунок циркуляційних кілець

Тип	Тип	Номер		L	dn	Q	G	w	R	Dzeta	dP
уча	тру	Стояк	Участ.	[м]	[мм]	[Вт]	[кг/с]	[м/с]	[Па/м]		[Па]
Стояк		Цирк. кольцо отоп. пр.: 19						в помещении : 706			706
dP _{цк} =		21668 Па		dP _{гр} =		-276 Па		dH = -1.02 м		L _{цк} = 199.1 м	
П	А		1	1,50	32	29240	0,279	0,286	49,4	0,0	74
П	А		1	30,50	32	29240	0,279	0,286	49,4	10,8	1947
П	А		2	0,15	32	29240	0,279	0,285	49,3	0,0	7
П	А		2	3,95	25	14914	0,142	0,259	60,3	2,4	319
П	А		3	2,80	25	13777	0,131	0,239	51,7	0,5	158
П	А		4	4,30	25	12640	0,120	0,219	43,7	0,5	199
П	А		4	0,75	25	12640	0,120	0,219	43,7	1,9	79
П	А		5	2,60	25	12213	0,116	0,212	40,8	0,5	117
П	А		5	0,50	25	12213	0,116	0,212	40,8	0,0	20
П	А		6	3,70	25	11887	0,113	0,206	38,7	1,0	164
П	А		6	0,50	25	11887	0,113	0,206	38,7	1,4	50
П	А		7	1,80	25	11147	0,106	0,193	34,2	0,5	70
П	А		8	2,80	25	10408	0,099	0,180	29,9	1,9	115
П	А		9	2,00	20	9668	0,092	0,270	90,9	1,0	217
П	А		10	3,00	20	8929	0,085	0,249	77,8	4,2	363
П	А		11	10,50	20	8189	0,078	0,228	65,7	1,4	726
П	А		11	0,50	20	8189	0,078	0,228	65,7	1,9	81
П	А		12	8,00	20	7292	0,069	0,203	52,4	4,2	505
П	А		12	0,70	20	7292	0,069	0,203	52,4	2,8	94
П	А		13	2,00	20	6212	0,059	0,173	38,4	0,5	84
П	А		13	0,50	20	6212	0,059	0,173	38,4	0,0	19
П	А		14	3,60	20	5469	0,052	0,152	30,0	2,3	135
П	А		14	0,50	20	5469	0,052	0,152	30,0	1,9	36
П	А		15	4,80	20	4827	0,046	0,134	23,6	3,2	143
П	А		16	7,20	20	4185	0,040	0,116	18,0	1,4	139
П	А		16	0,50	20	4185	0,040	0,116	18,0	1,9	21
П	А		17	6,50	20	3287	0,031	0,091	11,4	0,5	76
П	А		17	0,50	20	3287	0,031	0,091	11,4	2,8	17
П	А		18	18,00	20	2630	0,025	0,073	7,2	5,1	144
П	А		18	0,60	20	2630	0,025	0,072	5,5	1,9	8
П	А		19	6,00	15	1786	0,017	0,089	9,7	2,4	68
П	А		19	0,60	15	1786	0,017	0,089	8,7	4,2	22
П	А		19	0,85	15	1786	0,017	0,089	8,6	0,3	9
П	А		19	0,45	15	1786	0,017	0,089	8,5	2904,8	11579
				RA-DV настройка 4 dn 15 мм							
				авторитет 0.53 Kv = 0.183 м3/ч							
				Отоп. пр.: РО-500 n = 16 эл. l = 1.49м				13			
О	А		19	0,35	15	1786	0,017	0,089	7,6	15,8	65
О	А		19	0,55	15	1786	0,017	0,089	7,6	0,9	8
О	А		2	0,70	25	14914	0,142	0,254	60,7	1,3	83
О	А		20	4,00	25	14914	0,142	0,254	60,7	1,0	274
О	А		1	1,25	32	29240	0,279	0,279	49,5	0,0	62
О	А		1	4,00	32	29240	0,279	0,279	49,5	0,3	210
О	А		1	0,30	32	29240	0,279	0,279	49,5	0,5	34
О	А		1	53,30	32	29240	0,279	0,279	49,5	10,3	3040

О	А		1	1,45	32	29240	0,279	0,279	49,6	0,0	72												
Стойка																							
Цирк. кольцо отоп. пр.: 37 в помещении: 736																							
dPцк =			21686 Па			dPгр =			-257 Па			dH =			-1.02 м			Lцк =			186.9 м		
П	А		1	1,50	32	29240	0,279	0,286	49,4	0,0	74												
П	А		1	30,50	32	29240	0,279	0,286	49,4	10,8	1947												
П	А		2	0,15	32	29240	0,279	0,285	49,3	0,0	7												
П	А		2	3,95	25	14914	0,142	0,259	60,3	2,4	319												
П	А		37	0,50	15	1137	0,011	0,058	3,5	1,4	4												
П	А		37	0,45	15	1137	0,011	0,058	3,5	6914,7	11599												
RTR-N-П настройка 2.5 dn 15 мм																							
авторитет 0.53 Kv = 0.119 м3/ч																							
Отоп. пр.: PO-500 n = 7 эл. l = 0.65м																							
О	А		37	0,35	15	1137	0,011	0,057	3,2	15,8	27												
О	А		37	0,55	15	1137	0,011	0,057	3,2	0,3	2												
О	А		37	2,00	15	1137	0,011	0,057	3,2	1,5	9												
О	А		36	0,30	20	2274	0,022	0,063	3,9	0,0	1												
О	А		36	3,86	20	2274	0,022	0,063	3,9	4,2	23												
О	А		35	0,20	20	2701	0,026	0,074	7,2	0,0	1												
О	А		35	3,00	20	2701	0,026	0,074	7,2	0,5	23												
О	А		34	0,20	20	3027	0,029	0,083	9,9	0,0	2												
О	А		34	4,00	20	3027	0,029	0,083	9,9	4,2	54												
О	А		33	1,90	20	3767	0,036	0,104	14,9	0,5	31												
О	А		32	3,00	20	4506	0,043	0,124	20,9	3,2	88												
О	А		31	2,00	20	5246	0,050	0,144	28,0	0,5	61												
О	А		30	4,60	20	5985	0,057	0,165	36,0	4,2	222												
О	А		29	0,80	20	6725	0,064	0,185	45,1	0,0	36												
О	А		29	3,00	20	6725	0,064	0,185	45,1	3,2	191												
О	А		28	0,30	20	7623	0,073	0,210	57,4	0,0	17												
О	А		28	9,00	20	7623	0,073	0,210	57,4	7,0	670												
О	А		27	0,20	20	8703	0,083	0,239	74,2	0,0	15												
О	А		27	2,00	20	8703	0,083	0,239	74,2	0,5	162												
О	А		26	0,30	20	9446	0,090	0,260	87,0	0,0	26												
О	А		26	3,80	20	9446	0,090	0,260	87,0	5,2	505												
О	А		25	5,10	25	10088	0,096	0,172	28,4	1,9	173												
О	А		24	0,30	25	10730	0,102	0,183	32,0	0,0	10												
О	А		24	5,00	25	10730	0,102	0,183	32,0	1,9	192												
О	А		23	0,60	25	11627	0,111	0,198	37,4	0,0	22												
О	А		23	6,00	25	11627	0,111	0,198	37,4	1,9	262												
О	А		22	0,90	25	12284	0,117	0,209	41,6	0,5	48												
О	А		22	15,00	25	12284	0,117	0,209	41,6	3,8	708												
О	А		21	0,60	25	13128	0,125	0,223	47,4	0,0	28												
О	А		21	6,00	25	13128	0,125	0,223	47,4	2,4	344												
О	А		2	0,70	25	14914	0,142	0,254	60,7	1,3	83												
О	А		20	4,00	25	14914	0,142	0,254	60,7	1,0	274												
О	А		1	1,25	32	29240	0,279	0,279	49,5	0,0	62												
О	А		1	4,00	32	29240	0,279	0,279	49,5	0,3	210												
О	А		1	0,30	32	29240	0,279	0,279	49,5	0,5	34												
О	А		1	53,30	32	29240	0,279	0,279	49,5	10,3	3040												
О	А		1	1,45	32	29240	0,279	0,279	49,6	0,0	72												

Розрахунок опалювальних приладів, таблиця 1.9

Таблиця 1.9

Підсумки - Приміщення

Символ	$\theta_{int,H}$ °C	Φ_{HL} Вт	Φ_{HL} кВт	Φ_{HG} Вт	Φ_{HG} кВт	$\Phi_{r,H}$ Вт	$\Phi_{r,H}$ кВт	$\Phi_{H,def}$ Вт	$\Phi_{H,def}$ кВт	$\theta_{F,C,min}$ °C
PROFIL-11V-50		Розмір 1,000 м L = 1,00 м $\Phi_{r,H} = 918$ Вт Aut.H = 0,24								
20	18	1000	1,0	72	0,1	941	0,9	-14	-0,0	19,6
PROFIL-22V-50		Розмір 0,700 м L = 0,70 м $\Phi_{r,H} = 941$ Вт Aut.H = 0,94								
201	16	1700	1,7	395	0,4	1355	1,4	-50	-0,1	19,6
PROFIL-22V-50		Розмір 0,900 м L = 0,90 м $\Phi_{r,H} = 1355$ Вт Aut.H = 0,80								
202	20	1100	1,1	21	0,0	1129	1,1	-50	-0,0	19,6
PROFIL-22V-50		Розмір 0,900 м L = 0,90 м $\Phi_{r,H} = 1129$ Вт Aut.H = 1,03								
203	20	1100	1,1	120	0,1	1047	1,0	-67	-0,1	19,6
PROFIL-22V-50		Розмір 0,800 м L = 0,80 м $\Phi_{r,H} = 1047$ Вт Aut.H = 0,95								
204	20	1200	1,2	41	0,0	1165	1,2	-6	-0,0	19,6
PROFIL-22V-50		Розмір 0,900 м L = 0,90 м $\Phi_{r,H} = 1165$ Вт Aut.H = 0,97								
205	20	1100	1,1	25	0,0	1128	1,1	-53	-0,1	19,6
PROFIL-22V-50		Розмір 0,900 м L = 0,90 м $\Phi_{r,H} = 1128$ Вт Aut.H = 1,03								
206	20	2800	2,8	120	0,1	2734	2,7	-54	-0,1	19,6
PROFIL-11V-50		Розмір 0,900 м L = 0,90 м $\Phi_{r,H} = 675$ Вт Aut.H = 0,24								
PROFIL-11V-50		Розмір 0,900 м L = 0,90 м $\Phi_{r,H} = 682$ Вт Aut.H = 0,24								
PROFIL-11V-50		Розмір 0,900 м L = 0,90 м $\Phi_{r,H} = 687$ Вт Aut.H = 0,25								
PROFIL-11V-50		Розмір 0,900 м L = 0,90 м $\Phi_{r,H} = 690$ Вт Aut.H = 0,25								
207	20	1500	1,5	231	0,2	1334	1,3	-65	-0,1	19,6
PROFIL-22V-50		Розмір 1,000 м L = 1,00 м $\Phi_{r,H} = 1334$ Вт Aut.H = 0,89								
208	20	7000	7,0	449	0,4	7074	7,1	-523	-0,5	19,6
PROFIL-22V-50		Розмір 0,800 м L = 0,80 м $\Phi_{r,H} = 1019$ Вт Aut.H = 0,15								
PROFIL-22V-50		Розмір 0,800 м L = 0,80 м $\Phi_{r,H} = 1019$ Вт Aut.H = 0,15								
PROFIL-22V-50		Розмір 0,800 м L = 0,80 м $\Phi_{r,H} = 1002$ Вт Aut.H = 0,14								
PROFIL-22V-50		Розмір 0,800 м L = 0,80 м $\Phi_{r,H} = 1012$ Вт Aut.H = 0,14								
PROFIL-22V-50		Розмір 0,800 м L = 0,80 м $\Phi_{r,H} = 1015$ Вт Aut.H = 0,14								
PROFIL-22V-50		Розмір 0,800 м L = 0,80 м $\Phi_{r,H} = 999$ Вт Aut.H = 0,14								
PROFIL-22V-50		Розмір 0,800 м L = 0,80 м $\Phi_{r,H} = 1009$ Вт Aut.H = 0,14								
209	20	3800	3,8	273	0,3	3632	3,6	-104	-0,1	19,6
PROFIL-22V-50		Розмір 1,400 м L = 1,40 м $\Phi_{r,H} = 1821$ Вт Aut.H = 0,48								
PROFIL-22V-50		Розмір 1,400 м L = 1,40 м $\Phi_{r,H} = 1810$ Вт Aut.H = 0,48								
21	18	1300	1,3	44	0,0	1338	1,3	-83	-0,1	19,6
PROFIL-22V-50		Розмір 1,000 м L = 1,00 м $\Phi_{r,H} = 1338$ Вт Aut.H = 1,03								
210	20	3900	3,9	63	0,1	3975	4,0	-138	-0,1	19,6
PROFIL-33V-50		Розмір 1,100 м L = 1,10 м $\Phi_{r,H} = 1993$ Вт Aut.H = 0,51								
PROFIL-33V-50		Розмір 1,100 м L = 1,10 м $\Phi_{r,H} = 1982$ Вт Aut.H = 0,51								
211	16	1600	1,6	480	0,5	1214	1,2	-94	-0,1	19,6
PROFIL-22V-50		Розмір 0,800 м L = 0,80 м $\Phi_{r,H} = 1214$ Вт Aut.H = 0,76								
211*	16	800	0,8	24	0,0	810	0,8	-35	-0,0	19,6
PROFIL-11V-50		Розмір 1,000 м L = 1,00 м $\Phi_{r,H} = 810$ Вт Aut.H = 1,01								

СИМВОЛ	$\theta_{int,H}$	Φ_{HL}	Φ_{HL}	Φ_{HG}	Φ_{HG}	$\Phi_{r,H}$	$\Phi_{r,H}$	$\Phi_{H,def}$	$\Phi_{H,def}$	$\theta_{F,C,min}$
	°C	Вт	кВт	Вт	кВт	Вт	кВт	Вт	кВт	°C
211.	16	3600	3,6	140	0,1	3509	3,5	-48	-0,0	19,6
	☞ PROFIL-33V-30		Розмір 1,300 м L = 1,30 м $\Phi_{r,H} = 1763$ Вт Aut.H = 0,49							
	☞ PROFIL-33V-30		Розмір 1,300 м L = 1,30 м $\Phi_{r,H} = 1746$ Вт Aut.H = 0,49							
213	20	350	0,4	70	0,1	303	0,3	-23	-0,0	19,6
	☞ PROFIL-11V-50		Розмір 0,400 м L = 0,40 м $\Phi_{r,H} = 303$ Вт Aut.H = 0,87							
214	20	300	0,3	41	0,0	298	0,3	-39	-0,0	19,6
	☞ PROFIL-11V-50		Розмір 0,400 м L = 0,40 м $\Phi_{r,H} = 298$ Вт Aut.H = 0,99							
215	20	300	0,3	10	0,0	287	0,3	3	0,0	19,6
	☞ PROFIL-11V-50		Розмір 0,400 м L = 0,40 м $\Phi_{r,H} = 287$ Вт Aut.H = 0,96							
216	20	300	0,3	34	0,0	299	0,3	-33	-0,0	19,6
	☞ PROFIL-11V-50		Розмір 0,400 м L = 0,40 м $\Phi_{r,H} = 299$ Вт Aut.H = 1,00							
217	20	300	0,3	22	0,0	284	0,3	-6	-0,0	19,6
	☞ PROFIL-11V-50		Розмір 0,400 м L = 0,40 м $\Phi_{r,H} = 284$ Вт Aut.H = 0,95							
218	20	1300	1,3	90	0,1	1288	1,3	-78	-0,1	19,6
	☞ PROFIL-22V-50		Розмір 1,000 м L = 1,00 м $\Phi_{r,H} = 1288$ Вт Aut.H = 0,99							
219	20	1700	1,7	31	0,0	1665	1,7	4	0,0	19,6
	☞ PROFIL-22V-50		Розмір 1,300 м L = 1,30 м $\Phi_{r,H} = 1665$ Вт Aut.H = 0,98							
22	18	1800	1,8	184	0,2	1658	1,7	-42	-0,0	19,6
	☞ PROFIL-22V-50		Розмір 1,200 м L = 1,20 м $\Phi_{r,H} = 1658$ Вт Aut.H = 0,92							
221	18	800	0,8	39	0,0	792	0,8	-31	-0,0	19,6
	☞ PROFIL-11V-50		Розмір 1,000 м L = 1,00 м $\Phi_{r,H} = 792$ Вт Aut.H = 0,99							
222	18	500	0,5	14	0,0	475	0,5	10	0,0	19,6
	☞ PROFIL-11V-50		Розмір 0,600 м L = 0,60 м $\Phi_{r,H} = 475$ Вт Aut.H = 0,95							
223	20	1100	1,1	43	0,0	1045	1,0	12	0,0	19,6
	☞ PROFIL-22V-50		Розмір 0,800 м L = 0,80 м $\Phi_{r,H} = 1045$ Вт Aut.H = 0,95							
224	20	900	0,9	90	0,1	801	0,8	8	0,0	19,6
	☞ PROFIL-11V-50		Розмір 1,000 м L = 1,00 м $\Phi_{r,H} = 801$ Вт Aut.H = 0,89							
226	20	1400	1,4	69	0,1	1319	1,3	11	0,0	19,6
	☞ PROFIL-22V-50		Розмір 1,000 м L = 1,00 м $\Phi_{r,H} = 1319$ Вт Aut.H = 0,94							
228	20	1500	1,5	65	0,1	1405	1,4	29	0,0	19,6
	☞ PROFIL-11V-50		Розмір 0,900 м L = 0,90 м $\Phi_{r,H} = 701$ Вт Aut.H = 0,47							
	☞ PROFIL-11V-50		Розмір 0,900 м L = 0,90 м $\Phi_{r,H} = 704$ Вт Aut.H = 0,47							
23	18	900	0,9	79	0,1	826	0,8	-5	-0,0	19,6
	☞ PROFIL-22V-50		Розмір 0,600 м L = 0,60 м $\Phi_{r,H} = 826$ Вт Aut.H = 0,92							
230	20	1400	1,4	32	0,0	1392	1,4	-25	-0,0	19,6
	☞ PROFIL-22V-50		Розмір 1,100 м L = 1,10 м $\Phi_{r,H} = 1392$ Вт Aut.H = 0,99							
232	20	1400	1,4	30	0,0	1396	1,4	-26	-0,0	19,6
	☞ PROFIL-22V-50		Розмір 1,100 м L = 1,10 м $\Phi_{r,H} = 1396$ Вт Aut.H = 1,00							
234	20	1500	1,5	66	0,1	1409	1,4	25	0,0	19,6
	☞ PROFIL-11V-50		Розмір 0,900 м L = 0,90 м $\Phi_{r,H} = 706$ Вт Aut.H = 0,47							

Підсумки - Приміщення

Символ	$\theta_{int,H}$ °C	Φ_{HL} Вт	Φ_{HL} кВт	Φ_{HG} Вт	Φ_{HG} кВт	$\Phi_{r,H}$ Вт	$\Phi_{r,H}$ кВт	$\Phi_{H,def}$ Вт	$\Phi_{H,def}$ кВт	$\theta_{F,C,min}$ °C
PROFIL-11V-50										
236	20	2400	2,4	131	0,1	2298	2,3	-30	-0,0	19,6
PROFIL-22V-50										
PROFIL-22V-50										
238	25	1400	1,4	111	0,1	1274	1,3	16	0,0	19,6
PROFIL-22V-50										
24	18	600	0,6	24	0,0	619	0,6	-43	-0,0	19,6
PROFIL-11V-50										
240	18	600	0,6	37	0,0	563	0,6	1	0,0	19,6
PROFIL-11V-50										
241	20	1500	1,5	10	0,0	1507	1,5	-18	-0,0	19,6
PROFIL-22V-50										
242	20	1300	1,3	54	0,1	1278	1,3	-31	-0,0	19,6
PROFIL-22V-50										
243	18	1000	1,0	147	0,1	839	0,8	15	0,0	19,6
PROFIL-11V-50										
244	18	400	0,4	40	0,0	395	0,4	-35	-0,0	19,6
PROFIL-11V-50										
248	18	0	0,0	37	0,0			-37	-0,0	19,6
26	18	1600	1,6	17	0,0	1602	1,6	-19	-0,0	19,6
PROFIL-22V-50										
27	20	4000	4,0	341	0,3	3894	3,9	-235	-0,2	19,6
PROFIL-22V-50										
PROFIL-22V-50										
PROFIL-22V-50										
28	16	1100	1,1	106	0,1	1014	1,0	-20	-0,0	19,6
PROFIL-22V-50										
3	20	5200	5,2	182	0,2	5042	5,0	-25	-0,0	19,6
PROFIL-22V-50										
PROFIL-22V-50										
PROFIL-22V-50										
301	20	1800	1,8	402	0,4	1488	1,5	-90	-0,1	19,6
PROFIL-22V-50										
302	20	1150	1,2	22	0,0	1142	1,1	-14	-0,0	19,6
PROFIL-22V-50										
303	20	1150	1,2	122	0,1	1058	1,1	-30	-0,0	19,6
PROFIL-22V-50										
304	20	1350	1,4	42	0,0	1299	1,3	9	0,0	19,6
PROFIL-22V-50										
305	20	1150	1,2	25	0,0	1141	1,1	-17	-0,0	19,6

Далі налаштування клапанів таблиця 1.10

Підсумки - Налаштування

Сис	Тип	Тип	Приміщення	d _n	Каталожний номер	Налаштування	Δp _{st}	Авт.	Φ _{HL}	Φ _{HL}
	діл.	ар.							кПа	Вт
	●	□	202	15		1.5		0,60	1100	1,1
	●	□	201	15		2.5		0,64	1700	1,7
	●	□	203	15		1.5		0,60	1100	1,1
	●	□	204	15		1.5		0,72	1200	1,2
	●	□	206	15		1		0,54	700	0,7
	●	□	206	15		1		0,54	700	0,7
	●	□	206	15		1		0,54	700	0,7
	●	□	206	15		1		0,54	700	0,7
	●	□	208	15		1.5		0,43	1000	1,0
	●	□	208	15		1.5		0,43	1000	1,0
	●	□	208	15		1.5		0,43	1000	1,0
	●	□	208	15		1.5		0,43	1000	1,0
	●	□	208	15		1.5		0,43	1000	1,0
	●	□	210	15		3		0,48	1950	1,9
	●	□	209	15		3		0,46	1900	1,9
	●	□	209	15		3		0,46	1900	1,9
	●	□	208	15		1.5		0,43	1000	1,0
	●	□	208	15		1.5		0,43	1000	1,0
	●	□	210	15		3		0,48	1950	1,9
	---	●	201	15	1 4002 41	3.5	15,9		7700	7,7
	-	●	201	20	1 4017 02	2.0			7700	7,7
	---	●	201	15	1 4002 41	3.0	13,9		7000	7,0
	-	●	201	20	1 4017 02	1.8			7000	7,0
	---	●	201	15	1 4002 41	2.0	10,4		4300	4,3
	-	●	201	15	1 4017 01	2.0			4300	4,3
	-	●	201	20	1 4017 02	1.7			6200	6,2
	---	●	201	15	1 4002 41	2.5	12,0		6200	6,2
	●	□	205	15		1.5		0,60	1100	1,1
	●	□	207	15		2		0,86	1500	1,5
	●	□	214	15		1		0,55	300	0,3
	●	□	213	15		1		0,75	350	0,4
	●	□	216	15		1		0,55	300	0,3
	●	□	217	15		1		0,55	300	0,3
	●	□	215	15		1		0,55	300	0,3
	●	□	226	15		2		0,66	1400	1,4
	●	□	224	15		1		0,78	900	0,9
	●	□	219	15		2.5		0,63	1700	1,7
	●	□	218	15		2		0,55	1300	1,3
	●	□	221	15		1		0,60	800	0,8
	●	□	211	15		2		0,84	1600	1,6

Підсумки - Налаштування

Сис	Тип	Тип	Приміщення	d _n	Каталожний номер	Налаштування	Δp _{st}	Авт.	Φ _{HL}	Φ _{HL}
	діл.	ар.		мм			кПа		Вт	кВт
	○	□	222	15		3		0,64	500	0,5
	○	□	223	15		1.5		0,61	1100	1,1
	○	□	230	15		2		0,66	1400	1,4
	○	□	228	15		1		0,54	750	0,8
	○	□	228	15		1		0,54	750	0,8
	--	●	211	15	1 4002 41	1.5	9,1		1550	1,6
	-	●	211	15	1 4017 01	0.5			1550	1,6
	--	●	211	15	1 4002 41	2.5	11,9		6800	6,8
	-	●	211	20	1 4017 02	1.7			6800	6,8
	--	●	211	15	1 4002 41	2.5	12,2		5400	5,4
	-	●	211	15	1 4017 01	2.4			5400	5,4
	○	□	211*	15		1		0,59	800	0,8
	○	□	243	15		1.5		0,49	1000	1,0
	○	□	242	15		2		0,55	1300	1,3
	○	□	241	15		2		0,73	1500	1,5
	○	□	240	15		3		0,87	600	0,6
	○	□	236	15		1.5		0,62	1200	1,2
	○	□	238	15		2		0,56	1400	1,4
	○	□	234	15		1		0,46	750	0,8
	○	□	234	15		1		0,46	750	0,8
	○	□	236	15		1.5		0,62	1200	1,2
	--	●	211	15	1 4002 41	2.5	12,3		5000	5,0
	-	●	211	15	1 4017 01	2.4			5000	5,0
	--	●	211	15	1 4002 41	2.5	12,5		4200	4,2
	-	●	211	15	1 4017 01	2.0			4200	4,2
	--	●	211	15	1 4002 41	3.0	13,9		6700	6,7
	-	●	211	20	1 4017 02	1.8			6700	6,7
	○	□	244	15		1		0,72	400	0,4
	○	□	211.	15		2.5		0,69	1800	1,8
	○	□	211.	15		3		0,52	1800	1,8
	○	□	232	15		2		0,56	1400	1,4
	○	□	302	15		1.5		0,66	1150	1,2
	○	□	301	15		3		0,55	1800	1,8
	○	□	303	15		1.5		0,66	1150	1,2
	○	□	304	15		2		0,61	1350	1,4
	○	□	306	15		1.5		0,48	1000	1,0
	○	□	306	15		1.5		0,48	1000	1,0
	○	□	306	15		1.5		0,48	1000	1,0
	○	□	306	15		1.5		0,49	1000	1,0
	○	□	307	15		1.5		0,49	1143	1,1

Підсумки - Налаштування

Сис	Тип	Тип	Приміщення	d _n	Каталожний номер	Налаштування	Δp _{st}	Авт.	Φ _{HL}	Φ _{HL}
	діл.	ар.		мм			кПа		Вт	кВт
	○		307	15		1.5		0,49	1143	1,1
	○		307	15		1.5		0,49	1143	1,1
	○		307	15		1.5		0,49	1143	1,1
	○		307	15		1.5		0,49	1143	1,1
	○		310	15		1.5		0,69	1200	1,2
	○		309	15		1.5		0,69	1200	1,2
	○		308	15		1.5		0,58	1100	1,1
	○		307	15		1.5		0,49	1143	1,1
	○		307	15		1.5		0,49	1143	1,1
	○		311	15		1.5		0,69	1200	1,2
	○		305	15		1.5		0,66	1150	1,2
	○		306	15		1.5		0,49	1000	1,0
	--		301	15	1 4002 41	2.5	12,4		4700	4,7
	-		301	15	1 4017 01	2.3			4700	4,7
	--		301	15	1 4002 41	3.5	15,8		8000	8,0
	-		301	20	1 4017 02	2.1			8000	8,0
	--		301	15	1 4002 41	2.5	12,3		5000	5,0
	-		301	15	1 4017 01	2.4			5000	5,0
	-		301	20	1 4017 02	1.7			6600	6,6
	--		301	15	1 4002 41	2.5	11,9		6600	6,6
	○		315	15		1		0,55	300	0,3
	○		314	15		1		0,75	350	0,4
	○		317	15		1		0,55	300	0,3
	○		318	15		1		0,55	300	0,3
	○		316	15		1		0,55	300	0,3
	○		326	15		1		0,78	900	0,9
	○		321	15		2.5		0,63	1700	1,7
	○		319	15		2		0,55	1300	1,3
	○		323	15		1		0,60	800	0,8
	○		312	15		2.5		0,63	1700	1,7
	○		324	15		3		0,64	500	0,5
	○		325	15		1.5		0,61	1100	1,1
	○		328	15		2		0,66	1400	1,4
	○		332	15		2		0,66	1400	1,4
	○		330	15		1		0,54	750	0,8
	○		330	15		1		0,54	750	0,8
	--		312	15	1 4002 41	1.5	9,1		1550	1,6
	-		312	15	1 4017 01	0.5			1550	1,6
	--		312	15	1 4002 41	2.5	11,9		6800	6,8
	-		312	20	1 4017 02	1.7			6800	6,8

Розрахунок теплонадходжень Таблиці 1.11

Джерела теплонадходження	Теплонадходження в періоди року, Вт			
	Теплий		Холодний	
	Явні	Повні	Явні	Повні
Сонячна радіація	(див. заг. ТН)	(див. заг. ТН)	-	-
Штучне освітлення обладнання	560,5	560,5	560,5	560,5
Люди	4960	4960	4960	4960
Всього	1705	4340	2263	4340
	7225,538	9860,538	7783,538	9860,538

Таблиця 1.11

Теплонадходження через світлопрозорі огорожувальні конструкції таблиці 1.12

Таблиця 1.12

	8-9 год	9-10 год	10-11 год	11-12 год	12-13 год	13-14 год	14-15 год	15-16 год	16-17 год	17-18 год	18-19 год
In	497	372	193	37	37	193	372	497	542	472	327
Ip	121	100	81	72	72	81	100	121	129	114	65
k1	0,465	0,833	0,22	0,2	0,2	0,22	0,833	0,465	0,97	0,9	0,91
k2	0,77	0,77	0,77	0,77	0,77	0,77	0,77	0,77	0,77	0,77	0,77
k3	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6
k4	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
Av	4,76	4,76	4,76	4,76	4,76	4,76	4,76	4,76	4,76	4,76	4,76
ap	0,29	0,29	0,29	0,29	0,29	0,29	0,29	0,29	0,29	0,29	0,29
Qoci	463,0647	552,4589	149,6972	89,73552	89,73552	149,6972	552,4589	463,0647	892,6	731,9642	496,4014
QΔt	14,99012	-5,26114	-27,2	-49,1389	-69,3901	-87,11	-100,611	-109,049	-111,58	-109,049	-40,6589
At.розр	24,81772	24,81772	24,81772	24,81772	24,81772	24,81772	24,81772	24,81772	24,81772	24,81772	4,55
Qi	149,2789	154,9519	16,2122	-23,1156	-43,3668	-43,6978	59,60229	25,23994	147,2738	103,2208	103,2975
тега1	0,5	0,26	0	-0,26	-0,5	-0,71	-0,87	-0,97	-1	-0,97	-0,87

Теплонадходження через масивні огорожувальні конструкції Таблиця 1.13

Таблиця 1.13

	8-9 год	9-10 год	10-11 год	11-12 год	12-13 год	13-14 год	14-15 год	15-16 год	16-17 год	17-18 год	18-19 год
R	4,95	4,95	4,95	4,95	4,95	4,95	4,95	4,95	4,95	4,95	4,95
таовн	29	29	29	29	29	29	29	29	29	29	29
твнугр	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26
авн	8,7	8,7	8,7	8,7	8,7	8,7	8,7	8,7	8,7	8,7	8,7
лсер	184	184	184	184	184	184	184	184	184	184	184
β	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6
χ	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7
θ1	0,5	0,26	0	-0,26	-0,5	-0,71	-0,87	-0,97	-1	-0,97	-0,87
θ2	-0,26	-0,5	-0,71	-0,87	-0,97	-1	-0,97	-0,87	-0,71	-0,5	-0,26
αзд	24,1	24,1	24,1	24,1	24,1	24,1	24,1	24,1	24,1	24,1	24,1
V	869,734	869,734	869,734	869,734	869,734	869,734	869,734	869,734	869,734	869,734	869,734
Aj	538	538	538	538	538	538	538	538	538	538	538
At.розр.	20,5	17,32	12,67	8,44	5,77	5,63	5,58	5,6	5,4	5,12	4,55
Δm	44,7	44,7	44,7	44,7	44,7	44,7	44,7	44,7	44,7	44,7	44,7
Qm	75,56	73,78	72,30	71,33	70,82	70,55	70,56	70,90	71,57	72,51	73,65

1.3 Розрахунок системи вентиляції

Параметри повітря у вентиляційній системі показано в таблиці 1.13

Період	Точка	Опис	t, °C	I, кДж/кг	d, г/кг	φ %
Теплий	ext	зовнішнє повітря	25,0	57,2	13,6	67,0
	wz	робоча зона	26,0	58,9	13,7	64,0
	l	видаляємо повітря	31,5	67,6	14,6	48,0
Холодний	ext	зовнішнє повітря	-18,0	-16,1	0,8	82,0
	C	суміш	7,2	13,6	2,6	39,0
	in	припливне повітря	16,5	22,5	2,6	29,0
	wz	робоча зона	20,0	27,8	3,2	28,0
	l	видаляємо повітря	22,0	30,1	3,5	27,0

Таблиця 1.13

Повітрообмін у розрахунковому приміщенні Таблиця 1.14

Повітрообмін	G кг/год	L м ³ /год
Теплий період		
За санітарними нормами	1049	874
За розбавленням CO ₂ до ГДК	1143	953
За асиміляцією теплонадлишків	3298	2749
За асиміляцією вологонадлишків	3472	2893
Загальний повітрообмін	0	
Холодний період		
Витрата зовнішнього повітря	12670	10800
Витрата рециркуляційного повітря	1480	1260

Таблиця 1.14

Аеродинамічний розрахунок зведено в таблиці і наведено нижче таблиця 1.14

Номер ділянки		Витрата повітря на ділянці $L_{дiл}, \text{м}^3/\text{год}$	Довжина ділянки $l_{дiл}, \text{м}$	Розрахункова швидкість в перерізі $U_p, \text{м/с}$	Розрахункова площа поперечного перерізу повітропроводу $f_p, \text{м}^2$	Розміри поперечного перерізу повітропроводу $V \times H$ для прямокутного повітропроводу або d для круглого, мм	Еквівалентний діаметр $d_e, \text{мм}$	Дійсна площа поперечного перерізу повітропроводу $f_a, \text{м}^2$	Дійсна швидкість в перерізі $u_a, \text{м/с}$	Число Рейнольдса $Re=(v \cdot d_e)/\nu$	Коефіцієнт гідравлічного тертя $\lambda=0,11 \cdot ((k_e/d_e) + (68/Re))^{0,25}$	Коефіцієнт шорсткості $\beta_{ш}$	Коефіцієнт K_1	Динамічний тиск на ділянці P_a	Втрати тиску на тертя $P_m = (\lambda/d_e) \cdot l \cdot \beta_{ш} \cdot k_1 \cdot P_a$	Сума коефіцієнтів місцевих опорів на ділянці $\Sigma \xi_{дiл}$	Коефіцієнт K_2	Втрати тиску на подолання місцевих опорів $\Delta P_z = \Sigma \xi_{дiл} \cdot P_a \cdot K_2$	Загальні втрати тиску на ділянці, $\Delta P_{дiл} = P_{тер} + P_z, \text{Па}$	Сумарні втрати тиску на ділянці від початку мережі, Па	Нев'язка	Необхідний коефіцієнт місцевого опору дротельклатана $\xi_{дк}$
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	
1	2	730	4,0	4	0,051	250	250	0,049	4,13	68786	0,052	1	1	10,23	8,47	2,18	1	22,31	30,78	30,78		
2	3	1460	4,0	5	0,081	315	315	0,078	5,21	1E+05	0,049	1	1	16,26	10,08	0,36	1	5,85	15,93	46,71		
3	4	2920	4,0	5	0,162	450	450	0,159	5,10	2E+05	0,045	1	1	15,61	6,20	0,22	1	3,44	9,63	56,34		
4	5	4380	4,0	6	0,203	500	500	0,196	6,20	2E+05	0,043	1	1	23,05	8,01	0,21	1	4,84	12,85	69,19		
5	6	5840	4,0	6	0,27	560	560	0,246	6,59	2E+05	0,042	1	1	26,05	7,86	0,2	1	5,21	13,07	82,26		
6	7	7300	4,0	7	0,29	630	630	0,312	6,51	3E+05	0,041	1	1	25,41	6,61	0,14	1	3,56	10,17	92,43		
7	8	8760	16,1	8	0,304	630	630	0,312	7,81	3E+05	0,041	1	1	36,59	38,32	0,7	1	25,61	63,93	156,36		

Таблиця 1.14

1	2	410	2,0	4	0,028	200	200	0,031	3,63	48328	0,055	1	1	7,89	4,32	1,1	1	8,68	13,00	13,00		
2	3	820	2,0	4	0,057	280	280	0,062	3,70	69090	0,05	1	1	8,23	2,96	0,37	1	3,05	6,00	19,01		
3	4	1230	6,5	5	0,068	280	280	0,062	5,56	1E+05	0,05	1	1	18,52	21,60	0,97	1	17,96	39,56	58,57		
4	5	2460	2,0	5	0,137	400	400	0,126	5,44	1E+05	0,046	1	1	17,76	4,08	0,26	1	4,62	8,70	67,27		
5	6	3690	2,0	6	0,171	450	450	0,159	6,45	2E+05	0,045	1	1	24,93	4,94	0,21	1	5,24	10,18	77,45		
6	7	4920	2,0	6	0,228	560	560	0,246	5,55	2E+05	0,042	1	1	18,49	2,79	0,25	1	4,62	7,41	84,86		
7	8	6150	2,0	7	0,244	560	560	0,246	6,94	3E+05	0,042	1	1	28,89	4,36	0,13	1	3,76	8,11	92,97		
8	9	7380	2,0	7	0,293	630	630	0,312	6,58	3E+05	0,041	1	1	25,97	3,38	0,14	1	3,64	7,02	99,99		
9	10	8610	2,0	8	0,299	630	630	0,312	7,68	3E+05	0,041	1	1	35,35	4,60	0,15	1	5,30	9,90	109,89		

1	2	410	2,0	4	0,028	200	200	0,031	3,63	48328	0,055	1	1	7,89	4,32	1,1	1	8,68	13,00	13,00		
2	3	820	2,0	4	0,057	280	280	0,062	3,70	69090	0,05	1	1	8,23	2,96	0,37	1	3,05	6,00	19,01		
3	4	1230	2,0	4	0,085	355	355	0,099	3,45	8E+04	0,047	1	1	7,16	1,91	0,97	1	6,95	8,86	27,87		
3	4	1640	6,5	5	0,091	355	355	0,099	4,61	1E+05	0,047	1	1	12,73	11,04	0,97	2	24,70	35,74	63,61		
4	5	2460	2,0	5	0,137	400	400	0,126	5,44	1E+05	0,046	1	1	17,76	4,08	0,26	1	4,62	8,70	36,57		
5	6	3280	2,0	5	0,182	450	450	0,159	5,73	2E+05	0,045	1	1	19,70	3,91	0,21	1	4,14	8,04	44,61		
6	7	4100	2,0	5	0,228	560	560	0,246	4,63	2E+05	0,042	1	1	12,84	1,94	0,25	1	3,21	5,15	49,76		
7	8	4920	2,0	6	0,228	560	560	0,246	5,56	2E+05	0,042	1	1	18,52	2,79	0,13	1	2,41	5,20	54,96		
8	9	5740	2,0	6	0,266	560	560	0,246	6,48	2E+05	0,042	1	1	25,16	3,79	0,14	1	3,52	7,32	62,28		
9	10	6560	2,0	6	0,304	630	630	0,312	5,85	2E+05	0,041	1	1	20,52	2,67	0,15	1	3,08	5,75	68,03		
10	11	7380	2,0	7	0,293	630	630	0,312	6,58	3E+05	0,041	1	1	25,97	3,38	0,15	1	3,90	7,28	75,30		
11	12	8200	2,0	7	0,325	630	630	0,312	7,31	3E+05	0,041	1	1	32,06	4,17	0,22	1	7,05	11,22	86,53		
12	13	9020	19,7	8	0,3132	630	630	0,312	8,04	3E+05	0,041	1	1	38,8	50	0,7	1	27,2	76,86	163,39		

1.4 Характеристика вентиляційного обладнання

Була обрана централізована вентиляційна установка з рекуперацією тепла для великих об'ємів повітря (Systemair SAVE VSR 150/BR).

Вентиляційна установка для житлових приміщень з рекуперацією тепла та роторним теплообмінником підходить для контрольованої вентиляції, монтажу на стіну. Настінний монтаж можливий за допомогою додаткових аксесуарів. Готовий до підключення за допомогою кабелю та штекера Schuko. Укомплектований двома енергозберігаючими ЕС-двигунами найновішої конструкції та назад загнутими крильчатками (Radical). Оснащений чотирма бічними підключеннями для вентиляційних каналів DN 125 та двома додатковими підключеннями DN 125 для витяжки. Зовнішні компоненти можна підключити через зовнішню з'єднувальну коробку.

Корпус виготовлений з двостінного оцинкованого листового сталюого листа, спереду пофарбований у білий колір (RAL 9010), ізольований з усіх боків мінеральною ватою товщиною 20 мм для тепло- та звукоізоляції. Повноповерхневі оглядові панелі з додатковою високогнучкою ізоляцією з еластомерної піни із закритими порами. Коефіцієнт рекуперації тепла до 80%. Автоматичне перемикання з нормального режиму роботи з рекуперацією тепла на літній режим без рекуперації тепла. Автоматичне відновлення охолоджувальної потужності влітку. Захист від замерзання та відведення конденсату не потрібні за нормальних умов у приміщенні.

Вентиляційний блок оснащений вбудованим електричним нагрівальним змієвиком потужністю 0,5 кВт. Захист від перегріву та обмежувач температури входять до комплекту. Дві високопродуктивні пластикові робочі колеса із загнутими назад лопатками. Робочі колеса збалансовані відповідно до DIN ISO 21940-11, клас балансування G 6.3, динамічно збалансовані у двох площинах. Енергозберігаючий, високоефективний зовнішній роторний двигун ЕС, встановлений без вібрацій. Охолодження досягається шляхом розташування двигуна в потоці повітря. Захист двигуна забезпечується вбудованою електронікою двигуна; додатковий захисний вимикач двигуна не потрібен. Штекерні з'єднання на всіх електричних компонентах спрощують обслуговування.

Стандартно встановлені два компактні фільтри: один для зовнішнього повітря (60%) та один для відпрацьованого повітря (50%). Моніторинг фільтрів здійснюється на основі терміну служби фільтра, який можна налаштувати від 3 до 15 місяців.

Ефективна та економічна робота з підтримкою оптимальної якості повітря в приміщенні забезпечується завдяки управлінню на основі потреб. Тижнева програма, режим ЕСО та комбінований датчик температури та вологості у витяжному повітрі вже інтегровані у вентиляційний блок житлового приміщення. Зовнішні компоненти підключаються через зовнішню з'єднувальну коробку.

ЕКО-режим

- 2-ступінчасте оптимізоване керування системою рекуперації тепла та змійовиком додаткового нагріву

Регулювання на основі потреб

- Вбудований датчик вологості у витяжному повітрі для керування швидкістю вентилятора та для керування вологообмінником роторного рекуператора (два окремих заданих значення)
- Безкоштовне нічне охолодження
- Можливість підключення цифрових або аналогових датчиків CO₂ та вологості
- Тижнева програма зі зміщенням температури
- 5 + 2 користувацьких функцій з часом перевищення робочого часу та частковим зміщенням температури (Відсутність, Вечірка, Камін, Відпустка, Шокова вентиляція + Центральний пилосос та витяжка)
- Компенсація об'єму повітря залежно від зовнішньої температури

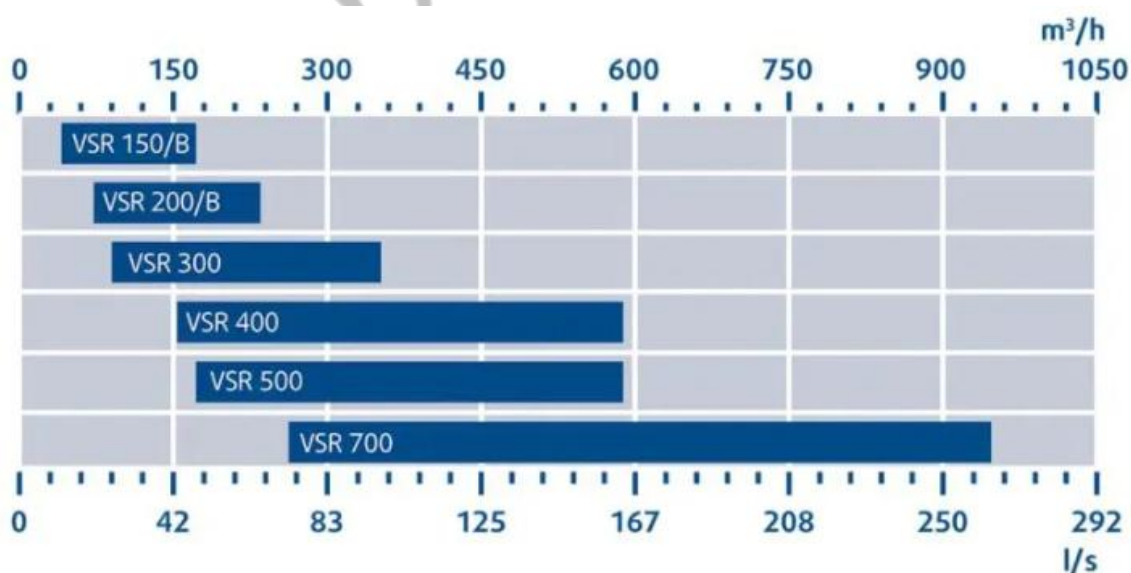


Рис. 1

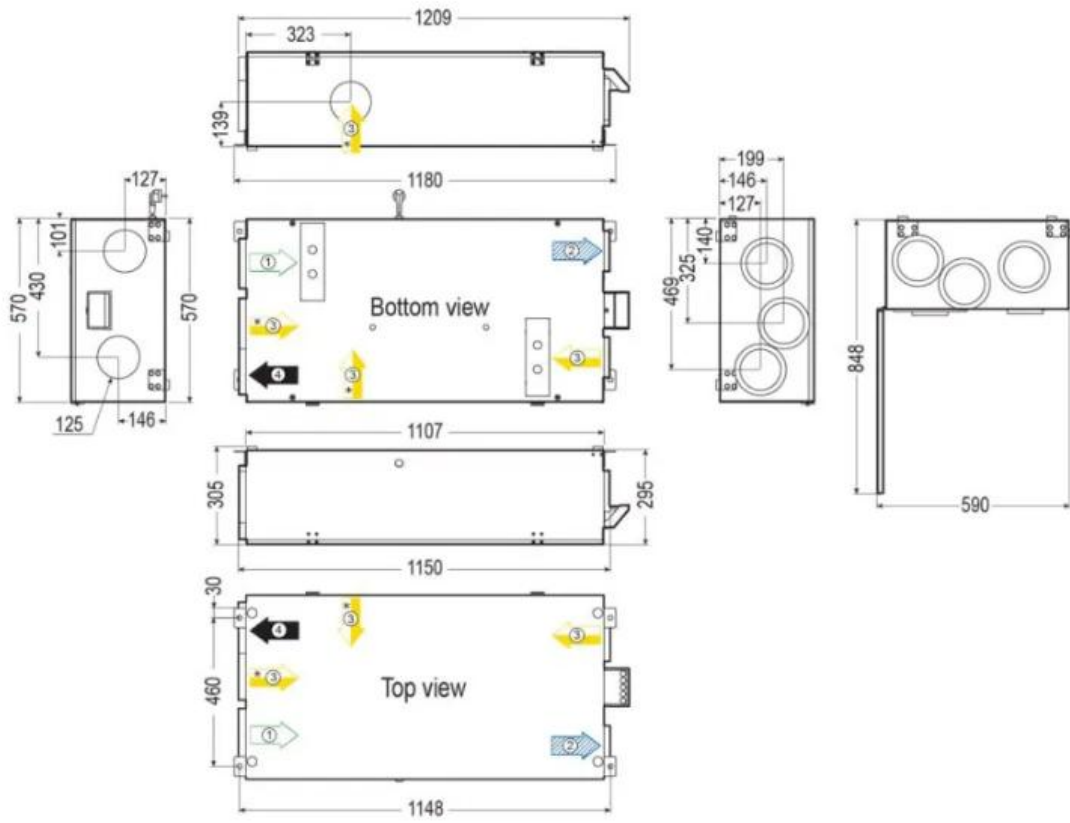


Рис. 2



Рис. 3

РОЗДІЛ 2. ЗАХОДИ З ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ

Для зменшення енергетичних потреб у цьому секторі проєктувальники будівель можуть застосовувати низку рішень, зокрема зниження теплових втрат через огорожувальні конструкції, підвищення енергоефективності систем опалення, вентиляції та кондиціонування повітря (HVAC), а також використання відновлюваних джерел енергії. В останні роки дедалі більшого визнання набуває роль систем автоматизації та керування будівлями (Building Automation and Control Systems, BACS) як ефективного інструменту скорочення енергоспоживання будівель. У зв'язку з цим до переглянутої у 2018 році Директиви ЄС про енергетичну ефективність будівель (EPBD) було включено низку нових положень, спрямованих на впровадження таких систем.

У межах дослідження було визначено заходи з підвищення енергоефективності будівель та оцінено їхній вплив, а також виявлено перешкоди технічного характеру, що ускладнюють досягнення вищих показників енергетичної ефективності. Усунення цих проблем є одним із ключових завдань подальшої реалізації вимог EPBD в офісних будівлях України.

Отримані результати можуть бути використані для удосконалення національної стратегії підвищення енергоефективності будівель, а також на рівні Європейського Союзу під час подальшого перегляду положень EPBD

Доцільним є удосконалення подання результатів сертифікації в реєстрі, зокрема шляхом публікації більш детальної інформації щодо конструктивних рішень будівель та енергетичних систем. Також необхідно вдосконалити програму сертифікації енергетичної ефективності будівель, розширивши перелік розрахункових і звітних даних, що передаються до реєстру сертифікатів, особливо щодо типів використовуваного палива та обсягів викидів CO₂.

Крім того, доцільним є вдосконалення всієї системи сертифікації будівель шляхом інтеграції енергетичних характеристик будівель з їх геопросторовими даними, що дозволить оцінювати досягнення у сфері енергоефективності в розрізі регіонів, які на сьогодні суттєво відрізняються між собою. Проведення такого типу аналізу визначається як перспективний напрям подальших наукових досліджень.

Слід зазначити, що використання методу зваженого середнього для розрахунку показників енергоефективності дозволило сформулювати узагальнену картину досягнень у підвищенні енергоефективності офісних будівель. Водночас для демонстрації найкращих прикладів енергоефективних офісних будівель або для ідентифікації будівель із найгіршими показниками, що потребують термінової реновації, необхідним є вибірковий збір даних та застосування спеціалізованих алгоритмів їх обробки.

На основі проведеного аналізу можна зробити висновок, що в межах дослідження було застосовано комплексний підхід до енергомодернізації будівлі, який поєднує традиційні та інноваційні заходи підвищення енергоефективності з урахуванням довгострокових кліматичних змін.

До традиційних заходів енергомодернізації, що були використані, належать рішення, спрямовані на підвищення теплозахисних характеристик огорожувальних конструкцій. Зокрема, розглянуто утеплення фасадів, покрівель і підлог, а також заміну застарілих віконних конструкцій на енергоефективні. Ці заходи довели свою стабільну ефективність у зменшенні потреби в тепловій енергії на опалення в усіх кліматичних сценаріях і залишаються базовим елементом енергомодернізації будівель.

Поряд із традиційними рішеннями у дослідженні були застосовані інноваційні та біокліматичні технології, орієнтовані на адаптацію будівель до зростання температур та зменшення ризику перегріву в літній період. До них належать прозорі фасади з подвійною оболонкою, непрозорі вентилязовані фасади, зелені дахи, а також використання адаптивних елементів, таких як електрохромне скління та рухома теплоізоляція. Дані заходи дозволяють регулювати теплові потоки, зменшувати надходження сонячної радіації та покращувати мікроклімат як усередині будівлі, так і в міському середовищі.

Окрему групу становлять заходи модернізації інженерних систем будівлі, що спрямовані на підвищення ефективності використання енергії. У дослідженні розглянуто впровадження автоматизованих систем керування, індивідуальних теплових пунктів, систем вентиляції з рекуперацією тепла, а також модернізацію систем освітлення. Застосування таких рішень забезпечує додаткове скорочення енергоспоживання та підвищує адаптивність будівлі до змінних умов експлуатації.

Узагальнюючи, можна зазначити, що використані заходи енергомодернізації охоплюють тепловий захист будівлі, контроль над літнім перегрівом та модернізацію інженерних систем. Саме поєднання цих напрямів дозволяє досягти не лише короткострокового скорочення енергоспоживання, а й довгострокової стійкості та ефективності будівлі в умовах кліматичної еволюції, що є ключовою метою сучасної енергоефективної модернізації.

Сафронінова Я.Р.

РОЗДІЛ 3 ЕНЕРГОЕФЕКТИВНІСТЬ ЯК НЕОБХІДНИЙ ПРОЦЕС ДЛЯ РОЗВИТКУ БУДІВНИЦТВА.

3.1 Поняття енергоефективності, енергомодернізації та термічної стійкості будівель

Будівельний сектор стикається з серйозними викликами в плані енергоспоживання та впливу на довкілля, особливо з огляду на кліматичні зміни, які відбуваються на планеті. Щодо нових будівель, існують суворі вимоги, які необхідно виконати, щоб будівлі мали дуже низький вплив з точки зору енергії і, як наслідок, викидів CO₂. З цієї причини основна увага зосереджена на забудованому середовищі, якому часто бракує належної енергоефективності, екологічної стійкості та теплового комфорту, що призводить до значного впливу – близько 40 % загального споживання енергії, в першу чергу для задоволення потреб в опаленні та охолодженні, і близько 36 % прямих і непрямих викидів парникових газів. Окрім того, що вони не є ефективними, головним чином через те, що будівлі були зведені до введення будь-яких нормативних актів та директив щодо енергоефективності, вони, як правило, були побудовані з використанням матеріалів, які сьогодні не є екологічними, та технологій, які сьогодні є застарілими і потребують модернізації. Більше того, сучасні будівлі не є стійкими до кліматичних змін і не здатні протистояти все частішим екстремальним подіям. Адаптація інфраструктури до останніх екологічних та нормативних вимог вимагає значних інвестицій і складного планування, оскільки ефективність заходів залежить від особливостей кожної будівлі. З цієї причини необхідні кілька економічних стратегій, які в останні роки просуваються країнами Європейського Союзу. Однак після періоду «інтенсивних» дій, після пандемії COVID-19, було зафіксовано зниження обсягів інвестицій в енергоефективність.

Неефективність існуючих будівель є серйозною проблемою, оскільки вони будуть використовуватися і в 2050 році, а Європейський Союз поставив амбітну мету досягти кліматичної нейтральності до цієї дати (наприклад, до 2050 року). Тому необхідні належні та масштабні заходи з енергетичної модернізації, крім впровадження стимулюючих політик урядами окремих держав-членів, спрямованих на стимулювання прийняття заходів з модернізації.

Будівельний сектор у більшості країн світу характеризується надзвичайно високою часткою енергоспоживання. За сучасними статистичними даними,

наведеними в аналітичних звітах, будівлі споживають до 40% кінцевої енергії, а в окремих країнах — понад 50%. Це означає, що будівлі відіграють вирішальну роль у формуванні попиту на енергоресурси, створенні викидів CO₂ та впливі на кліматичні процеси.

На прикладі України будівельний сектор споживає 42% фінальної енергії, тоді як громадські та комерційні будівлі — близько 9%. Це свідчить про те, що будівлі — ключовий об'єкт для зменшення енергоспоживання та виконання кліматичних зобов'язань держави.

Особливої уваги потребує житловий фонд радянського періоду, що охоплює мільйони квартир та будинків. Відомо, що з технічної точки зору він є морально застарілим: більшість будівель характеризуються низьким рівнем теплоізоляції, відсутністю герметичності, значними тепловтратами та неефективними інженерними системами. Загальна теплова стійкість таких будівель є недостатньою, а коефіцієнти теплопередачі огорожувальних конструкцій у кілька разів перевищують сучасні нормативні вимоги.

Крім технічних недоліків, у будівлях часто відсутні системи обліку енергії — 22% громадських будівель не мають лічильників тепла, а 46% — лічильників гарячої води. Це означає, що енергоспоживання не контролюється і не регулюється, що робить неможливим ефективне управління енергоресурсами.

У контексті глобальних кліматичних змін будівельний сектор зазнає посилюваного тиску, спрямованого на зниження енергетичного попиту та відповідних викидів парникових газів. Енергоефективна модернізація будівель — за умови її належного виконання, що передбачає удосконалення огорожувальних конструкцій, інженерних систем та впровадження відновлюваних джерел енергії — здатна забезпечити суттєве скорочення енергетичних потреб будівель і, відповідно, їхніх експлуатаційних витрат.

Енергетична та кліматична криза посилюють необхідність енергозбереження. У будівельному секторі це можна досягти насамперед за допомогою термомодернізації. Досі прогрес у цій галузі був повільним. На сьогоднішній день щороку модернізується менше одного відсотка житлового фонду. Існуючі програми підтримки самі по собі не забезпечують достатньої надійності для необхідних інвестицій у додаткові виробничі потужності для будівельних матеріалів та у будівельний сектор. Для прискорення енергетичної модернізації будівель необхідні мінімальні стандарти енергоефективності (MEPS) для будівель та обов'язкові цілі щодо щорічного темпу теплової модернізації будівель. Зокрема, домогосподарства з низьким

рівнем доходу могли б бути надійно захищені від майбутніх енергетичних шоків.

Опалення та охолодження будівель відповідають за 48 відсотків кінцевого споживання енергії, 36 відсотків викидів парникових газів та 35 відсотків споживання газу. Термомодернізація будівель може зменшити цей попит на енергію і, таким чином, як скоротити імпорт викопного палива, так і створити умови для задоволення решти попиту на енергію за рахунок відновлюваних джерел енергії.

Опитування німецьких виробників теплоізоляційних матеріалів, вікон та теплових насосів показує, що завантаження виробничих потужностей залишається стабільно високим – від 88% у 2019 році до 94% у першій половині 2022 року (рис. 4). Отже, збільшення обсягів енергоефективної модернізації вимагає інвестицій у додаткові виробничі потужності для будівельних матеріалів та у будівельний сектор.

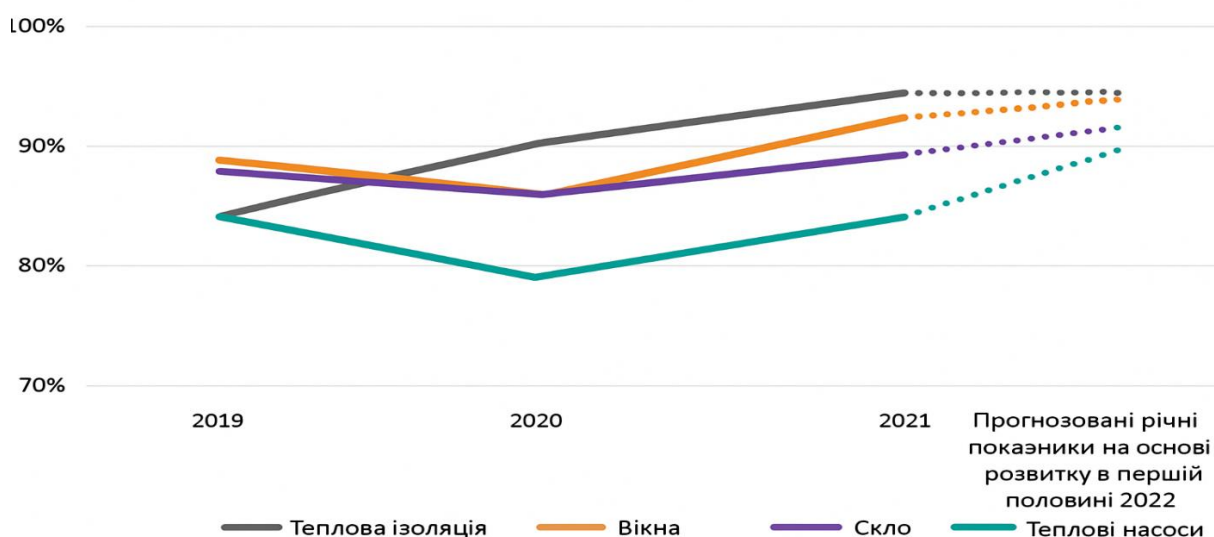


Рис. 4

Насамперед, увага громадськості та політична підтримка теплових насосів протягом останнього року спонукали багато компаній розглянути можливість додаткових інвестицій у їх виробництво. Деякі компанії навіть оголосили про трикратне збільшення своїх потужностей до 2025 року. Компанії також могли б скористатися подібним поштовхом для залучення інвестицій у додаткові сфери для енергоефективної модернізації будівель.

3.2 Нормативно-правова база ЄС та України у сфері енергоефективності будівель

Аби забезпечити системний та довгостроковий розвиток ринку енергоефективності, необхідно створити комплекс умов, що полегшують доступ до фінансування, стимулюють інновації в будівельному секторі та знижують ризики для інвесторів. Реновація будівель — це не лише технічний процес, а й масштабний соціально-економічний проєкт, який вимагає узгодженості між різними рівнями влади, учасниками ринку та фінансовими установами.

Одним із ключових елементів сприятливого середовища є наявність стабільної та передбачуваної нормативної бази, яка визначає вимоги до енергоефективності, встановлює стандарти для модернізаційних заходів і формує рамкові умови для довгострокового планування. Коли інвестори розуміють, що нормативна політика не змінюватиметься хаотично, вони охочіше вкладають кошти у складні й довгострокові проєкти.

Не менш важливим чинником є доступ до якісної інформації. Ринок енергоефективності часто характеризується значною інформаційною асиметрією: власники будівель не завжди розуміють реальні вигоди модернізації, а інвестори мають недостатньо даних для оцінювання ризиків і прогнозування економії енергії. Тому розвиток інформаційних платформ, сертифікаційних систем і баз даних про результати реновацій має критичне значення. Такі інструменти підвищують прозорість ринку й роблять проєкти більш зіставними, що, у свою чергу, зміцнює довіру інвесторів.

Ефективність реноваційних програм значною мірою залежить і від адміністративної спроможності місцевої та центральної влади. У багатьох країнах муніципалітети відіграють вирішальну роль, оскільки саме вони часто є власниками найбільш енергоємних будівель. Проте не всі місцеві органи влади мають достатній рівень експертизи, персоналу чи фінансових ресурсів для підготовки технічних рішень, оголошення тендерів або контролю за реалізацією проєктів. З огляду на це, важливим напрямом державної політики є зміцнення адміністративної спроможності та надання технічної допомоги муніципалітетам.

Окремої уваги заслуговує розвиток професійних компетенцій у будівельному секторі. Масштабна реновація вимагає значної кількості фахівців — проєктувальників, енергоаудиторів, інженерів, монтажників. У багатьох європейських країнах спостерігається дефіцит кваліфікованої робочої сили, і це може стати одним із ключових обмежень для реалізації національних програм модернізації. Тому держави приділяють суттєву увагу розвитку системи професійної освіти, підвищенню кваліфікації й сертифікації спеціалістів.

Важливо також забезпечити доступність фінансових ресурсів для всіх груп споживачів: від муніципалітетів і бюджетних установ до домогосподарств та малого бізнесу. Це означає необхідність розвитку різноманітних фінансових механізмів — від грантів і субсидій до пільгових кредитів, гарантійних схем і моделей енергосервісних контрактів. Чим ширший набір інструментів, тим вищі шанси охопити всі сегменти ринку та забезпечити масштабну участь у модернізації.

Загалом створення сприятливого середовища для реновації є процесом, який охоплює як технічні, так і фінансові, інституційні та освітні компоненти. Лише за умов збалансованого розвитку цих напрямів можна забезпечити стабільне зростання ринку енергоефективності та досягнення довгострокових кліматичних цілей.

Ефективне масштабування реновації будівель значною мірою залежить від того, наскільки активно та послідовно держава бере участь у формуванні фінансових механізмів, що забезпечують доступність інвестицій для різних груп споживачів. Роль держави у цьому процесі не обмежується лише прямою фінансовою підтримкою; вона також включає створення нормативної бази, стимулювання приватного капіталу та забезпечення довгострокової стабільності ринку.

Одним із найважливіших інструментів є державні гарантійні механізми, які знижують ризики для фінансових установ та інвесторів. У випадку реновації будівель банки часто оцінюють такі проекти як ризикові через невизначеність щодо майбутньої економії енергії або складність технічних рішень. Надання державних гарантій робить кредити доступнішими та дешевшими, особливо для малих муніципалітетів і домогосподарств з низьким рівнем доходів.

Держава також може забезпечити ефективну роботу ринку, впроваджуючи податкові стимули, що зменшують фінансове навантаження на власників будівель. До таких заходів належать податкові кредити, знижені ставки ПДВ на енергоефективні роботи та матеріали, а також податкові пільги для інвесторів, які фінансують реноваційні проекти. У багатьох країнах ЄС ці механізми відіграли ключову роль у збільшенні попиту на модернізацію.

Одним із найдієвіших інструментів масштабування є державне співфінансування, яке дозволяє компенсувати частину витрат на реновацію. Як правило, держава покриває від 20% до 80% вартості модернізаційних заходів залежно від соціального статусу власника, типу будівлі та глибини реновації. Такий підхід дозволяє охопити ширше коло споживачів і забезпечити соціальну справедливість під час реалізації енергетичного переходу.

Державні інституції можуть відігравати й більш стратегічну роль, створюючи спеціалізовані фінансові фонди, які акумулюють ресурси різних

джерел — державного бюджету, міжнародних фінансових організацій, приватних інвесторів — і спрямовують їх на модернізацію будівель. Такі фонди можуть надавати пільгові кредити, гранти або підтримувати проекти через механізми змішаного фінансування, що дозволяє суттєво зменшити вартість капіталу та підвищити інвестиційну привабливість ринку.

Окрему увагу варто приділити розвитку зелених облігацій, які стають усе популярнішим інструментом залучення довгострокового капіталу для проєктів з підвищення енергоефективності. Випуск зелених облігацій державою або муніципалітетами дозволяє акумулювати значні обсяги фінансових ресурсів і спрямувати їх на модернізацію публічних будівель, водночас забезпечуючи інвесторам прозорість та екологічну відповідальність.

Загалом роль держави у формуванні фінансових механізмів реновації є багатогранною та визначальною. Вона охоплює як прямі фінансові інструменти, так і створення сприятливого нормативного та економічного середовища, яке стимулює інвесторів і забезпечує доступність модернізації для всіх громадян. Саме активна участь держави створює фундамент для прискорення темпів реновації та досягнення довгострокових енергетичних і кліматичних цілей.

Формування повноцінного ринку енергоефективних послуг є стратегічним напрямом розвитку національної економіки та важливою умовою для успішної реалізації масштабних програм реновації будівель. Такий ринок забезпечує не лише технічну реалізацію заходів із модернізації, але й створює економічні стимули для підвищення енергоефективності в усіх секторах, сприяє конкуренції та впровадженню інноваційних технологій. Його розвиток залежить від створення сприятливого регуляторного середовища, фінансової інфраструктури та достатньої спроможності учасників ринку.

Одним із перспективних напрямів є розвиток моделі енергосервісних контрактів (ESCO), яка дозволяє впроваджувати енергоефективні заходи без початкових витрат з боку замовника. У рамках цієї моделі енергосервісна компанія фінансує реновацію, а повертає вкладені кошти за рахунок отриманої економії енергії. Попри успішні приклади впровадження ESCO-контрактів у публічному секторі, їхній потенціал в Україні використано лише частково через недосконалість нормативної бази, складність процедур та недостатню поінформованість місцевих органів влади. Розвиток цього сегмента може стати основою для створення конкурентного та технологічно розвиненого ринку послуг.

Ще одним перспективним напрямом є агрегування дрібних проєктів, що дозволяє формувати масштабні інвестиційні портфелі, привабливі для інституційних інвесторів. Оскільки більшість будівель у публічному секторі

має порівняно невеликий розмір і різні технічні характеристики, агрегування забезпечує ефект масштабу, знижує транзакційні витрати та робить реновацію економічно виправданою навіть у малих громадах. Впровадження таких механізмів може бути здійснене через спеціалізовані енергетичні агентства або регіональні платформи підтримки.

Важливою складовою розвитку ринку є доступ до якісної підготовки та кваліфікації персоналу. Зростання попиту на енергоефективні послуги потребує розширення інфраструктури професійної освіти, сертифікації спеціалістів та створення нових навчальних програм. Особливе значення має підготовка енергоаудиторів, інженерів з модернізації будівель та менеджерів енергетичних проєктів. Це сприятиме формуванню конкурентоспроможної галузі, здатної забезпечити стабільну якість робіт.

Формування ринку також пов'язане з розвитком цифрових технологій, які дозволяють збирати, аналізувати та верифікувати дані про енергоспоживання та ефективність будівель. Використання цифрових платформ для моніторингу, автоматизованих систем управління будівлями та цифрових моделей (BIM) підвищує точність проєктування, забезпечує контроль якості та дає змогу ефективно управляти модернізаційними процесами.

Фінансова інфраструктура відіграє ключову роль у формуванні ринку. Розвиток механізмів зелених облігацій, пільгових кредитів, гарантійних інструментів та фондів енергоефективності створює умови для залучення інвестицій у великому масштабі. Такі інструменти роблять ринок більш привабливим для міжнародних та приватних інвесторів і стимулюють довгостроковий розвиток галузі.

У перспективі формування розвинутого ринку енергоефективних послуг сприятиме модернізації національної економіки, підвищенню її конкурентоспроможності, створенню нових робочих місць та зниженню енергетичної залежності. Це також забезпечить системний підхід до управління енергоресурсами та сприятиме досягненню кліматичних цілей держави.

3.3 Класифікація заходів енергомодернізації

Протягом останніх 20 років стандартною практикою були заходи з енергетичної модернізації будівель, такі як теплоізоляція та заміна вікон. Для подальшого підвищення енергоефективності будівельних огорожень також доступні інноваційні технології, такі як двошарові фасади, непрозорі вентилязовані фасади та зелені дахи, що сприяють позитивній взаємодії між будівлями та навколишнім середовищем. У цій статті оцінюється стійкість будівельних технологій до кліматичних змін та потепління, враховуючи як загальне (хронічне) перегрівання, так і (локальні) екстремальні події. У статті

оцінюється стійкість будівельних технологій до кліматичних змін і потепління, з урахуванням як загального (хронічного) перегріву, так і (локальних) екстремальних подій. Енергоефективність еталонного офісу, в якому застосовуються традиційні та інноваційні пакети енергомодернізації, аналізується в історичних, поточних та майбутніх погодних умовах у трьох місцевостях. Дослідницькі питання та новизна полягають у тому, чи залишаються традиційні та інноваційні енергомодернізації ефективними в умовах кліматичної еволюції та як змінюється ефективність традиційних та інноваційних будівельних технологій. Щодо енергоспоживання для опалення приміщень, обидві модернізації є однаково ефективними та стійкими. Для охолодження приміщень інноваційний пакет виявляється більш ефективним за помірних умов. Однак за екстремальних зовнішніх умов традиційні технології теплоізоляції можуть бути ефективнішими за інноваційні технології. Необхідно бути обережними, коли температура в приміщенні вільно коливається, оскільки надмірний тепловий захист може призвести до перегріву приміщення. Зрештою, підхід до енергоефективної модернізації повинен бути зосереджений на довгостроковій ефективності та стійкості.

Як уже згадувалося раніше, через зміни клімату на сьогоднішній день будівлі повинні бути стійкими, вони повинні адаптуватися до різних зовнішніх умов, щоб гарантувати комфортні умови всередині приміщення для мешканців без збільшення енергоспоживання. З цієї причини, крім традиційних, згаданих рішень, широко поширене дослідження більш інноваційних технологій, які також називаються біокліматичними. У цьому випадку належний дизайн досягається шляхом оптимізації взаємодії між внутрішнім і зовнішнім середовищами, використовуючи природні елементи – природну вентиляцію, рослинність, сонячну енергію. Серед інноваційних стратегій є прозорі фасади з подвійною оболонкою, непрозорі вентилявані фасади та зелені стіни і дахи, які досліджуються в пропонованому дослідженні.

Прозора подвійна оболонка – це другий прозорий шар, який оточує існуючі зовнішні конструкції, створюючи порожнину, що розділяє зовнішню і внутрішню зони. Ця порожнина може бути повністю закритою, створюючи тепловий буфер, або – природно чи механічно – вентиляваною. Оптимальна конфігурація залежить від декількох факторів, таких як конфігурація, ширина порожнини, тип скління, встановлене затінювальне обладнання та тип вентиляції (без вентиляції, природна або механічна вентиляція). Було доведено, що правильне проектування цієї технології може забезпечити економію як на опаленні, так і на охолодженні в різних кліматичних умовах. Більше того, інтегрована в будівлю фотоелектрична технологія може бути поєднана з другим прозорим шаром, підвищуючи загальну енергоефективність будівлі завдяки перетворенню енергії з фотоелектричних елементів.

Непрозорі вентилязовані фасади (OVF) відрізняються від прозорої подвійної оболонки тим, що другий доданий шар є непрозорим, а ширина порожнини, як правило, менша. Позитивні ефекти реєструються в зимовий та літній сезони, такі як зменшення сонячного тепла, теплових потоків і, як наслідок, енергоспоживання. Характерні параметри цієї технології досліджуються в літературі і випробовуються в різних кліматичних умовах. Ефективність цієї технології можна підвищити, додавши також матеріали з фазовим переходом або регулюючи потік повітря в порожнині.

Зелений дах, або живий дах, складається з даху, в структурі якого реалізовано рослинний шар. Це передбачає зміну теплового опору, що забезпечується поверхнею даху, ефект затінення і, перш за все, ефект евапотранспірації, який позитивно впливає на енергетичну поведінку будівлі. Було зафіксовано поліпшення мікрокліматичних умов у приміщенні, а також зменшення міських теплових островів – отже, можна отримати користь у міських районах з обмеженими зеленими насадженнями.

Як вже зазначалося раніше, на сьогоднішній день надзвичайно важливо забезпечити належну стійкість будівлі, тому в цьому дослідженні ефективність заходів з енергетичної модернізації перевіряється на основі історичних, фактичних та майбутніх даних про погоду в трьох містах, що представляють різні кліматичні зони, з метою визначення того, чи будуть ці технології працювати та як вони впливатимуть на енергетичні потреби будівлі. Основні дослідницькі питання, поставлені в цьому дослідженні, такі.

- як зміниться енергоспоживання будівлі в умовах нинішнього – неефективного – стану будівельного фонду? Як вже зазначалося в літературі, очікується, що внаслідок зміни клімату потреби в опаленні і, відповідно, пов'язані з цим енерговитрати зменшаться, але водночас зростуть потреби в енергії та витрати на охолодження, що визначить необхідність встановлення нових компонентів систем опалення, вентиляції та кондиціонування повітря для охолодження з метою забезпечення теплового комфорту мешканців, а ці системи впливатимуть на саму зміну клімату. Тому було б цікаво обговорити, як зміниться річна потреба в енергії;
- заходи з енергоефективної модернізації, які зазвичай вживаються на сьогоднішній день – теплоізоляція, заміна вікон – будуть ефективними в майбутніх кліматичних умовах?
- А як щодо більш інноваційних та біокліматичних заходів – подвійного фасаду, непрозорого вентилязованого фасаду, зеленого даху, електрохромних пристроїв?
- Чи зміниться порівняння ефективності традиційних та інноваційних технологій у зв'язку зі зміною клімату?

Метою, окрім простого аналізу того, як змінюються кліматичні умови і як вони, ймовірно, зміняться в майбутньому, є оцінка стійкості будівельних технологій до прогнозованих кліматичних змін, з урахуванням як загального (хронічного) перегріву та зміни клімату, так і (локальних) екстремальних подій. З цією метою обговорюється енергетична ефективність еталонної офісної будівлі з двома різними конфігураціями теплових характеристик оболонки будівлі – із застосуванням традиційних або інноваційних рішень з енергоефективної модернізації – та на основі історичних, фактичних і майбутніх даних про погоду. Стаття організована наступним чином: матеріали та методи представлені в розділі 2, де представлено базову будівлю, кліматичні дані та їх еволюцію; енергетична ефективність будівлі в поточному стані, випробувані пакети енергоефективної модернізації, а отже, ефективність цих заходів обговорюються в розділі 3; нарешті, висновки та основні результати підсумовані в розділі.

Заходи з енергоефективності, як традиційні, так і інноваційні, завжди передбачають, як і очікувалося, зменшення енергоспоживання на опалення приміщень у всіх досліджених кліматичних умовах та за всіх сценаріїв кліматичної еволюції (2020-ті, 2050-ті та 2080-ті роки). Ефективність втручань з часом знижується, але слід пам'ятати, що скорочується саме базовий попит на енергію, а отже, загальна ефективність запропонованих рішень не змінюється, а фактично залишається у відсотковому відношенні такою самою або навіть вищою.

Загалом можна виділити декілька основних заходів:

- Заходи теплового захисту будівель. Це найбільш традиційна група рішень, спрямована на зменшення тепловтрат.
- утеплення фасадів і дахів,
- теплоізоляцію підлог,
- заміну старих фасадних матеріалів на сучасні з низькою теплопровідністю,
- встановлення енергоефективних вікон.

Ці заходи забезпечують зниження потреби в опаленні на 30–70% залежно від початкового стану будівлі. Водночас вони також впливають на літній мікроклімат, адже утеплена будівля повільніше нагрівається. Це особливо важливо в умовах теплових хвиль.

1. Заходи зменшення надходження тепла влітку

Ця група рішень є критично важливою у контексті зміни клімату. Інноваційні рішення стають необхідними через різке зростання навантаження на системи охолодження.

До найбільш перспективних технологій належать:

- подвійні скляні фасади, що створюють буферну зону;
- вентилявані фасади, які зменшують перегрівання;
- електрохромне скління, що може змінювати світлопропускання;
- рухома теплоізоляція, що адаптується до сезонних потреб;
- зелені дахи, які забезпечують природне охолодження за рахунок випаровування води.

У статтях зазначено, що у містах з теплим кліматом ці технології забезпечують найбільший енергетичний ефект, але його величина зменшується з часом у міру подальшого потепління.

2. Зоходи модернізації інженерних систем будівель

Всім відомі загальні проблеми українських громадських будівель: відсутність теплових пунктів, неякісні системи циркуляції повітря, неефективне освітлення. Тому запропоновано декілька найефективніших методів модернізації:

- встановлення автоматизованих систем контролю температури,
- заміну старих котелень або підключення до більш ефективних мереж,
- локальне приготування гарячої води,
- впровадження індивідуальних теплових пунктів,
- установку рекуператорів,
- переходи на економічні системи освітлення.

У статтях підкреслено, що модернізація інженерних систем може знижувати енергоспоживання на 20–40%, а в комплексі з утепленням — до 70%.

Технічні аспекти модернізації: ключові інженерні рішення для підвищення енергоефективності

Ефективна реновація будівель базується на комплексному застосуванні сучасних інженерних рішень, які дозволяють зменшити енергоспоживання, підвищити комфортність внутрішнього середовища та продовжити термін експлуатації будівлі. Технічна складова модернізації охоплює цілу низку заходів, які повинні реалізовуватися з урахуванням індивідуальних характеристик об'єкта, його функціонального призначення та кліматичних умов регіону.

Одним із базових елементів реновації є підвищення теплоізоляції огорожувальних конструкцій — стін, покрівель, підлог та перекриттів. Утеплення значно зменшує тепловтрати, підвищує стабільність температурного режиму всередині приміщень та забезпечує необхідні умови для зменшення навантаження на системи опалення та охолодження. Важливо,

щоб вибір матеріалів відповідав сучасним стандартам енергоефективності, а монтаж здійснювався із дотриманням технологічних вимог.

Ключову роль у модернізації відіграє оновлення системи вентиляції, оскільки традиційні природні або застарілі механічні системи не забезпечують достатнього рівня повітрообміну при одночасному збереженні теплової енергії. Використання вентиляційних систем із рекуперацією тепла дозволяє мінімізувати втрати та покращити якість повітря, що є особливо важливим для шкіл, лікарень та адміністративних будівель.

Модернізація систем опалення та гарячого водопостачання передбачає застосування сучасних котлів, теплових насосів, автоматизованих систем керування та індивідуальних теплових пунктів. Використання погодозалежного регулювання, зонального керування та високоефективних радіаторів забезпечує оптимальне використання енергії та покращує комфорт у приміщеннях. У багатьох випадках заміна системи опалення дає змогу досягти найбільшої економії енергії порівняно з іншими заходами.

Важливою частиною реновації є оновлення вікон і дверей, оскільки ці конструкції є одними з основних джерел теплових втрат. Встановлення енергоефективних склопакетів із низькоемісійним покриттям, багатокамерними профілями та покращеними характеристиками герметичності суттєво знижує втрати тепла, підвищує звукоізоляцію та забезпечує стабільніший мікроклімат.

У сучасних реноваційних проєктах важливу роль відіграють системи автоматизації та управління будівлею (BMS). Інтелектуальні системи аналізують дані про споживання енергії, температуру, рівень CO₂ та інші параметри, забезпечуючи оптимальне функціонування інженерних систем. Завдяки цьому підвищується енергоефективність і зменшуються експлуатаційні витрати.

До технічних рішень також належить модернізація освітлювальних систем, що передбачає перехід на LED-технології та впровадження систем автоматичного регулювання освітлення. Це не лише знижує споживання електроенергії, але й покращує умови для навчання, роботи та лікування.

Окремим напрямом є інтеграція відновлюваних джерел енергії, таких як сонячні панелі, геліосистеми або теплові насоси. Використання цих технологій дозволяє зменшити залежність від викопних ресурсів і забезпечити більш стабільні та екологічно чисті джерела енергії.

Таким чином, технічні рішення для реновації будівель є багатоаспектними й охоплюють всі ключові елементи будівельної інфраструктури. Їх комплексне

застосування забезпечує суттєве підвищення енергоефективності та створює умови для формування сучасного, стійкого та комфортного середовища.

Впровадження цифрових технологій у процес реновації

Цифровізація є одним із ключових чинників підвищення ефективності реноваційних програм, оскільки сучасні цифрові інструменти дозволяють значно оптимізувати планування, реалізацію та моніторинг модернізаційних заходів. Інтеграція цифрових технологій у будівельний сектор забезпечує прозорість процесів, точність технічних рішень і можливість оперативного управління ресурсами. У результаті реновація стає більш прогнозованою, контрольованою та економічно вигідною.

Одним із найважливіших інструментів цифрової трансформації є BIM-моделювання (Building Information Modeling). Цифрові моделі будівель дозволяють враховувати всі конструктивні, інженерні та експлуатаційні характеристики об'єкта, що суттєво полегшує планування реноваційних робіт. BIM-технології забезпечують можливість точного розрахунку матеріалів, прогнозування енергоспоживання та моделювання різних варіантів модернізації ще до початку будівельно-монтажних робіт. Це знижує ризики технічних помилок і перевитрат, а також сприяє прийняттю більш обґрунтованих технічних рішень.

Важливу роль відіграє також система інтелектуального моніторингу енергоспоживання, яка базується на використанні датчиків, автоматизованих систем збору даних та аналітичних платформ. Такі системи дозволяють у режимі реального часу відстежувати роботу інженерних мереж, визначати зони неефективного використання енергії та здійснювати оперативне регулювання параметрів роботи будівлі. Це забезпечує стабільний мікроклімат, зменшує експлуатаційні витрати та підвищує термін служби обладнання.

Цифрові технології також значно покращують процес управління проектами реновації. Використання спеціалізованого програмного забезпечення дає змогу координувати роботу різних підрядників, контролювати дотримання графіків, вести фінансовий облік і забезпечувати прозорість витрат. Це особливо важливо в масштабних програмах, що охоплюють десятки або сотні будівель і потребують високого рівня організаційної взаємодії.

Не менш значущою є роль цифрових інструментів у проведенні енергоаудитів. Сучасні програмні платформи дозволяють моделювати теплові характеристики будівлі, аналізувати втрати енергії, оцінювати ефективність різних реноваційних заходів і формувати автоматизовані звіти. Це полегшує роботу енергоаудиторів і забезпечує більшу точність у визначенні потреби в модернізації.

Додатково цифровізація сприяє підвищенню прозорості та довіри інвесторів, оскільки цифрові дані дозволяють відстежувати результати реновації з високою точністю та підтверджувати відповідність проєктів екологічним і фінансовим вимогам. Це є важливим чинником у застосуванні зелених облігацій та інших механізмів інвестиційного фінансування.

Цифрові рішення відіграють роль і в покращенні експлуатаційного обслуговування реновованих будівель. Застосування цифрових паспортів будівель, систем управління технічним обслуговуванням і прогнозної аналітики дозволяє продовжити термін експлуатації конструкцій і обладнання, мінімізувати непланові ремонти й оптимізувати витрати.

У комплексі цифровізація модернізаційних процесів створює передумови для формування сучасного, технологічно орієнтованого будівельного сектору, який здатен працювати за європейськими стандартами, забезпечувати високу якість робіт і гарантувати довгострокову ефективність реновацій.

3.4 Інноваційні та біокліматичні рішення

У контексті зміни клімату та підвищення середньорічних температур традиційні підходи до енергомодернізації будівель втрачають свою ефективність у частині забезпечення стабільного внутрішнього мікроклімату, особливо в літній період. Збільшення частоти теплових хвиль, зростання тривалості періодів високої температури та поступове підвищення нічних температур створюють умови, у яких будівлі стають надмірно вразливими до перегріву. У статтях, що входять до складу твого файлу, підкреслюється, що з кожним десятиліттям навантаження на системи охолодження буде лише зростати, тоді як потреба в опаленні — зменшуватися. Це означає, що ключовим викликом майбутніх десятиліть стає не утеплення як таке, а комплексне управління тепловими потоками та мінімізація надходження надлишкового тепла в будівлю.

У цьому контексті інноваційні технології — подвійні фасади, вентилязовані конструкції, рухома ізоляція, зелені дахи та електрохромні матеріали — набувають стратегічного значення. У твоєму файлі ці рішення описані як такі, що забезпечують суттєво вищу ефективність порівняно з традиційними заходами саме в умовах підвищення температури.

Подвійні скляні фасади як механізм зменшення теплових надходжень

Подвійні скляні фасади (Double Skin Facades, DSF) у поданих статтях визначено як одну з найперспективніших систем для регулювання теплових надходжень. Такий фасад складається з двох шарів скління, між якими розташований вентиляційний проміжок.

Згідно з даними моделювання, наведеними в документі, ця проміжна зона працює як буфер, який відводить частину тепла до зовнішнього середовища, зменшуючи температурне навантаження на внутрішні приміщення. Ефективність DSF особливо помітна в містах з теплим кліматом (Рим, Триполі), де охолоджувальні навантаження зростають найбільш суттєво.

При цьому важливо, що така система зберігає енергетичну ефективність і взимку: проміжна зона знижує теплові втрати, що дозволяє зменшити потребу в опаленні. У файлі підкреслюється, що інноваційні рішення демонструють таку ж ефективність у зимовий сезон, як і традиційні, але мають значні переваги влітку.

Основна перевага DSF — висока адаптивність до кліматичних сценаріїв, оскільки вони дозволяють регулювати теплові потоки в режимі реального часу за допомогою вентиляційних клапанів та автоматизованих систем.

Вентильовані фасади як пасивна технологія охолодження

Непрозорі вентильовані фасади — ще одне інноваційне рішення, згадане в документі, яке працює на основі природної конвекції.

Внутрішній вентильований шар між облицюванням фасаду й несучою стіною забезпечує постійний рух повітря, що створює ефект природного охолодження стінової поверхні. Така система:

- значно зменшує тепловий тиск на зовнішню стіну;
- знижує температуру внутрішніх приміщень у літній період;
- підвищує довговічність стінових конструкцій за рахунок зменшення термічних деформацій.

У статтях зазначено, що вентильовані фасади забезпечують вищу ефективність у порівнянні з традиційним утепленням, що було підтверджено результатами енергетичного моделювання під час екстремальних погодних подій. Особливо помітним їхній ефект стає за умов симульованих кліматичних сценаріїв 2050-х та 2080-х років для міст помірного клімату, де очікується значне зростання літніх температур.

Рухома теплоізоляція та її адаптивні властивості

Рухома теплоізоляція — це технологія, що дозволяє будівлі автоматично змінювати свій рівень теплового захисту залежно від температури.

У документації підкреслено, що такі системи є особливо ефективними в регіонах, де різниця між денними та нічними температурами залишається високою. Це дає змогу:

- відкривати ізоляційні панелі вночі для охолодження стін;

- закривати їх удень для захисту від сонячного перегріву;
- зменшувати тепловий потік через стіни на критичних етапах літніх хвиль.

Ця технологія згадується як складова інноваційного пакета рішень, що показали вищу ефективність у порівнянні з традиційним утепленням у моделях для Берліна та Рима. У Триполі, де приріст температури є найбільш істотним, переваги рухомої ізоляції проявляються вже у сценаріях 2020-х років.

Зелені дахи та зелені стіни як елементи біокліматичної архітектури

У статтях детально пояснюється, що рослинні системи на дахах і фасадах істотно впливають на тепловий баланс будівлі. Механізми їхньої роботи включають:

- еватотранспірацію, під час якої рослини поглинають тепло;
- теплову інерцію субстрату, який повільно нагрівається;
- зменшення теплового випромінювання у довколишній простір.

У дослідженнях, підкреслено, що зелені дахи та зелені фасади можуть зменшувати потребу в охолодженні до значних рівнів (у деяких випадках — понад 20–30%). Важливо, що ці системи одночасно покращують міський мікроклімат, зменшуючи ефект теплового острова.

У містах, подібних до Рима, ця технологія виявилася однією з найбільш ефективних у літній сезон. При цьому в Берліні її ефективність зростає в часі у зв'язку з потеплінням.

Електрохромні та інші адаптивні світлопрозорі конструкції

Електрохромні віконні системи дають змогу динамічно регулювати кількість сонячного світла, що потрапляє всередину будівлі. Це відбувається через зміну оптичних властивостей скління під дією електричного струму.

У статтях наголошується, що ця технологія:

- зменшує інсоляційне навантаження;
- дозволяє суттєво зменшити споживання енергії для охолодження;
- підвищує комфорт користувачів;
- має системну перевагу в регіонах зі значною кількістю сонячних годин.

Моделювання показало, що електрохромні вікна забезпечували вищу ефективність у порівнянні з традиційним склінням у всіх кліматичних сценаріях, особливо у Триполі, де сонячна радіація досягає найвищих значень.

Порівняння інноваційних технологій з традиційними заходами утеплення

Загальне порівняння технологій у дослідженні показало, що:

- Взимку традиційні та інноваційні заходи забезпечують подібний рівень економії енергії.
- Влітку інноваційні рішення забезпечують значно вищу ефективність, оскільки зменшують надходження тепла в будівлю.
- У міру потепління клімату переваги інноваційних технологій зменшуються, оскільки будівлі загалом потребують менше обігріву, а навантаження на охолодження стає визначальним.

Таким чином, зміна клімату суттєво впливає на ефективність заходів енергомодернізації, особливо у частині, що стосується сезону охолодження. Це зумовлено насамперед постійним підвищенням температури зовнішнього повітря — однією з ключових ознак кліматичних змін. Із зростанням температури взаємодія між внутрішнім та зовнішнім середовищем, яка забезпечується біокліматичними стратегіями, стає менш сприятливою. Технології, призначені для використання вигідних зовнішніх умов природного охолодження та вентиляції, втрачають свою ефективність, оскільки спричиняють підвищення потреби в охолодженні та ризик теплового дискомфорту. Натомість рішення, такі як теплоізоляція, які створюють чітку межу між внутрішнім та зовнішнім середовищем, стають ефективнішими. Тому доцільно зосереджувати увагу на заходах, що запобігають надходженню тепла в будівлю і, відповідно, перетворенню його на охолоджувальне навантаження. До таких заходів належать технології енергоефективності, що використовують явища евапотранспірації (стіни та покрівлі з рослинністю, завдяки яким теплова енергія та сонячне випромінювання охолоджують повітря шляхом випаровування, зменшуючи тепловіддачу), або відбиття (cool materials і super cool materials, здатні відбивати сонячне випромінювання та випромінювати у спектрі, що проходить крізь атмосферне вікно, тим самим знижуючи температуру зовнішніх поверхонь і тепловий потік). Ті самі рішення можуть застосовуватися і на рівні міського середовища (наприклад, водні поверхні, «прохолодні» вуличні покриття), покращуючи зовнішній тепловий комфорт, якість публічних просторів, пом'якшуючи ефект «міського теплового острова», підвищуючи ефективність фотоелектричних панелей, зменшуючи використання механічного охолодження та літні пікові навантаження на електромережу — як широко висвітлено у численних дослідженнях Santamouris та співавторів.

3.5 Потенціал енергозбереження та скорочення викидів CO₂ у громадському секторі

Питання підвищення енергоефективності громадських будівель в Україні є ключовим елементом державної політики у сфері енергетичної безпеки та виконання міжнародних кліматичних зобов'язань. Згідно з аналітичними

матеріалами, що містяться у вихідному документі, громадські будівлі становлять до 15% загального будівельного фонду, проте їхній внесок у споживання енергії та створення викидів парникових газів є суттєво диспропорційним.

Сектор державних та комунальних установ споживає значні обсяги теплової енергії через застарілі конструктивні рішення, низький рівень теплозахисту, відсутність систем обліку та регулювання, а також неефективні інженерні системи. Саме тому потенціал енергозбереження у цьому сегменті є одним із найвищих у країні та може стати важливою складовою довгострокової стратегії декарбонізації.

Відкладене технічне обслуговування та інвестиції в ремонт призводять до знецінення українського будівельного фонду та фактично нищать приватну й державну власність. Крім того, незадовільний технічний стан будівельного фонду України спричиняє надмірне енергоспоживання та є одним із основних джерел викидів парникових газів. Обидва чинники є економічно неефективними як у короткостроковій, так і в довгостроковій перспективі та безпосередньо погіршують умови проживання населення.

На цьому етапі розглядаються загальні наслідки, що виникають у разі успішної реалізації заходів з термомодернізації громадських будівель, із урахуванням п'яти ключових вимірів: енергетичної безпеки, внутрішнього енергетичного ринку, енергоефективності, декарбонізації економіки, а також досліджень, інновацій та конкурентоспроможності. Крім того, буде представлено кількісну оцінку додаткових соціально-економічних спів вигід.

Зменшення енергоспоживання у фонді громадських будівель України скорочує потребу як в імпорті енергоресурсів, так і у внутрішньому видобутку природного газу та вугілля. Реалізація таких заходів забезпечує економію до 500 ТВт·год кінцевої енергії та до 700 ТВт·год первинної енергії до 2059 року. Завдяки уникненню імпорту обсягом до 70 млрд м³ зменшується залежність від міжнародних енергетичних ринків, що захищає економіку від негативних макроекономічних наслідків, спричинених ціновими коливаннями та/або перебоями в постачанні.

Сукупний прямиий ефект залишається обмеженим через відносно невелику частку громадських будівель у загальній структурі енергоспоживання. Проте поширення ретро фітінгової діяльності на інші сегменти будівельного фонду генерує опосередковані ефекти та сприяє довгостроковому скороченню імпорту енергоресурсів.

Модернізація будівель, зокрема вдосконалення систем обліку, підвищує чутливість споживачів до цін. Розрахунки за фактичним споживанням впливають на купівельну поведінку та, відповідно, стимулюють більш

економне використання енергії. Відтак можна очікувати покращення функціонування внутрішнього енергетичного ринку.

Підвищення енергоефективності є ключовою метою термомодернізації громадських будівель. Значення приросту ефективності для окремих будівель — залежно від їх типу, початкового рівня енергоспоживання та площі — коливається в межах 20–70%. Середнє покращення на рівні приблизно 40% є досяжним для всіх типів будівель з початковим класом енергоефективності D–G. Питоме енергоспоживання можна знизити до 100–200 кВт·год/м², у середньому до 120 кВт·год/м². Річні заощадження кінцевої енергії — відповідно до щорічної траєкторії термомодернізації 16 млн м² — становитимуть 19 000 ГВт·год у 2030 році (приблизно 1 600 тис. т н.е.).

За умови скорочення споживання природного газу внаслідок термомодернізації — як для децентралізованого теплогенерування в межах будівель, так і для виробництва тепла на об'єктах централізованого теплопостачання — річна економія первинної енергії обсягом до 300 тис. т н.е. (переважно природного газу) на кожні модернізовані 16 млн м² забезпечує скорочення викидів на рівні 0,6 млн тонн CO₂ на рік. Обсяги скорочення викидів CO₂ зростають до приблизно 5 млн тонн CO₂ у 2030 році, що становить близько 2% від поточного рівня національних викидів.

Будівельний фонд України потребує комплексних заходів глибокої енергетичної модернізації та підвищення комфортності. Враховуючи приблизно 14,9 млн домогосподарств, близько 10 млн квартир і індивідуальних житлових будинків мають бути модернізовані протягом наступних 20 років. Із зростанням доходів населення попит на такі заходи модернізації зростатиме. Для забезпечення цього процесу та задоволення зростаючого попиту будівельному сектору необхідно освоювати нові компетентності. Зазвичай набуття таких навичок є тривалим і витратним процесом, що розгортається вздовж довгострокових кривих навчання. Особливо на початкових етапах такі процеси характеризуються високими темпами навчання та низькими граничними витратами на здобуття додаткових знань.

Крім того, зі зростанням кваліфікації та накопиченням досвіду у сфері термомодернізації сукупні витрати на модернізацію зменшуватимуться.

«Зелені» бізнес-моделі — це такі моделі ведення бізнесу, які, окрім орієнтації на отримання прибутку, забезпечують також додатковий екологічний ефект. Загалом інвестиції сприяють розвитку нових бізнес-моделей уздовж усієї ланки створення вартості (або всередині мереж створення вартості). Нові бізнес-моделі формують нові взаємодії всередині цих мереж, підвищують рівень конкуренції та, відповідно, стимулюють інноваційні процеси. У найкращому випадку такі ефекти поширюються й на інші сектори економіки.

Громадські будівлі створюють належне середовище для процесів навчання та зниження витрат у сфері термомодернізації. Це підтверджується такими міркуваннями:

- Громадські будівлі, як правило, є складнішими за житлові, що підсилює навчальний ефект, оскільки охоплює більшу кількість видів будівельних і технологічних робіт.
- На відміну від житлових будинків, відповідальність за замовлення робіт несе один власник, що мінімізує координаційні труднощі.
- Навчання також включає розуміння остаточної вартості заходів термомодернізації. Контроль та коригування перевищення витрат є менш проблематичними у громадських будівлях, ніж, скажімо, у багатоквартирних будинках із співвласниками.

Теплова модернізація будівель з найгіршими показниками знижує ризик високих витрат на опалення

Темпи теплової модернізації будівель залишаються повільними. Підхід «найгірше спочатку», що передбачає пріоритетну модернізацію неефективних будівель, дозволив би досягти цілей енергетичної та соціальної політики та забезпечити економічні та кліматичні вигоди. Дані Німецької соціально-економічної панелі (SOEP) показують, як такий підхід захистив би від ризиків, пов'язаних з витратами на опалення, особливо домогосподарства з низьким рівнем доходу, які часто проживають у дуже неефективних будівлях. Ця група становить 28 відсотків усіх орендарів і 13 відсотків усіх власників житла. Однак невизначеність щодо вигідності модернізації та інші пріоритети власників житла призводять до того, що модернізується недостатня кількість будівель. Як результат, потенціал економії, особливо від дуже неефективних будівель, не реалізується. Однак це було б необхідно для зниження ризиків, пов'язаних з витратами на опалення, та залежності від імпорту енергії, а також для досягнення кліматичних цілей. Краще узгодження інструментів фінансування та субсидування зі структурою власності, подальший розвиток будівельних стандартів з метою включення мінімальних стандартів енергоефективності та реформа законодавства про оренду могли б поліпшити ситуацію.

Теплова модернізація може ефективно знизити високі енергетичні витрати та ризики, пов'язані з різкими коливаннями цін на енергоносії. Домогосподарства з низьким рівнем доходу, які в даний час проживають у дуже неефективних будівлях і витрачають до 30 відсотків свого доходу на опалення, особливо виграють від такого модернізації. Підхід «Worst-First», в рамках якого програми фінансування, будівельні стандарти та інші заходи розробляються з метою забезпечення того, щоб спочатку були модернізовані дуже неефективні будівлі, допоможе саме цим домогосподарствам. Субсидії на енергоносії, які

були розширені під час кризи цін на газ, або кліматичні дивіденди, що обговорюються у зв'язку з цінами на вуглець, лише частково вирішують проблему зростання витрат у дуже неефективних будівлях, оскільки фіксовані виплати не покривають вищі витрати неефективних будинків.

Хоча субсидії на енергоносії, безпосередньо пов'язані з витратами на опалення або викиди вуглецю, можуть полегшити тягар, вони призводять до високих бюджетних витрат, оскільки зменшують стимули для інвестицій у підвищення енергоефективності. Цю дилему можна вирішити шляхом прискорення модернізації дуже неефективних будівель, в ідеалі до настання чергової кризи цін на енергоносії, а також у відповідь на кліматичну кризу та високий рівень залежності від імпорту енергоносіїв.

Невизначена рентабельність термомодернізації є викликом

Теплова модернізація часто розглядається як інвестиційний ризик. Домогосподарства з високим рівнем доходу або домогосподарства з фондами нерухомості з більшим інвестиційним портфелем можуть, в принципі, легше здійснювати вигідні, хоча і ризиковані інвестиції. Для інших домогосподарств ризику можуть бути занадто великими і призвести до того, що інвестиції не будуть зроблені.

Коли будівля піддається загальній модернізації, витрати на додаткову систему теплоізоляції стін або більш енергоефективні вікна становлять близько третини від загальної вартості реконструкції. Самі по собі заощаджені енерговитрати не можуть виправдати загальні інвестиційні витрати. Якщо заходи з реконструкції або модернізації не є необхідними, більш економічно вигідною є цілеспрямована часткова реконструкція. Ізоляція верхнього поверху та стелі підвалу часто є можливим варіантом, а в багатьох будівлях ізоляційний матеріал можна вдувати в простір між стіною та фасадом.

Зазначені витрати надають інформацію про рентабельність модернізації, а також про періоди їх амортизації, але обидва ці показники можуть значно відрізнятись. Крім того, нижчі ціни на енергоносії або вищі процентні витрати можуть подовжити період амортизації, що збільшує ризику теплової модернізації.

Розподіл витрат на вуглець посилює стимули до модернізації

Стимули для власників нерухомості до термомодернізації будівель є обмеженими, оскільки зазвичай саме орендарі, а не власники, несуть витрати на енергію та викиди вуглецю, а отже, і пов'язані з цим ризику. Неефективні будівлі не призводять до зниження орендної плати для власників, особливо в регіонах з дефіцитом житла та контролем орендної плати. Щоб створити стимули для модернізації, витрати на викиди вуглецю від Німецької

національної системи торгівлі викидами з 2023 року розподіляються між орендарями та власниками нерухомості. Чим вищі викиди вуглецю на квадратний метр, тим більша частка витрат на викиди вуглецю несуть власники. У будівлях з викидами вуглецю понад 52 кг CO₂ на квадратний метр на рік ця частка становить 95 відсотків. Однак існує занепокоєння, що витрати будуть перекладені на орендарів, які проживають у будівлях, що не підлягають регулюванню орендної плати в середньостроковій перспективі.

3.6 «Зелені» облигації як інструмент фінансування масштабної модернізації

Заходи з термомодернізації повинні забезпечувати досягнення рівня енергоефективності щонайменше класу C. Для гарантування відповідного результату пропонується визначити перелік необхідних компетентностей для проведення енерго аудитів та виконання заходів з енергоефективності в різних типах громадських будівель, що сприятиме спеціалізації енерго аудиторів за видами будівель. У зв'язку з цим виникає необхідність у запровадженні програм навчання для підвищення кваліфікації працівників на всіх рівнях, які займатимуться проведенням ефективних та якісних заходів з термомодернізації. Особливу увагу слід приділити регіонам поза межами Києва.

Емітент «зелених» облигацій має запровадити прозору процедуру оцінювання проектів та відбору ретро фітінгових заходів, що відповідають критеріям допустимості, з урахуванням екологічних цілей таких проектів. Крім того, необхідно створити систему управління надходженнями від випуску облигацій для забезпечення відповідності міжнародним принципам «зелених» облигацій.

Ми рекомендуємо фінансову структуру, що передбачає внесок власника будівлі на рівні 15–20% на найнижчому адміністративному рівні (наприклад, у межах регіонів) та до 80% фінансування за рахунок «зелених» облигацій, емітованих державою. Випуск державою «зелених» облигацій має бути узгоджений із загальною борговою політикою Міністерства фінансів з урахуванням наявних обмежень або лімітів щодо обсягу зовнішнього боргу України (див. розділ «Фінансування через зелені облигації»).

Ми пропонуємо використовувати «зелені» облигації для фінансування заходів з термомодернізації у секторі громадських будівель. У зв'язку зі зростанням попиту на інвестиції цього типу, зелені облигації забезпечують можливість акумулювати значні обсяги коштів для реалізації цільових інвестиційних проектів. Вони орієнтовані на інвесторів, які надають перевагу екологічно спрямованим проектам, і можуть забезпечувати доступ до відносно дешевого капіталу (порівняно з кредитами) за умови належного структурування. Як

інституційні, так і приватні інвестори активно шукають нові інвестиційні можливості для диверсифікації своїх портфелів. Зростає їхня зацікавленість у проєктах, що інтегрують екологічні, соціальні та управлінські критерії, що, своєю чергою, спричинило значне зростання обсягів випуску зелених облігацій у світі — з 41,8 млрд дол. США у 2015 році до 257,7 млрд дол. США у 2019 році. Для таких інвесторів зелені облігації становлять відносно безпечний інструмент для вкладень у масштабні проєкти. За оцінками Climate Bond Initiative (2020), у довгостроковій перспективі 40% ринку зелених облігацій буде пов'язано з енергоефективною термомодернізацією та будівництвом будівель із нульовими викидами. Слід також зазначити, що вже у 2019 році частка будівельного сектору становила близько 30% у структурі розподілу коштів, залучених через зелені облігації.

Випуск зелених облігацій Урядом України з метою модернізації громадських будівель, які належність до органів місцевого самоврядування (муніципалітетів, консолідованих територіальних громад) потребуватиме змін у бюджетне законодавство (Бюджетний кодекс, зокрема). Поточні міжбюджетні відносини не передбачають для надання кредитів з державного бюджету місцевим бюджетам на модернізацію будівель. Таке фінансування може здійснюватися лише у формі безповоротних субвенцій. При цьому, в адміністратори громадських будівель (так звані “розпорядники бюджетних коштів”) мають фінансуватися з місцевих бюджетів на безповоротній основі та не мають права брати позики. Крім того, діючий механізм визначення основи для розрахунку витрат на підтримку громадської будівлі з державних коштів не передбачити накопичення грошових заощаджень (порівняно з базовим рівнем витрат до а проєкт модернізації) буде спрямовано для погашення інвестицій у таку будівлю —, як тільки нижчий рівень витрати на енергію досягаються для конкретної будівлі, цей рівень слід використовувати як основу для розрахунку витрати місцевого бюджету на цю будівлю на наступний бюджетний рік. З метою реалізації запропонованого зеленого програма випуску облігацій, вона буде зобов'язана внести зміни в бюджетне законодавство – нап дозволяючи кредити з Державного бюджету до місцевих бюджетів та/або адміністраторам громадських будівель за допомогою створення комунального підприємства, якому дозволено брати позики.

Примітно, що логіка нинішньої реформи децентралізації передбачає передачу власності багатьох громадян будівлі від центрального до місцевого рівня з розрахунком, що рішення будуть прийматися місцевими уряди, які будівлі підтримувати, а які розпоряджатися. Запропонований випуск зелених облігацій програма потребуватиме узгодження з напрямками реформи децентралізації, щоб не перешкоджати органам місцевого самоврядування повністю взяти на себе відповідальність за технічне обслуговування та реконструкцію громадські будівлі найбільш ефективним способом. Така

координація може включати чітке визначення обсягу програма в довгостроковій перспективі.

Міжнародні принципи та практика випуску зелених облігацій

«Зелені» облігації — це цінні папери, кошти від розміщення яких спрямовуються виключно на екологічно орієнтовані проекти. У твоєму файлі загадуються ключові міжнародні вимоги до таких інструментів, зокрема:

- чіткі критерії відбору проектів, що мають екологічну мету;
- прозора система оцінки та моніторингу, яка гарантує, що кошти використовуються за призначенням;
- управління надходженнями від облігацій у спосіб, який повністю відповідає принципам Green Bond Principles;
- звітність перед інвесторами щодо досягнутих екологічних результатів.

У документі підкреслено, що відповідність міжнародним стандартам є критично важливою для залучення інституційних інвесторів, які становлять основну частку покупців зелених облігацій у глобальному масштабі. Попит на такі інструменти за останні роки суттєво зріс, а загальний обсяг світового ринку зелених облігацій збільшився з 41,8 млрд дол. США в 2015 році до понад 257 млрд дол. у 2019 році. Це свідчить про високий рівень інвестиційної довіри до екологічно орієнтованих фінансових продуктів.

Подолання бар'єрів та формування умов для розширення інвестицій у термомодернізацію

Зростання обсягів інвестицій у підвищення енергоефективності будівель потребує усунення вищезазначених бар'єрів та створення сприятливих ринкових і регуляторних умов. Попит на заходи з термомодернізації зростатиме, однак для забезпечення сталого та масштабного інвестиційного потоку необхідно сформувати системну основу, яка охоплюватиме як інституційну, так і фінансову інфраструктуру.

Підвищення енергоефективності має стратегічне значення не лише для скорочення енергоспоживання у короткостроковій перспективі, але й для досягнення довгострокових кліматичних цілей. Як зазначають численні дослідження, термомодернізація будівель є одним із найбільш рентабельних шляхів зменшення викидів парникових газів. Проте на практиці очікувана економія не завжди реалізується, що зумовлює ризики для інвесторів та гальмує ринкову активність.

Необхідність інноваційних фінансових рішень

Для подолання інвестиційного розриву важливо запровадити нові фінансові інструменти, які дозволять акумулювати значні кошти та водночас знижувати інвестиційні ризики. Серед таких інструментів можна виокремити:

- механізми гарантування та страхування енергетичної економії,
- «зелені» облігації,
- енергосервісні контракти (ESCO),
- фонди енергоефективності та спеціальні кредитні програми.

Ці інструменти спроможні компенсувати недоліки традиційних механізмів фінансування та створити умови для довгострокового інвестиційного планування.

Роль державної політики

Ефективне масштабування заходів з термомодернізації потребує активної участі держави, яка має:

- формувати передбачувану нормативну базу,
- забезпечувати фінансові стимули на ранніх етапах розвитку ринку,
- підтримувати навчання та підвищення кваліфікації фахівців,
- сприяти залученню приватних інвестицій через партнерські механізми.

Завдяки таким інструментам державна політика може не лише зменшити інвестиційні ризики, але й забезпечити стабільність попиту на ринку термомодернізації.

Механізми активізації ринку енергоефективних інвестицій

Поглиблення інвестицій у сферу енергоефективності вимагає створення комплексної інфраструктури, здатної об'єднати фінансові ресурси, технічні знання та адміністративну підтримку. Основною передумовою розвитку ринку є наявність умов для формування масштабованих, стандартизованих та економічно привабливих проєктів.

Стандартизація та сертифікація енергоефективних проєктів

Одним із ключових елементів ефективного ринку є стандартизація підходів до підготовки та оцінювання проєктів. Стандартизовані технічні вимоги та методики сертифікації дозволяють:

- полегшити доступ інвесторів до достовірної інформації,
- підвищити прозорість оцінювання енергетичної економії,
- забезпечити передбачуваність результатів та зменшити ризики,
- сприяти формуванню вторинного ринку енергоефективних інвестицій.

Ефективні системи сертифікації також дають можливість порівнювати проекти між собою, що особливо важливо для фінансових інституцій та аналітичних центрів, які формують портфелі інвестицій.

Пакування та агрегування дрібних проектів

Більшість проектів термомодернізації мають невеликий масштаб, що робить їх інвестиційно малопринавливими для великих фінансових установ. У відповідь на це в Європі активно розвиваються моделі агрегування проектів, які дозволяють:

- об'єднати багато невеликих об'єктів в один інвестиційний пакет,
- зменшити транзакційні витрати,
- підвищити стабільність грошових потоків,
- забезпечити доступ до фінансування на більш вигідних умовах.

Агрегування посилює ефект масштабу й робить ринок більш привабливим для інституційних інвесторів.

Необхідність довгострокового планування

Успішне впровадження заходів з термомодернізації потребує довгострокової стратегії, яка включатиме:

- поетапні цілі щодо підвищення енергоефективності,
- оцінку потенціалу інвестицій у різних секторах,
- прогноз розвитку технологій та ринкових механізмів,
- узгодження міждержавних та регіональних планів.

Довгострокові дорожні карти створюють передбачуваність для інвесторів і стимулюють появу нових фінансових продуктів.

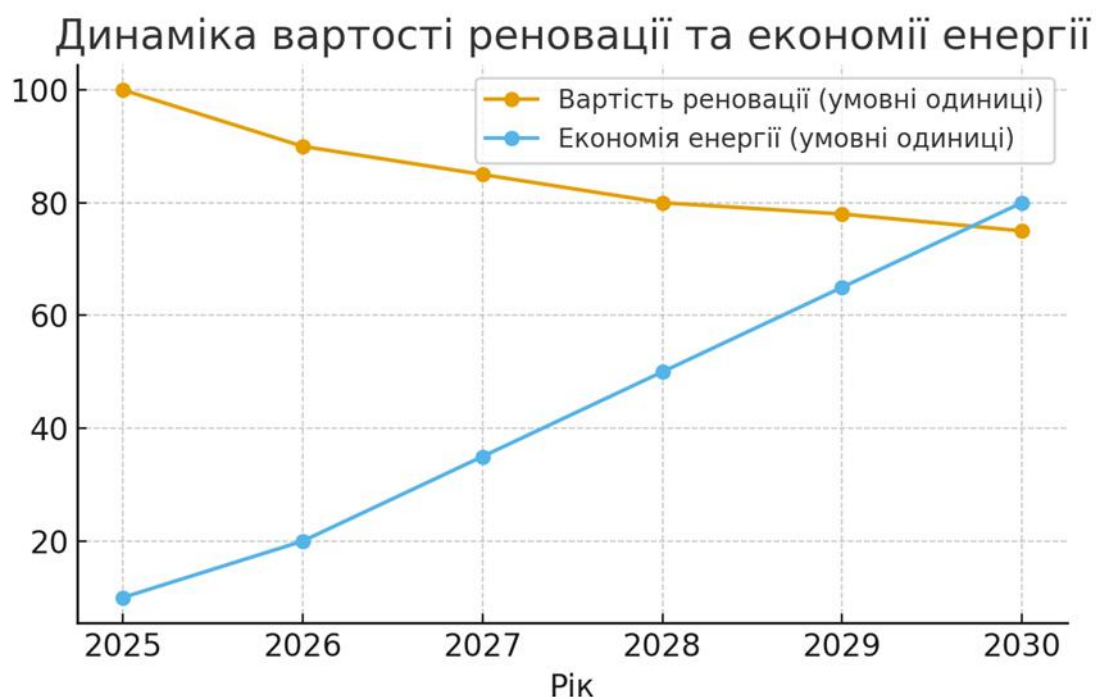


Рис. 5

Потенціал залучення приватних інвестицій та роль фінансових інструментів

Реновація будівель є однією з найбільших інвестиційних можливостей у сфері енергетичного переходу. За оцінками європейських аналітичних інститутів, модернізація будівельного фонду вимагає щорічних вкладень у десятки мільярдів євро, що створює великий потенціал для залучення приватного капіталу. Проте приватні інвестори готові входити на цей ринок лише за умови стабільного регуляторного середовища, передбачуваності грошових потоків і наявності інструментів управління ризиками.

Одним із ключових напрямів є розвиток інноваційних фінансових механізмів, що дозволяють масштабувати інвестиції та зменшувати їхню вартість. До таких механізмів належать «зелені» облігації, енергетичні ефективні кредити, гарантійні фонди та програми розподілу ризиків. Особливої уваги заслуговують моделі, які дозволяють консолідувати дрібні проєкти в єдиний інвестиційний пакет. Це суттєво знижує транзакційні витрати, підвищує ліквідність і робить такі проєкти привабливішими для інституційних інвесторів, зокрема страхових компаній, пенсійних фондів і банків розвитку.

Ефективною формою залучення приватного капіталу є також енергосервісні контракти (ESCO), які передбачають оплату послуг підрядника в залежності від фактично досягнутої економії енергії. У межах таких моделей ризики та відповідальність за кінцевий результат частково переходять до виконавця, що

стимулює високу якість проектування та реалізації. Це зменшує фінансову невизначеність для власників будівель і підвищує довіру інвесторів.

Важливою передумовою активізації приватних інвестицій є також стандартизація технічної документації, методологій оцінювання економії, договорів і процедур моніторингу. Чим більш прогнозованими є результати реновації, тим легше інвестори оцінюють ризики та ухвалюють рішення про вкладення коштів. Саме стандарти і сертифікаційні схеми відіграють фундаментальну роль у створенні зрозумілого, прозорого та масштабованого ринку.

Банки розвитку та міжнародні фінансові організації нерідко стають першими, хто виходить на такий ринок, оскільки вони мають ширший інструментарій для прийняття довгострокових ризиків. Їхня участь допомагає «розблокувати» приватні інвестиції, адже наявність якісного інвестора зменшує сумніви інших учасників ринку. Крім того, міжнародні фінансові організації часто забезпечують технічну допомогу, консультаційний супровід та навчання, що сприяє підвищенню якості проєктів.

Загалом ринок енергоефективності може стати одним із ключових напрямів довгострокового інвестування у Європі. Для цього необхідно забезпечити поєднання політичної волі, фінансових інструментів і кондиційного середовища, яке знижує ризики та збільшує привабливість проєктів. Успішна мобілізація приватних інвестицій дозволить значно прискорити модернізацію будівельного фонду та наблизити досягнення кліматичних і енергетичних цілей Європейського Союзу.

3.7 Формування цілей та показників до 2030 та 2050 років

Промисловість і будівництво потребують чіткої структури та цілей. Розширення використання вітрової та сонячної енергії відносно загального споживання електроенергії поступово зросло до одного відсотка до 2008 року. У 2007 році лідери ЄС зобов'язалися збільшити частку відновлюваних джерел енергії до 20 відсотків енергоспоживання до 2020 року, а в 2008 році була прийнята відповідна Директива ЄС про відновлювані джерела енергії, що включала національні цілі та шляхи їх досягнення. На цій основі були впроваджені необхідні процедури планування та отримання дозволів, правила доступу до енергомереж, а також механізми підтримки або винагороди для першої хвилі інвестицій у вітрову та сонячну енергетику. Згодом темпи впровадження зросли до 2 відсотків, і ціль на 2020 рік була досягнута.

У будівельному секторі зараз поставлена мета скоротити викиди по всій Європі на 60 відсотків до 2030 року порівняно з рівнем 1990 року. До 2050 року ЄС має стати кліматично нейтральним. Цього скорочення викидів не можна досягти лише заміною опалення на викопне паливо на теплові насоси,

оскільки в короткостроковій перспективі немає достатніх потужностей відновлюваної енергії. У довгостроковій перспективі ЄС має обмежену кількість землі для вітрової та сонячної енергії, щоб задовольнити енергетичні потреби всієї економіки. Тому також необхідно досягти економії енергії. Для цього буде потрібно підвищити темпи модернізації. Модернізація всіх існуючих будівель протягом наступних 25 років вимагатиме поступового збільшення темпів модернізації до 4 відсотків на рік. У державах-членах з високою часткою добре ізольованих існуючих будівель цей показник може бути нижчим. У свою чергу, цей показник повинен бути вищим, якщо економія газу та енергії є пріоритетом або якщо кліматична нейтральність має бути досягнута до 2050 року.

Це піднімає питання про те, що потрібно виробникам будівельних матеріалів і будівельним компаніям, щоб інвестувати в додаткові потужності для проведення необхідних модернізацій. Досвід використання відновлюваних джерел енергії показує: чітко визначені та обов'язкові національні цілі як основа для ефективного впровадження політичних інструментів є вирішальним фактором успіху. Відповідно, на європейському та національному рівнях у політичному дискурсі слід узгодити ціль щодо рівня теплової модернізації, а прогрес у її досягненні щорічно звітувати в рамках управління ЄС до 2030 року та національного законодавства про захист клімату. Таким чином, конкретні і, отже, актуальні для ринку регуляторні, професійні, консультаційні та підтримуючі програми можуть бути спрямовані на досягнення цієї мети. У недавньому опитуванні $\frac{3}{4}$ німецьких компаній, що виробляють будівельні матеріали, визначили чіткі політичні рамкові умови як передумову для інвестицій у розширення потужностей.

Мінімальні енергетичні стандарти знижують витрати на енергію для домогосподарств з низьким рівнем доходу.

Ефективність будівельного фонду сильно варіюється. Деякі неізольовані будівлі потребують більше 300 кіловат-годин (кВт·год) енергії на рік і квадратний метр житлової площі (клас енергоефективності H), тоді як сучасним будівлям достатньо менше 50 кВт·год на рік і квадратний метр житлової площі (клас енергоефективності A).

Ці великі розбіжності стали дуже очевидними в умовах нинішньої енергетичної кризи, оскільки підвищення цін на енергоносії мало набагато більший вплив на домогосподарства, які проживають у будівлях, що споживають до десяти разів більше енергії на квадратний метр, ніж найефективніші будівлі. Цей ефект був посилений тим фактом, що домогосподарства з низьким рівнем доходу непропорційно часто проживають у найменш ефективних будівлях.

З цієї причини пріоритетним завданням має бути енергоефективна модернізація будівель з найгіршою теплоізоляцією. Таким чином можна захистити найбільш постраждалі домогосподарства від високих витрат на енергію та енергетичних шоків. Згідно з рекомендаціями, «державна підтримка повинна бути організована таким чином, щоб власники нерухомості могли здійснити модернізацію практично без впливу на орендну плату», а збір на модернізацію повинен бути відповідно скоригований.

Таке визначення пріоритетів також може забезпечити не тільки швидке досягнення високих показників економії CO₂, але й значну економію газу в найближчі роки. Це дозволяє заощадити кошти, зменшивши необхідність укладати довгострокові контракти на імпорт СПГ та інвестувати в газовидобуток і інфраструктуру СПГ. Наприклад, якщо історичний рівень модернізації, який становить трохи менше одного відсотка, буде поступово збільшений до двох відсотків цього року, трьох відсотків у 2024 році та чотирьох відсотків у 2025 році, і ці модернізації спочатку будуть спрямовані на найбільш неефективні будівлі, до кінця 2025 року можна буде заощадити близько 14,4 відсотка попиту на газ у будівельному секторі.

Можна припустити, що власники будівель будуть виконувати мінімальні вимоги лише в тій мірі, в якій вони просто поліпшать будівлю настільки, щоб вийти з найгірших класів енергоефективності. Це створює ризик необхідності двох енергетичних реконструкцій на шляху до кліматичної нейтральності, що призведе до додаткових витрат. Тому важливо забезпечити, щоб державна підтримка заходів з підвищення енергоефективності будівель надавалася лише тим заходам, які в сукупності призводять до комплексної енергетичної реконструкції.

Необхідність узгодженості політик та довгострокового стратегічного планування

Для того щоб реновація будівельного фонду відбувалася системно та масштабно, необхідною передумовою є узгодженість політик на різних рівнях державного управління. Успіх у сфері енергоефективності залежить не лише від технічних рішень чи фінансових механізмів, але й від того, наскільки комплексно вибудована державна політика та наскільки послідовно реалізується стратегічне бачення енергетичного переходу.

Однією з ключових проблем є те, що політика енергоефективності часто розпорошена між різними міністерствами й агентствами, які мають різні пріоритети та обмеження. Внаслідок цього заходи модернізації можуть втрачати узгодженість, дублюватися або реалізовуватися у фрагментарному форматі. Тому важливо створити механізми міжвідомчої координації, які забезпечуватимуть спільне бачення та ефективний розподіл відповідальності.

Крім того, питання реновації будівель повинно розглядатися не лише в рамках енергетичної політики, але і в контексті соціальної, екологічної, фіскальної та регіональної політики. Наприклад, модернізація житлового сектору має безпосередній вплив на подолання енергетичної бідності, покращення якості життя громадян та підвищення стійкості громад до коливань цін на енергоносії. Реновація державних будівель має ефект для бюджетної економії та модернізації інфраструктури суспільних послуг. А заходи у промисловому секторі впливають на конкурентоспроможність економіки в цілому.

Стратегічне планування реновації повинно враховувати довгострокові цілі декарбонізації та адаптації до зміни клімату. Це передбачає визначення цільових показників на 2030, 2040 та 2050 роки, а також розробку сценаріїв модернізації, які враховують технологічний прогрес, прогнозовані зміни енергетичних ринків та доступність фінансових ресурсів. Чіткі та амбітні дорожні карти дають змогу інвесторам і виконавцям робіт орієнтуватися на стабільний ринок, знижують невизначеність і стимулюють розвиток інновацій.

Довгострокові державні стратегії також мають підкріплюватися відповідними бюджетними програмами, які забезпечують тривале фінансування модернізаційних заходів. Недостатньо оголосити політичну мету — необхідно гарантувати сталість фінансування, інакше ринок не зможе розвиватися з належною швидкістю. Успішні європейські практики демонструють, що найефективніші програми — це ті, які працюють десятиліттями та забезпечують постійний потік інвестицій.

Узгодженість політик також включає взаємодію між державним і приватним сектором. Потрібні механізми, які дозволяють бізнесу брати участь у модернізаційних програмах на партнерських умовах. До таких механізмів належать державно-приватні партнерства, енергосервісні контракти, спеціальні інвестиційні платформи тощо. Участь приватного сектору забезпечує ефективність реалізації проєктів, тоді як держава створює необхідні рамкові умови та зменшує ризики.

У підсумку, реновація будівель може стати одним із ключових елементів енергетичного переходу лише за умови системної узгодженості політик, стратегічного бачення та стабільного фінансування. Без цього ринок залишатиметься нестабільним, розпорошеним і недостатньо привабливим для інвесторів. Створення цілісного, узгодженого та передбачуваного політичного середовища є фундаментом для успішної реалізації масштабних програм модернізації в Європі.

Реновація як драйвер технологічного розвитку та інновацій у будівельному секторі

Розгортання масштабних програм модернізації будівельного фонду не лише сприяє скороченню енергоспоживання, але й створює умови для технологічного оновлення будівельної галузі. Енергоефективність стає одним із ключових чинників інноваційного розвитку, адже саме потреба досягнення глибокої реновації стимулює впровадження нових матеріалів, конструктивних рішень і цифрових технологій.

Сучасні підходи до термомодернізації включають використання високоефективних теплоізоляційних матеріалів, фасадних систем із поліпшеними теплотехнічними характеристиками, інтегрованих систем автоматизації, а також технологій, що дозволяють забезпечувати майже нульове енергоспоживання будівлі. Дедалі ширше застосовуються цифрові інструменти — наприклад, системи енергетичного моделювання та цифрові близнюки будівель, які дають змогу оптимізувати проєктні рішення та контролювати ефективність модернізації на всіх етапах.

Іншими важливими напрямками інновацій є промислові методи будівництва та реновації. Широке впровадження модульних і панельних систем дозволяє скорочувати терміни виконання робіт, зменшувати витрати та підвищувати якість модернізації. Такий підхід особливо важливий для великих житлових масивів, які потребують стандартизованих та економічно доступних рішень.

Розвиток інновацій у сфері реновації також стимулюється появою нових бізнес-моделей. Енергосервісні компанії, фінансові платформи та спеціалізовані проєктні офіси пропонують комплексні рішення «під ключ», беручи на себе технічні, організаційні та фінансові аспекти проєктів. Це значно полегшує участь власників будівель у програмах модернізації та знижує бар'єри входу на ринок.

Важливу роль у підтримці технологічного розвитку відіграють європейські нормативи та дослідницькі програми. Політика ЄС у сфері декарбонізації створює постійний попит на інноваційні рішення та забезпечує їх швидку комерціалізацію. Дослідницькі гранти, програми підтримки стартапів і демонстраційні проєкти сприяють впровадженню нових технологій на ринку та прискорюють адаптацію будівельного сектору до вимог майбутнього.

Таким чином, енергоефективна реновація сприяє формуванню інноваційної екосистеми, де будівельні технології, цифрові інструменти, нові матеріали та фінансові механізми працюють у єдиному напрямі — підвищення енергетичної продуктивності та стійкості будівель. Вона також створює значний потенціал для розвитку експорту технологій і послуг у сфері енергоефективності, що може стати важливим фактором економічного зростання в довгостроковій перспективі.

Масштабування реновації як частина європейської кліматичної політики

Реновація будівельного фонду займає центральне місце в європейських стратегіях декарбонізації, адже саме будівлі становлять одну з найбільших часток кінцевого споживання енергії та викидів CO₂. Європейський Союз визначає модернізацію будівель як ключовий елемент досягнення кліматичної нейтральності до 2050 року, наголошуючи на необхідності підвищення темпів глибокої реновації по всьому континенту.

У рамках Європейського зеленого курсу (European Green Deal) та пакета «Fit for 55» модернізація будівель визначена одним із пріоритетних напрямів політики. Європейська Комісія підкреслює, що нинішні темпи реновації є недостатніми: лише близько 1% будівель щороку проходить модернізацію, причому лише мала частина цих проєктів відповідає критеріям глибокої реновації. Для досягнення кліматичних цілей ЄС цей показник має зростати щонайменше втричі.

Ключовим завданням є перехід від фрагментарної модернізації окремих елементів будівлі до комплексного підходу, який забезпечує суттєве зниження енергоспоживання. Заміна вікон чи встановлення нового котла без вирішення проблем теплоізоляції або вентиляції не дає достатнього ефекту. Тому сучасні стратегії реновації передбачають комплексні рішення, що охоплюють огорожувальні конструкції, інженерні системи та цифрове керування енергоспоживанням.

Європейський Союз також визнає, що реновація має соціальний вимір. Важливою складовою політики є подолання енергетичної бідності, яка вражає мільйони домогосподарств у країнах ЄС. Модернізація житла знижує витрати на опалення й охолодження, підвищує комфорт проживання та створює кращі умови для життя найбільш вразливих груп населення. Саме тому соціальні програми та цільові гранти відіграють важливу роль у реноваційній політиці держав-членів.

Суттєвим чинником прискорення реновації є доступ до фінансування. ЄС створив низку фінансових інструментів — зокрема фонд InvestEU, програми Європейського інвестиційного банку та фонди регіонального розвитку — які спрямовані на підтримку модернізації будівель у різних секторах. Крім того, запроваджуються механізми гарантування кредитів і підтримки приватних інвестицій, що дозволяє масштабувати реноваційні програми.

У ширшому контексті реновація будівель є не лише енергетичним або екологічним завданням, але й структурною реформою, яка визначає майбутнє європейської економіки. Вона сприяє розвитку нових галузей, стимулює попит на високотехнологічні рішення та формує нові ринки. Таким чином, масштабування реновації стає одним із ключових інструментів модернізації

європейського суспільства та підвищення його стійкості перед глобальними викликами.

Встановлення обов'язкових цілей з реконструкції та мінімальних стандартів для неефективних будівель

Щоб заощадити газ і витрати в короткостроковій перспективі та полегшити перехід до кліматично нейтрального будівельного сектору, необхідне поєднання теплової модернізації та переходу на не викопні джерела енергії. Поступове збільшення темпів модернізації дозволить досягти обох цілей. Це збільшення має бути надійним як для виробничої галузі, яка виробляє такі матеріали, як ізоляційні матеріали або скло, так і для будівельної галузі, яка навчає та наймає людей для проведення теплової модернізації. Одноразові заходи, які не мають такої надійності, не приведуть до інвестицій і, отже, не забезпечать бажаних темпів модернізації.

Дві політичні заходи, зокрема, можуть спільно сприяти створенню необхідної інвестиційної бази. По-перше, чітка політична прихильність до обов'язкової мети модернізації. Це повинно бути закріплено в системі управління та в національному законі про захист клімату. На основі обов'язкової норми можна узгодити з цією метою державні програми навчання, консультування та підтримки. Другий захід – мінімальні стандарти енергоефективності (MEPS) для будівель: надання пріоритету модернізації найменш ефективних житлових будівель може забезпечити стійкий захист, зокрема, домогосподарств з низьким рівнем доходу від різких стрибків цін на енергоносії, одночасно досягаючи максимальної економії газу та CO₂. Обидва заходи разом створюють надійну перспективу для залучення необхідних інвестицій у додаткові потужності в секторі будівельних матеріалів та будівництва.

3.8 Пропозиції щодо вдосконалення державної політики по відношенню до реновації будівельного фонду.

Моніторинг, оцінювання та звітність як невід'ємні елементи реноваційних програм

Моніторинг, оцінювання та звітність є ключовими елементами ефективного управління реноваційними програмами. Вони забезпечують контроль за виконанням робіт, оцінку їхньої ефективності, відповідність поставленим цілям та гарантують прозорість процесу для інвесторів, державних інституцій і громадськості. Без комплексної системи моніторингу реноваційні програми втрачають керованість, а очікувані результати можуть не бути досягнуті.

Моніторинг охоплює збір і аналіз інформації про хід реалізації реноваційних заходів. Це включає відстеження строків виконання робіт, використання

бюджетних коштів, дотримання технічних вимог та якісних стандартів. Систематичний моніторинг дає змогу виявляти можливі відхилення, оперативно коригувати процеси та запобігати технічним і фінансовим ризикам.

Оцінювання ефективності реноваційних заходів є наступним важливим етапом. Воно передбачає аналіз досягнутих результатів за такими ключовими параметрами:

- скорочення енергоспоживання,
- зменшення викидів парникових газів,
- покращення мікроклімату та умов перебування,
- економічні вигоди, зокрема зменшення експлуатаційних витрат,
- довговічність та якість модернізованих систем.

Оцінювання результативності може включати енергоаудити після завершення реновації, порівняння даних «до» і «після», а також аналіз реальних споживчих показників протягом певного періоду експлуатації.

Звітність забезпечує прозорість і підзвітність, демонструючи, що кошти використано відповідально та цільово. Звіти можуть включати:

- детальні технічні дані,
- фінансові витрати,
- індикатори ефективності,
- інформацію про соціальний та екологічний вплив.

Якісна звітність є критично важливою для залучення інвестицій, особливо у випадках використання механізмів зелених облігацій, грантів або міжнародного співфінансування. Інвестори потребують точних і підтверджених даних, які демонструють ефективність вкладень.

У сучасних системах реновації дедалі частіше застосовуються автоматизовані цифрові платформи, які дозволяють у режимі реального часу відстежувати результати, формувати статистику, генерувати аналітику та автоматично створювати звіти. Такі платформи підвищують точність даних, спрощують роботу адміністраторам і дозволяють удосконалювати планування наступних етапів реновації.

Ефективна система моніторингу та управління базується на таких принципах:

- регулярність і безперервність збору даних,
- об'єктивність і незалежність оцінки,
- доступність інформації для ключових зацікавлених сторін,
- стандартизованість методик і показників,
- прозорість та відкритість результатів,

- орієнтація на довгострокову ефективність, а не лише на завершення робіт.

Комплексний моніторинг та оцінювання дозволяють не лише перевірити якість реалізації поточних проєктів, але й вдосконалювати політику реновації на системному рівні, вносячи корективи у фінансування, нормативні акти, технічні вимоги та організаційні підходи.

Довгострокові переваги реновації для держави та суспільства

Довгострокові переваги реновації виходять далеко за межі безпосередніх технічних і фінансових результатів. Реновація створює фундамент для сталого соціально-економічного розвитку, забезпечує енергетичну та екологічну безпеку, а також сприяє формуванню сучасної інфраструктури, здатної відповідати викликам майбутнього.

Однією з основних довгострокових переваг є підвищення енергетичної незалежності країни. За рахунок суттєвого скорочення споживання газу, тепла та електроенергії державний і приватний сектори зменшують залежність від імпортованих енергоносіїв. Це забезпечує макроекономічну стабільність, знижує зовнішні ризики та сприяє зміцненню національної енергетичної безпеки.

Реновація відіграє ключову роль у зменшенні викидів парникових газів, що є центральним елементом виконання міжнародних кліматичних зобов'язань. Оскільки будівельний сектор є одним із найбільших джерел викидів, модернізація будівель значно сприяє досягненню цілей Паризької угоди та переходу до економіки з низьким рівнем вуглецевих викидів.

Довгострокові соціальні вигоди включають покращення умов життя населення, зниження рівня енергетичної бідності, підвищення доступності якісних послуг у школах, лікарнях та адміністративних установах. Модернізовані будівлі забезпечують комфорт і безпеку, що позитивно впливає на здоров'я, продуктивність праці та рівень соціальної інтеграції.

Економічні вигоди проявляються у зростанні ринкової вартості нерухомості, підвищенні продуктивності працівників, створенні нових робочих місць та розвитку локальних економік. Довгострокове зниження експлуатаційних витрат дозволяє державі та громадам ефективніше використовувати бюджетні ресурси.

На інституційному рівні реновація сприяє підвищенню якості державного управління, оскільки потребує прозорості, точності даних, належного моніторингу та обґрунтованого прийняття рішень. Це стимулює розвиток сучасних управлінських практик, цифровізацію та вдосконалення нормативної бази.

У стратегічному вимірі реновація формує інноваційний потенціал країни, сприяючи розвитку ринку енергоефективності, застосуванню сучасних технологій, зростанню кваліфікації працівників та формуванню попиту на високотехнологічні рішення.

Таким чином, реновація будівель є не просто технічним процесом модернізації фізичних об'єктів — це багатовимірний інструмент трансформації держави, який визначає якість життя населення, рівень економічного розвитку, екологічну стійкість та конкурентоспроможність країни у довгостроковій перспективі.

Інтеграція реноваційних програм у ширші стратегії сталого розвитку

Реновація будівель є важливим елементом ширших стратегій сталого розвитку, оскільки її вплив охоплює енергетичну, екологічну, соціальну та економічну сфери. Успішна модернізація будівельного фонду сприяє досягненню низки цілей сталого розвитку (ЦСР), встановлених ООН, зокрема тих, що стосуються енергоефективності, боротьби зі зміною клімату, підвищення якості життя та розвитку інфраструктури.

Передусім реновація є ключовим інструментом у реалізації довгострокових кліматичних стратегій, спрямованих на скорочення викидів парникових газів та підвищення стійкості інфраструктури до кліматичних змін. Оскільки будівлі споживають значну частку енергії та є джерелом суттєвих викидів CO₂, їхня модернізація забезпечує системне скорочення вуглецевого сліду країни. Це робить реновацію невід'ємною частиною реалізації національно визначеного внеску України до Паризької угоди.

Важливим аспектом є інтеграція реноваційних програм у міське планування та розвиток громад. Сучасні підходи до сталого урбанізму включають енергоефективне будівництво, оновлення старої забудови, підвищення екологічної якості міського середовища та формування стійкої інфраструктури. Реновація будівель у поєднанні з програмами з озеленення, розвитку громадського транспорту та модернізації інженерних мереж дозволяє створювати міста, стійкі до кліматичних змін, які забезпечують високий рівень комфорту та безпеки.

Реноваційні програми також інтегруються у стратегії енергетичного переходу, спрямованого на поступову відмову від викопних видів палива та розвиток відновлюваних джерел енергії. Модернізовані будівлі є значно ефективнішими об'єктами для інтеграції сонячних панелей, геліосистем, теплових насосів та систем зберігання енергії. Завдяки цьому реновація сприяє створенню децентралізованих, екологічно чистих енергетичних систем.

Соціальний вимір є невід'ємною частиною сталих стратегій, і реновація будівель відіграє тут важливу роль, оскільки сприяє зменшенню соціальної нерівності та підвищенню інклюзивності. Модернізація публічних закладів — шкіл, медичних установ, соціальних центрів — забезпечує рівний доступ до якісних послуг для всіх груп населення, включно з людьми з інвалідністю, дітьми та літніми людьми. Це зміцнює соціальну єдність і сприяє розвитку людського капіталу.

Економічний компонент сталого розвитку реалізується через підтримку локальної економіки, розвиток малого та середнього бізнесу, створення робочих місць і стимулювання інновацій. Реновація будівель створює попит на нові технології, професії та послуги, зокрема у сфері енергоаудиту, автоматизації та виробництва високоефективних матеріалів.

У ширшому контексті реновація сприяє формуванню стійких територіальних громад, які здатні адаптуватися до економічних та кліматичних викликів. Вона забезпечує модернізацію інфраструктури, підвищує комфорт і безпеку, зменшує вразливість перед енергетичними кризами та сприяє формуванню активного громадянського суспільства.

Таким чином, інтеграція реноваційних програм у стратегії сталого розвитку є необхідною умовою для комплексної модернізації країни. Реновація будівель не лише підвищує енергоефективність і зменшує викиди, але й формує підґрунтя для екологічно стійкого, економічно конкурентного та соціально збалансованого майбутнього.

Реновація будівельного фонду є стратегічним напрямом розвитку держави, що охоплює широкий спектр технічних, економічних, екологічних та соціальних аспектів. Її значення виходить далеко за межі модернізації окремих об'єктів, оскільки реновація є ключовим інструментом трансформації національної інфраструктури, енергетики та системи управління.

Перш за все, реновація забезпечує суттєве скорочення споживання енергії, що є критичним для підвищення енергетичної незалежності країни. Модернізовані будівлі споживають значно менше енергоресурсів, що зменшує потребу в імпорті газу та інших видів палива, а також сприяє підвищенню енергетичної безпеки.

Другим важливим аспектом є внесок реновації у боротьбу зі зміною клімату. Скорочення викидів парникових газів через енергомодернізацію будівель є одним із найефективніших шляхів виконання міжнародних кліматичних зобов'язань, а також реалізації національних стратегій декарбонізації.

Реновація відіграє вирішальну роль у підвищенні якості життя населення, забезпечуючи комфортні, безпечні та енергоефективні умови у житлових і

публічних будівлях. Покращення мікроклімату, вентиляції, освітлення та загальної естетики приміщень має позитивний вплив на здоров'я, продуктивність і добробут людей.

Економічна значущість реновації проявляється у створенні робочих місць, розвитку локального бізнесу, зростанні ринкової вартості об'єктів та зменшенні експлуатаційних витрат. У довгостроковій перспективі реновація генерує значну економію бюджетних коштів, що може бути спрямована на інші пріоритетні сфери.

З інституційної точки зору, реновація стимулює удосконалення системи державного управління, сприяючи підвищенню прозорості, впровадженню цифрових технологій, вдосконаленню нормативної бази та покращенню управлінських компетентностей на всіх рівнях.

Таким чином, реновація будівель є не лише технічною модернізацією, але й стратегічним інструментом розвитку держави, що формує підґрунтя для енергетичної безпеки, екологічної стійкості, економічного зростання та соціального добробуту. Вона повинна розглядатися як довгостроковий державний пріоритет, що визначає майбутнє країни у контексті глобальних викликів та національних потреб.

Рекомендації для подальшого розвитку реноваційної політики

Успішна реалізація реноваційних програм потребує комплексного стратегічного підходу, який поєднує фінансові, нормативні, технічні, інституційні та соціальні інструменти. На основі проведеного аналізу можна сформулювати ключові рекомендації, спрямовані на забезпечення ефективності та довгострокової результативності політики реновації.

1. Розроблення довгострокової національної стратегії реновації

Потрібно сформулювати цілісну стратегію, що визначатиме:

- кількісні показники реновації на 10–30 років,
- пріоритетні категорії будівель,
- очікувані рівні енергоефективності,
- модель фінансування та участь приватного сектору.

Стратегія має бути узгоджена з кліматичними цілями, Європейським зеленим курсом та Директивою про енергоефективність будівель.

2. Створення стабільної нормативно-правової бази

Необхідно:

- гармонізувати будівельні стандарти з європейськими,
- уточнити вимоги до енергоаудиту,

- впровадити обов'язкове декларування енергоефективності,
- забезпечити стабільність правил для інвесторів.

Чіткість нормативної бази стимулює розвиток ринку та зменшує ризики.

3. Підвищення інституційної спроможності державних і місцевих органів

Слід:

- створити спеціалізовані центри експертизи,
- підвищити кваліфікацію працівників,
- забезпечити методологічну та консультативну підтримку громад,
- розвивати цифрові платформи для моніторингу проєктів.

Сильні інституції є передумовою масштабних реноваційних програм.

4. Формування ефективної фінансової інфраструктури

Рекомендується:

- збільшення використання зелених облігацій,
- запровадження змішаних моделей фінансування (державне + приватне),
- стимулювання розвитку ринку ЕСКО,
- створення фондів співфінансування модернізації.

Фінансова система повинна забезпечувати сталі ресурси для реновації.

5. Підтримка інновацій та цифрових технологій

Потрібно стимулювати:

- застосування ВІМ,
- використання систем автоматизації будівель,
- розвиток інтелектуальних систем енергоменеджменту,
- впровадження високоефективних матеріалів та технологій.

Інновації значно підвищують ефективність реновації.

6. Розвиток кадрового потенціалу

Потрібно створити:

- національні програми підготовки та перекваліфікації кадрів,
- освітні центри для енергоаудиторів, інженерів, проєктантів, менеджерів,
- регіональні тренінгові платформи.

Доступність кваліфікованої робочої сили є ключовою умовою якісної модернізації.

7. Залучення громадськості та підвищення рівня поінформованості

Рекомендується:

- проводити інформаційні кампанії,
- залучати громади до планування,
- створювати демонстраційні об'єкти,
- забезпечувати прозору звітність.

Це знижує соціальні ризики та підвищує довіру до проєктів.

8. Інтеграція реновації в ширші політики розвитку

Реновація повинна бути частиною:

- політики декарбонізації,
- програм енергетичного переходу,
- стратегій сталого урбанізму,
- планів відновлення та модернізації інфраструктури.

Комплексний підхід забезпечує максимальний ефект.

Сафронінова Я.Р.

РОЗДІЛ 4. ЕКОНОМІЧНІ АСПЕКТИ ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ У ДОМОГОСПОДАРСТВАХ З ПИТАНЬ ВЕНТИЛЯЦІЇ З РЕКУПЕРАЦІЄЮ

Енергозбереження набуло критичного значення, особливо в контексті глобальних екологічних викликів та зростання вартості енергоресурсів. У даному дослідженні підкреслюється зростаюча роль сталого розвитку шляхом поєднання технічної оцінки систем вентиляції з рекуперацією тепла (HRV) та заходів зі зниження енергетичних потреб із економічним аналізом нових індивідуальних житлових будинків в Україні. Проведено дослідження економічної ефективності застосування систем HRV з урахуванням різної товщини теплоізоляції та обсягів повітрообміну.

На основі понад 1500 симуляцій енергетичних характеристик будівель досліджено економічні й екологічні взаємозв'язки між інвестиціями в системи вентиляції з рекуперацією тепла та ізоляційні технології. Отримані результати засвідчили, що встановлення систем HRV дає змогу домогосподарствам досягати суттєвої економії енергії — близько 2600 кВт·год на рік. Рівень цих заощаджень залежить від низки чинників, зокрема інтенсивності повітрообміну, товщини теплоізоляційного шару та теплотехнічних характеристик віконних конструкцій.

Економічний аналіз показав, що фінансові вигоди від оптимального утеплення становлять від 50 000 до 400 000 тисяч гривень, тоді як інвестиції в системи вентиляції з рекуперацією тепла забезпечують економічний ефект у межах від 20 000 до 290 000 тисяч гривень. Отримані показники істотно залежать від рівня цін на енергоносії та інтенсивності вентиляції, що підтверджує доцільність комплексного підходу до підвищення енергоефективності будівель.

Перетин екологічної політики та енергоспоживання житлового сектору зумовлює посилення уваги до питань енергоефективності, впровадження відновлюваних джерел енергії, електрифікації та сталих практик будівництва. Зазначені напрями є критично важливими не лише для пом'якшення наслідків зміни клімату, але й для забезпечення довгострокової екологічної стійкості. Будівлі, на які припадає близько 40% світового кінцевого споживання енергії та понад 30% загальних викидів парникових газів, відіграють ключову роль у глобальному переході до сталого розвитку. Зокрема, енергоспоживання систем вентиляції може становити від 10% до 50% загального електроспоживання будівлі, що свідчить про значний потенціал зменшення негативного впливу на довкілля шляхом оптимізації вентиляційних систем і підвищення загальної енергоефективності житлових будівель.

Рівень енергоспоживання в житлових будівлях суттєво варіюється залежно від таких чинників, як географічне розташування, кліматичні умови, розміри та вік будівлі, застосовані будівельні матеріали, особливості поведінки мешканців, а також рівень упровадження енергоефективних заходів. З огляду на таку багатофакторність, дедалі більшої актуальності набуває орієнтація на сталі технічні рішення, зокрема підвищення якості теплоізоляції, застосування ефективних вентиляційних систем і інтеграція відновлюваних джерел енергії. Такі підходи не лише сприяють зменшенню екологічного навантаження, але й забезпечують комфортні, безпечні та енергоефективні умови проживання для користувачів будівель.

Хоча системи вентиляції з рекуперацією тепла (HRV) широко представлені в сучасних наукових дослідженнях, наразі не виявлено робіт, які б цілеспрямовано розглядали контекст країн Центральної Європи з одночасним урахуванням оптимізації коефіцієнтів теплопередачі зовнішніх огорожувальних конструкцій та систем HRV. Дане дослідження зосереджене на аналізі енергетичних характеристик будівель з позицій двох ключових параметрів — теплоізоляції та вентиляції — як у технічному, так і в економічному вимірах. Зазначені параметри були обрані з огляду на їх відносну доступність для коригування на етапі проектування та будівництва, на відміну від таких чинників, як орієнтація будівлі, геологічні умови чи затінення, які є менш керованими, проте також суттєво впливають на енергоефективність.

У наступному розділі наведено результати окремих найновіших досліджень, присвячених системам HRV та/або оптимізації теплотехнічних властивостей зовнішніх огорожувальних конструкцій. Зокрема, Gauch та ін. відзначили відсутність системного аналізу ширшого спектра характеристик будівель і запропонували відповідний підхід у власному дослідженні. Отримані ними результати засвідчили суттєвий позитивний вплив систем HRV на загальну енергоефективність будівель, однак дослідження обмежувалося багатоповерховими будівлями. Також доцільно порівняти результати даного дослідження з роботою Saari та ін., які аналізували індивідуальні житлові будинки в умовах різних нормативних вимог та з різними заданими коефіцієнтами теплопередачі. Водночас їхнє дослідження не було зосереджене на оптимізації теплоізоляції та систем HRV і проводилося в кліматичних умовах Фінляндії, що обмежує можливість прямого зіставлення результатів.

Системи вентиляції з рекуперацією тепла (HRV) відіграють важливу роль не лише в оптимізації енергоспоживання будівель, але й у підвищенні теплового комфорту користувачів, забезпеченні осушення повітря, а також у складі економічно ефективних систем опалення та охолодження в поєднанні з тепловими насосами типу «повітря–повітря» [24]. Зокрема, використання

теплової енергії стічних вод для попереднього підігріву припливного повітря в системах HRV було проаналізовано Ploskić та Wang. Автори дійшли висновку, що така система здатна зменшити потребу в тепловій енергії для вентиляції на 27–40% залежно від розмірів повітряного підігрівача, а також пом'якшити вплив суворих кліматичних умов північної Швеції, де проводилося дослідження. Подібні результати були отримані Cablé та ін. [26], які дослідили систему HRV з додатковим джерелом попереднього підігріву у вигляді дров'яної печі в умовах Франції та Норвегії.

Дане дослідження поєднує термодинамічний та фінансовий аналіз для оцінювання двох ключових інвестиційних рішень, що приймаються приватними забудовниками при зведенні нових житлових будинків, а саме: вибору теплоізоляційних рішень та впровадження систем вентиляції з рекуперацією тепла (HRV). Поєднання технічних розрахунків з економічною оцінкою забезпечує інвесторам більш комплексну основу для прийняття рішень, пов'язуючи показники енергетичної ефективності з фінансовими наслідками.

Актуальність таких досліджень зростає в умовах посилення нормативних вимог до енергоефективності будівель та необхідності скорочення викидів вуглецю. Незважаючи на зростаючу увагу до сталих будівельних практик, у науковій літературі досі спостерігається помітний дефіцит досліджень, що комплексно оцінюють поєднання систем HRV і теплоізоляційних стратегій в умовах клімату Центральної Європи. Україна була обрана як репрезентативний приклад завдяки помірному клімату та значній частці населення — понад 58% — яке проживає в індивідуальних або блокованих житлових будинках.

Попри цінність досліджень проведених іншими, жодне з них не охоплює повний спектр питань, розглянутих у даній роботі. Станом на сьогодні не було виявлено досліджень, які б аналізували новозбудований індивідуальний житловий будинок у Польщі з урахуванням широкого діапазону коефіцієнтів теплопередачі (U) для різних елементів огорожувальних конструкцій, рівнів повітронепроникності та інтенсивності вентиляції, поєднаних з економічною оцінкою, що враховує коливання цін на енергоносії.

Об'єктом дослідження є новозбудований односімейний житловий будинок, оскільки більшість існуючих будівель в Україні оснащені гравітаційними системами вентиляції, інтегрованими з димарями та віконними вентиляційними ґратами. Модернізація таких систем зазвичай є складною та витратною, оскільки потребує демонтажу або модифікації димарів, вентиляційних каналів і віконних конструкцій. Через значну варіативність таких рішень і відсутність узгоджених даних щодо вартості реконструкції, існуючі будівлі були виключені зі сфери даного аналізу.

Наукова новизна даного дослідження полягає у застосуванні масштабного симуляційного підходу для оцінювання теплотехнічних характеристик огорожувальних конструкцій з різними значеннями коефіцієнтів теплопередачі, а також у дослідженні впливу систем HRV на енергоефективність будівель. Це доповнено фінансовим аналізом, що враховує вартість та доступність найбільш поширених джерел енергії, забезпечуючи реалістичну оцінку доцільності та переваг різних проектних рішень.

Предмет дослідження

Моделювання, виконані в межах даного дослідження, базувалися на моделі новозбудованого односімейного житлового будинку, розташованого в центральній частині України. Будинок, розрахований на проживання від двох до шести осіб, має два поверхи без підвального приміщення (план одного поверху — першого поверху — наведено на рисунку 6). Загальна корисна площа будівлі становить 175,26 м², а корисний об'єм — 464,5 м³. Будинок обладнаний системою підлогового опалення.

Зовнішні стіни виконані з автоклавного газобетону товщиною 0,24 м, а фундамент являє собою монолітну бетонну плиту товщиною 0,25 м. Більшість віконних прорізів, а також подовжена сторона будівлі орієнтовані на південь, що сприяє використанню пасивних сонячних теплових надходжень.

Розрахункові симуляції проводилися для зазначеної будівлі з урахуванням різної товщини теплоізоляційного шару як за наявності, так і за відсутності системи вентиляції з рекуперацією тепла (HRV). У сценаріях без застосування системи HRV передбачалася природна вентиляція. Детальна інформація щодо конструктивних та теплотехнічних характеристик будівлі наведена в таблицях 1 і 2.

У таблиці 1 подано площі окремих елементів зовнішніх огорожувальних конструкцій будівлі, зокрема стін, покрівлі, перекриття та вікон. Крім того, у таблиці наведено типи теплоізоляційних матеріалів, використаних у кожній конструктивній огорожувальній частині, разом з їхніми теплотехнічними властивостями, такими як коефіцієнт теплопровідності, щільність і питома теплоємність. Також зазначено питомі вартості теплоізоляційних матеріалів, які були використані в подальшому економічному аналізі.

У таблиці 2 представлено узагальнену характеристику огорожувальних конструкцій будівлі для вибраної товщини теплоізоляції, яка розглядається як змінний параметр у процесі моделювання. Таблиця містить розраховані значення термічного опору кожного елемента огорожувальних конструкцій, а також відповідні коефіцієнти теплопередачі, що характеризують загальні теплові втрати будівлі.

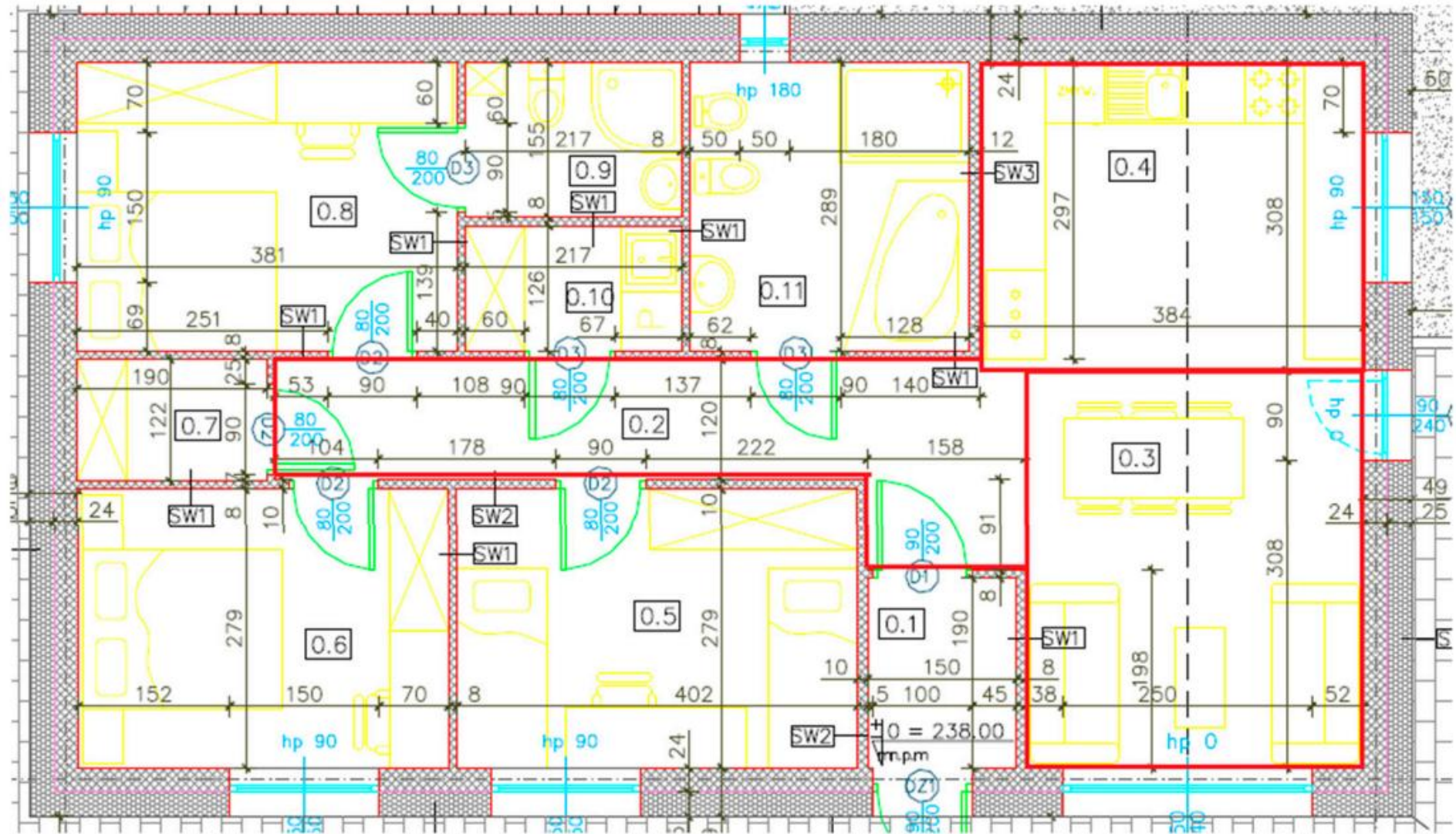


Рис. 6 Планування одного поверху (першого поверху) змодельованої будівлі

Числові значення наведених нижче змінних становлять основні результати проведених моделювань:

- Вентиляція — загальний об'єм повітрообміну ($\text{м}^3/\text{год}$), що контролюється вентиляційною системою;
- Інфільтрація — загальний об'єм повітрообміну ($\text{м}^3/\text{год}$), який не контролюється вентиляційною системою;
- Загальний коефіцієнт теплопередачі (U) зовнішніх стін ($U_{\text{зс}}$), підлоги ($U_{\text{п}}$) та перекриття/стелі ($U_{\text{ст}}$).

У реальних умовах експлуатації вентиляційна система, як правило, може досить легко та точно регулюватися кінцевим користувачем, тобто власником будівлі, у разі застосування механічних систем. Натомість у випадку природної вентиляції можливості регулювання є обмеженими та супроводжуються певними труднощами. У межах числових симуляцій було прийнято два значення інтенсивності вентиляції (V): $140 \text{ м}^3/\text{год}$ та $210 \text{ м}^3/\text{год}$, які обидва відповідають вимогам чинного законодавства Польщі щодо мінімального повітрообміну на рівні 20 м^3 на одну особу.

Інфільтрація визначалась показником кратності повітрообміну за годину (ACRH) за умови різниці тиску 50 Па між внутрішнім простором будівлі та зовнішнім середовищем. У моделюванні було використано два значення ACRH:

- $\text{ACRH} = 1$ — для будівлі з дуже високим рівнем герметичності огорожувальних конструкцій;
- $\text{ACRH} = 4$ — для стандартного рівня повітронепроникності оболонки будівлі.

Загалом було виконано 2512 числових симуляцій, які розподілилися таким чином: 1256 симуляцій для випадку природної вентиляції та 1256 симуляцій із застосуванням системи вентиляції з рекуперацією тепла (HRV) з ефективністю рекуперації 60%.

Для кожної з 1256 симуляцій було розглянуто різні товщини теплоізоляції зовнішніх стін (у діапазоні від $0,10 \text{ м}$ до $0,35 \text{ м}$), а також змінні товщини теплоізоляції підлоги та перекриття. Зміна товщини теплоізоляційного шару безпосередньо впливала на загальний термічний опір i , відповідно, на значення коефіцієнта теплопередачі (U) огорожувальних конструкцій. Значення U приймалися на основі типових товщин теплоізоляційних матеріалів, доступних на ринку.

Таким чином, моделювання виконувалося для різних комбінацій коефіцієнтів теплопередачі окремих елементів будівельної оболонки з відповідними початковими значеннями U . Для зовнішніх стін теплопередача моделювалася з використанням 11 значень коефіцієнта теплопередачі ($\text{Вт}/(\text{м}^2\cdot\text{К})$): 0,103; 0,112; 0,116; 0,119; 0,123; 0,127; 0,132; 0,137; 0,142; 0,153; 0,174, що відповідали різним варіантам товщини теплоізоляції зовнішніх стін.

Для підлоги було прийнято п'ять значень коефіцієнта теплопередачі ($\text{Вт}/(\text{м}^2\cdot\text{К})$): 0,074; 0,094; 0,109; 0,120; 0,128, а для перекриття — три значення: 0,09; 0,12; 0,18.

Для дверей було використано одне стандартне значення коефіцієнта теплопередачі — 1,3 $\text{Вт}/(\text{м}^2\cdot\text{К})$. Для вікон розглядалися два значення: 0,90 $\text{Вт}/(\text{м}^2\cdot\text{К})$ та 0,74 $\text{Вт}/(\text{м}^2\cdot\text{К})$.

На основі зазначеного набору параметрів було виконано 2512 симуляцій сумарної теплової енергетичної потреби досліджуваної будівлі. Для кожного варіанта моделювання визначалося річне теплове навантаження на опалення. Отримані дані (U -параметри) дозволили сформулювати сукупність можливих результатів щодо енергоспоживання, витрат та чистої приведеної вартості (NPV), які були використані для формування висновків, представлених у дослідженні.

Економічний аналіз

Поданий економічний аналіз має прикладний, практично орієнтований характер. Обробка даних здійснювалася у формі, зручній для індивідуальних інвесторів (домогосподарств), із використанням дискретного підходу, водночас із урахуванням багатовимірності досліджуваних параметрів. Запропонований економічний аналіз спрямований на оцінювання економічної ефективності системи вентиляції з рекуперацією тепла, встановленої в будівлі, визначення економічно оптимальних значень коефіцієнтів теплопередачі для теплоізоляції окремих огорожувальних конструкцій, а також на ідентифікацію та обговорення ризиків, пов'язаних з кожним оптимальним варіантом, шляхом проведення аналізу чутливості.

Для кожної з 2512 виконаних симуляцій було розраховано загальну вартість інвестицій у теплоізоляцію на основі поточних цін на теплоізоляційні матеріали. Отримані результати дозволили порівняти різні комбінації технічних параметрів будівельної оболонки з точки зору їх економічної доцільності.

З огляду на складність досліджуваної проблеми, результати були згруповані у чотири категорії залежно від значень кратності повітрообміну за годину (ACRH) та інтенсивності вентиляції, що відображено у таблиці 4.1. Такий

підхід дозволив структуровано проаналізувати вплив ключових параметрів на економічні показники та забезпечив наочність інтерпретації результатів.

Таблиця 4.1

	АСРН =1	АСРН=4
Вентиляція = 210м3/Г	I	II
Вентиляція = 140м3/Г	III	IV

Для кожної з виділених категорій було прийнято два рівні цін на енергію:

- низька (ефективна) ціна — ($P_L = 4$) грн/кВт·год (такий рівень ціни є досяжним в Україні для конденсаційних газових котлів (СGB) та теплових насосів (НР) станом на квітень 2024 року);
- висока (ефективна) ціна — ($P_H = 10$) грн/кВт·год (для систем прямого електричного опалення, квітень 2024 року).

Під ефективною ціною в даному дослідженні розуміється вартість 1 кВт·год енергії, скоригована з урахуванням відповідного коефіцієнта корисної дії системи опалення (92% для конденсаційних газових котлів та 346% для теплових насосів).

Наведені значення цін були використані для розрахунку грошового еквівалента кінцевої енергії, зекономленої внаслідок інвестування в додаткову теплоізоляцію. Розрахунки проводилися шляхом порівняння з варіантами ізоляції з найвищими коефіцієнтами теплопередачі в межах відповідної категорії, але такими, що не перевищують максимально допустимі значення, встановлені чинними нормативними вимогами. Для кожної категорії оцінювалася економічна вигода від підвищення рівня теплоізоляції.

У розрахунках було використано показник кінцевої енергії, оскільки саме він є найбільш релевантним для кінцевих споживачів і безпосередньо відображає реальні експлуатаційні витрати домогосподарств.

Результати та обговорення

Розрахунок теплової потреби будівлі включає низку послідовних етапів, спрямованих на оцінювання різних факторів, що впливають на кількість теплової енергії, необхідної для підтримання комфортних параметрів мікроклімату у приміщеннях. Нижче наведено результати аналізу впливу товщини теплоізоляції, а відповідно й загального коефіцієнта теплопередачі зовнішніх стін, на частку тепловтрат у навколишнє середовище через окремі елементи огорожувальних конструкцій будівлі. На рисунку (2А)

представлено випадок із товщиною теплоізоляції 0,15 м, тоді як на рисунку (2В) — із товщиною 0,25 м. Як видно з отриманих результатів, збільшення товщини теплоізоляційного шару призвело до зменшення тепловтрат через зовнішні стіни на 9%. Водночас частка тепловтрат зросла переважно через віконні конструкції та, меншою мірою, через перекриття.

Відповідно до таблиці 4.1 подано річний тепловий баланс для IV категорії результатів моделювання, за умов інтенсивності вентиляції $V = 140 \text{ м}^3/\text{год}$ та кратності повітрообміну $ACPH = 4$. Баланс включав теплові надходження та тепловтрати через різні елементи будівлі, зокрема внутрішні (стіни, перекриття, вікна та двері) і зовнішні (стіни, покрівля, вікна та двері) огорожувальні конструкції, тепловтрати через конструкції, що контактують із ґрунтом, тепловтрати, зумовлені вентиляційним повітрям, теплові надходження від сонячної радіації, а також внутрішні теплові надходження.

Результатом розрахунку стала загальна річна потреба в тепловій енергії на опалення, яка для цього варіанта становила 33,98 ГДж (9439 кВт·год). Для порівняння, за умови застосування природної вентиляції в тій самій будівлі річна потреба в тепловій енергії на опалення становила 12 081 кВт·год.

Найбільший внесок у тепловий баланс забезпечили:

- теплові надходження від сонячної радіації — 46,42 ГДж, що становить 73,7% від загальних теплових надходжень;
- тепловтрати через зовнішні огорожувальні конструкції — 37,67 ГДж, або 52,7% від загальних тепловтрат;
- тепловтрати, пов'язані з вентиляційним повітрям — 23,33 ГДж, що відповідає 32,6% від загальних тепловтрат.

У таблиці 4.2 наведено детальний тепловий баланс не лише в річному вимірі, а й із розподілом за окремими місяцями. Найбільші теплові надходження від сонячної радіації спостерігалися в літні місяці, що пов'язано з максимальною інтенсивністю сонячного випромінювання за даних кліматичних умов, тоді як мінімальні значення були зафіксовані в зимовий період. Водночас у зимові місяці, внаслідок найнижчих значень температури зовнішнього повітря в Україні, відбувалися найбільші тепловтрати через зовнішні огорожувальні конструкції.

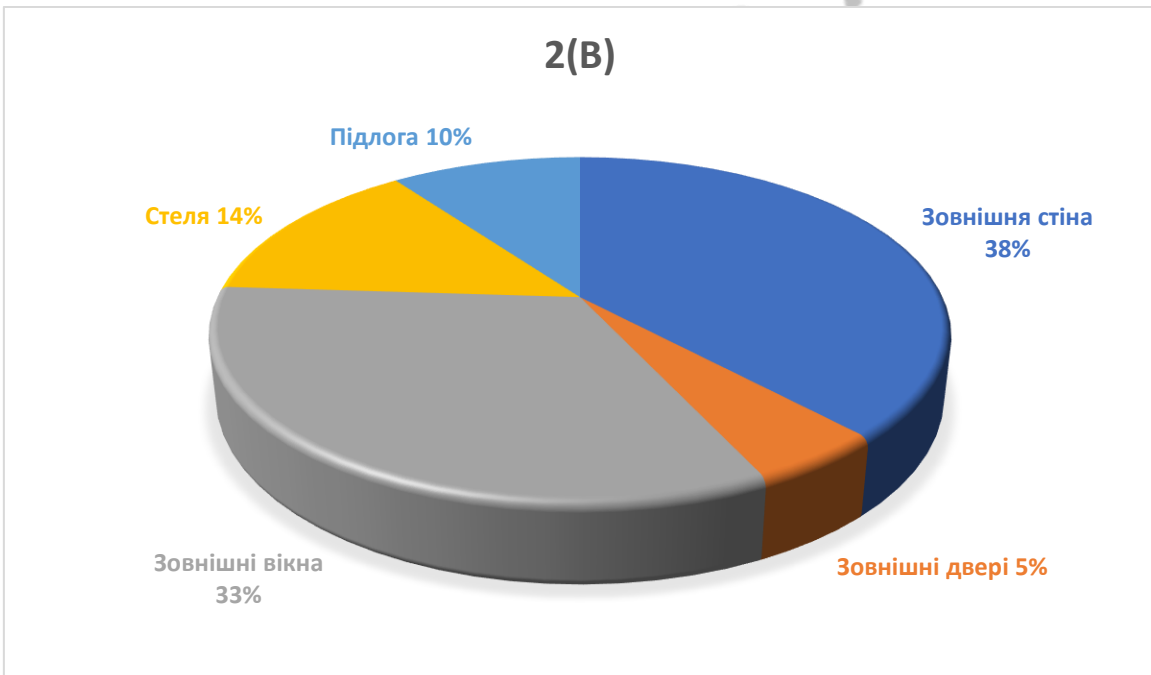
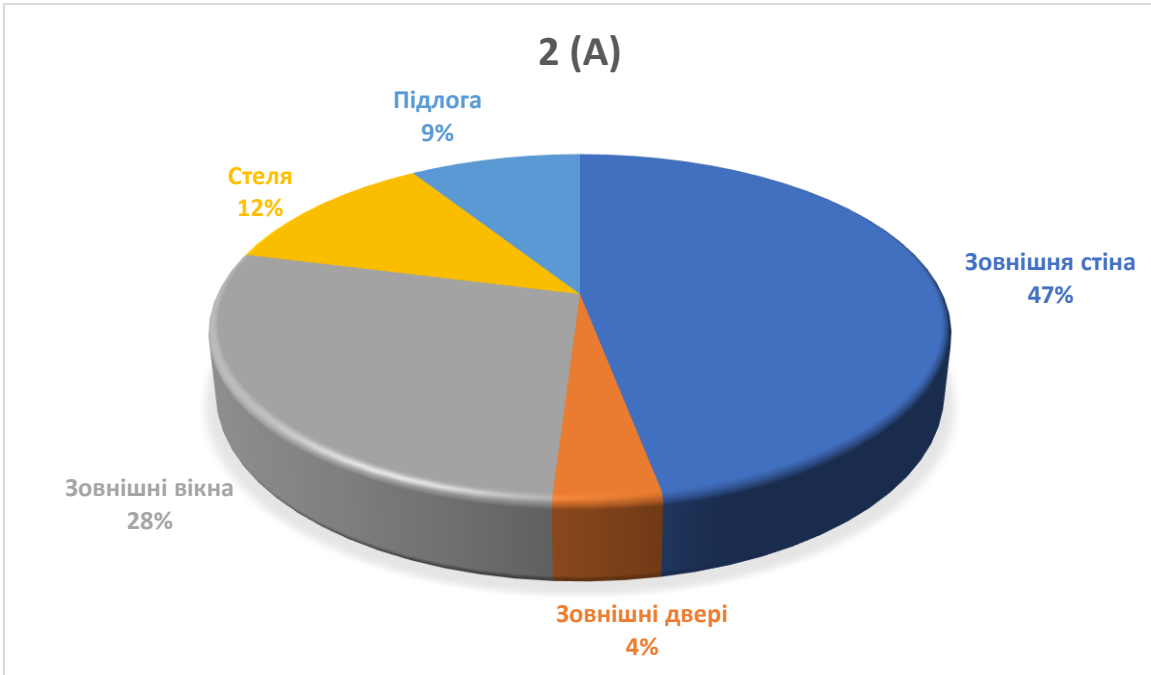


Рис.7 (2А, 2В)

Баланс теплової енергії за сезон

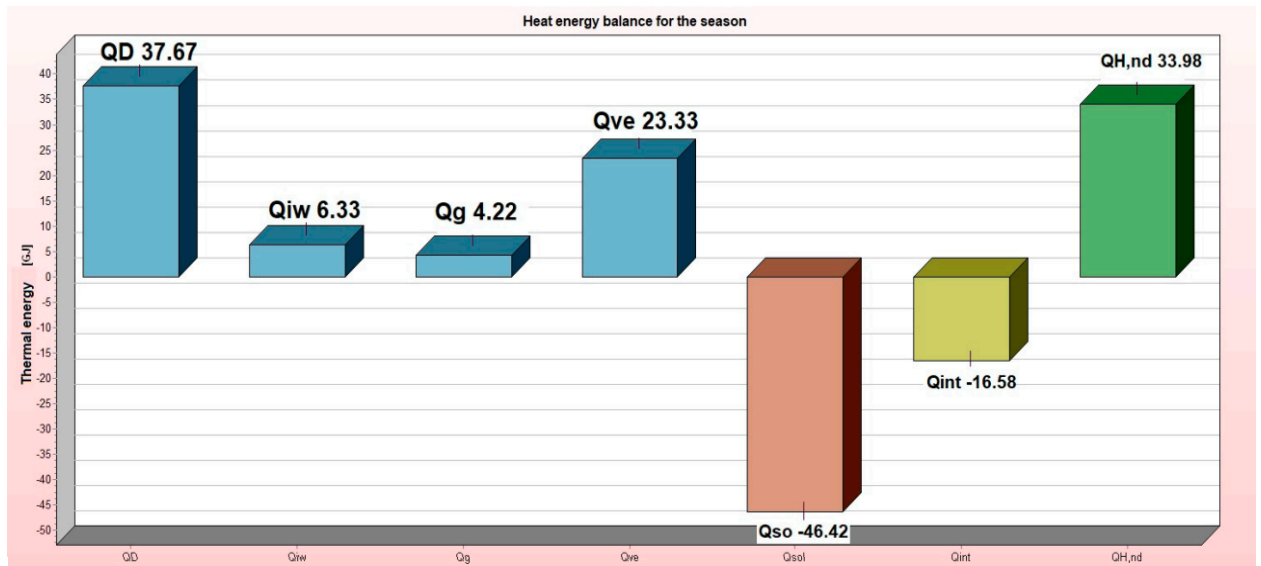


Рис. 8

Таблиця 4.2. Річний та помісячний енергетичний баланс

Місяць	Середня зовнішня температура	Втрата тепла через зовнішні огородження	Втрата тепла через внутрішні огороження	Втрати тепла через підлогу	Втрати тепла через вентиляцію	Надходження тепла через сонячну радіацію	Зовнішні теплонаходження	Загальна потреба в енергії
Січень	-1,0	5,66	0,94	0,47	3,28	1,88	1,41	7,09
Лютий	-1,0	5,11	0,85	0,44	3,28	1,88	1,27	6,56
Березень	3,3	4,52	0,75	0,47	2,66	4,01	1,41	3,37
Квітень	7,6	3,26	0,55	0,41	2,03	4,79	1,36	1,33
Травень	13,5	1,80	0,31	0,36	1,17	6,26	1,41	0,15
Червень	16,6	0,95	0,17	0,29	0,72	6,48	1,36	0,03
Липень	17,5	0,74	0,13	0,25	0,59	6,28	1,41	0,01
Серпень	17,9	0,63	0,11	0,23	0,54	5,7	1,41	0,01
Вересень	12,9	1,90	0,32	0,24	1,26	3,9	1,36	0,38
Жовтень	6,6	3,64	0,61	0,30	2,18	2,92	1,41	2,7
Листопад	3,8	4,24	0,71	0,35	2,58	1,33	1,36	5,21
Грудень	0,7	5,21	0,87	0,42	3,03	1,00	1,41	7,14
СЕЗОН	8,3	37,67	6,33	4,22	23,33	46,42	16,58	33,98

На рисунку 9 проілюстровано вплив застосування системи вентиляції з рекуперацією тепла (HRV) на значення теплової потреби досліджуваної будівлі для випадку витрати повітря $V = 210 \text{ м}^3/\text{год}$ та кратності повітрообміну 1. Загалом, для всіх розглянутих комбінацій значень АСРН, об'ємів вентиляційного повітря та коефіцієнтів теплопередачі, середня річна економія енергії внаслідок встановлення системи HRV становила 2640 кВт·год на рік.

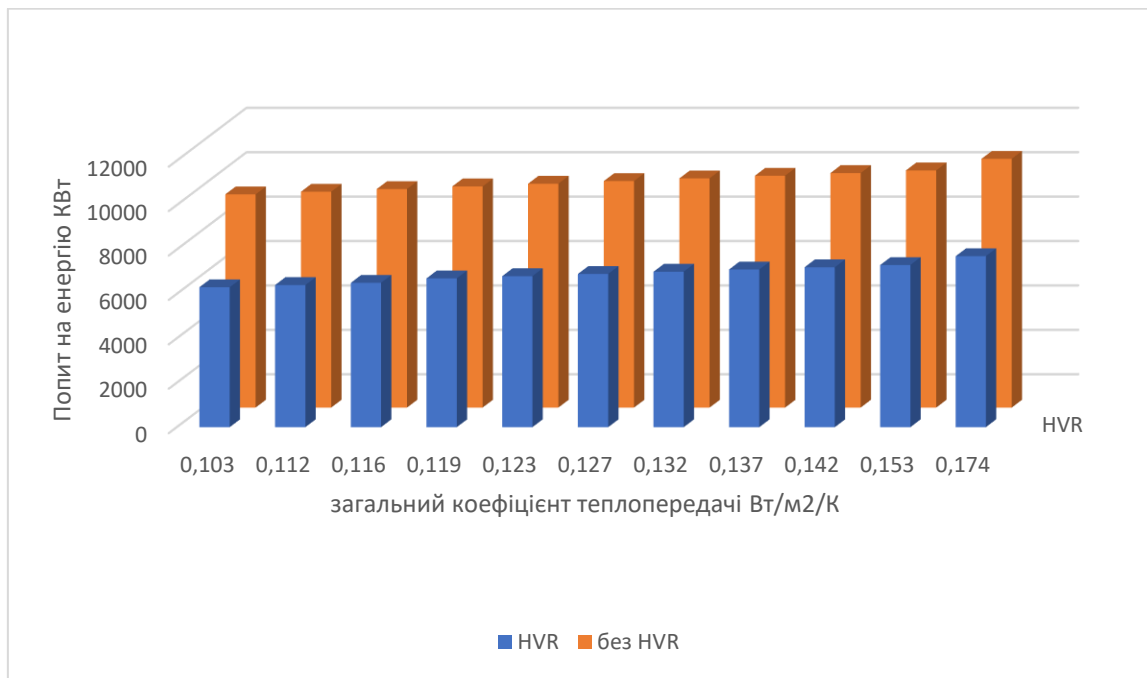


Рис. 9

Для кожної з 314 симуляційних розрахункових комбінацій рівень енергозбереження, досягнутий під час опалення будівлі за умови використання системи вентиляції з рекуперацією тепла (HRV), становив від 29% до 35%, із середнім значенням 32,6%. Річна потреба в тепловій енергії для варіантів із застосуванням системи HRV перебувала в межах 6300–7700 кВт·год. Натомість за відсутності системи HRV, тобто за умов природної вентиляції, відповідна річна теплова потреба становила 9600–11 200 кВт·год.

Отримані значення істотно залежать від товщини застосованого теплоізоляційного шару, а отже — від значень коефіцієнтів теплопередачі огорожувальних конструкцій. Чим вищим є значення коефіцієнта теплопередачі, тим більшою є загальна потреба будівлі в тепловій енергії на опалення.

У таблиці 5 наведено оптимальні значення загальних коефіцієнтів теплопередачі для відповідних категорій, визначених у таблиці 3. Результати, представлені в таблиці 5, дозволяють сформулювати низку важливих висновків. По-перше, порівняння даних, наведених у панелях А і В, свідчить про те, що ціна енергії є основним визначальним фактором економічної доцільності інвестування як у систему HRV, так і в додаткову теплоізоляцію.

За вищих цін на енергію значення чистої приведеної вартості (NPV) інвестицій у теплоізоляційні заходи або систему HRV є вищими, і навпаки — за нижчих цін економічна привабливість таких інвестицій зменшується.

Таблиця 4.3

Категорія	Загальний коефіцієнт теплопередачі (стіни)	Загальний коефіцієнт теплопередачі (підлога)	Загальний коефіцієнт теплопередачі (стеля)	Чиста приведена вартість ізоляції, грн	Повернення інвестицій (ізоляція)	Чиста приведена вартість вентиляційних систем, грн	Повернення інвестицій (вент.сист.)	Порогова ціна на енергію для системи HRV
(A)								
I	0,103	0,109	0,09	422000	114%	292000	186%	N/A
II	0,103	0,109	0,09	425000	115%	259000	165%	N/A
III	0,103	0,109	0,09	395000	107%	122000	78%	N/A
IV	0,103	0,109	0,09	401000	108%	90500	58%	N/A
(B)								
I	0,116	0,128	0,12	57500	19%	41000	32%	N/A
II	0,116	0,128	0,12	58000	19%	28000	22%	N/A
III	0,116	0,128	0,12	51300	17%	-22500	-17%	0,1
IV	0,116	0,128	0,12	52500	18%	-35000	27%	0,12

Водночас для використання переваг нижчих цін на енергію протягом строку експлуатації будівлі необхідні додаткові інвестиції у більш ефективні системи теплозабезпечення, зокрема у конденсаційні газові котли (СGB) або теплові насоси (НР), замість систем прямого електричного опалення (наприклад, електричних нагрівальних матів для підлогового опалення). Економічна доцільність таких інвестицій у цьому дослідженні не аналізувалася, однак вона буде предметом подальших наукових досліджень авторів.

По-друге, за однакового рівня цін на енергію вища інтенсивність вентиляції (210 м³/год порівняно з 140 м³/год) та підвищена повітронепроникність будівлі зумовлюють вищу економічну доцільність інвестування в систему вентиляції з рекуперацією тепла (HRV). Це означає, що для будівель із меншим об'ємом або з меншою кількістю мешканців система HRV не забезпечує економічних переваг за умов помірних і низьких цін на енергію (див. рисунок 5). Натомість для будівель, які потребують інтенсивнішого повітрообміну, економічні вигоди від застосування HRV є позитивними та додатково зростають за кращої герметичності огорожувальних конструкцій.

Наприклад, для будівлі за умов високих цін на енергію (панель А) та інтенсивності повітрообміну 210 м³/год, підвищення герметичності забезпечує зростання економічної вигоди на 28 000 тисяч гривень. Відповідно, якщо інвестиційні витрати, необхідні для підвищення герметичності будівлі з 4 АСРН до 1 АСРН, є меншими за 28 000 тисяч, така інвестиція стає економічно доцільною. Для будівель за умов нижчих цін на енергію (панель В) та низької інтенсивності вентиляції показник окупності інвестицій (ROI, що визначається

як відношення NPV до вартості системи HRV) є від'ємним. Лише за суттєво вищих цін на енергію — 5 грн/кВт·год (за кращої герметичності) або 0,6 євро/кВт·год (за гіршої герметичності) — показник окупності інвестицій зростає до рівня 5%.

Отримані результати також свідчать про те, що за високих цін на енергію оптимальні значення загального коефіцієнта теплопередачі відповідають таким товщинам теплоізоляції: 0,30 м для зовнішніх стін, 0,15 м для підлоги та 0,40 м для перекриття. У разі нижчих цін на енергію ці значення є меншими і становлять відповідно 0,26 м для зовнішніх стін, 0,10 м для підлоги та 0,30 м для перекриття.

Зазначені оптимальні значення можна порівняти з меншими товщинами теплоізоляції. Так, наприклад, за товщини теплоізоляції 0,15 м для зовнішніх стін, 0,15 м для підлоги та 0,20 м для перекриття, значення чистої приведеної вартості (NPV) зменшується з 422 000 тисяч грн до 32 500 тисяч гривень внаслідок зростання річної потреби в енергії на 2170 кВт·год.

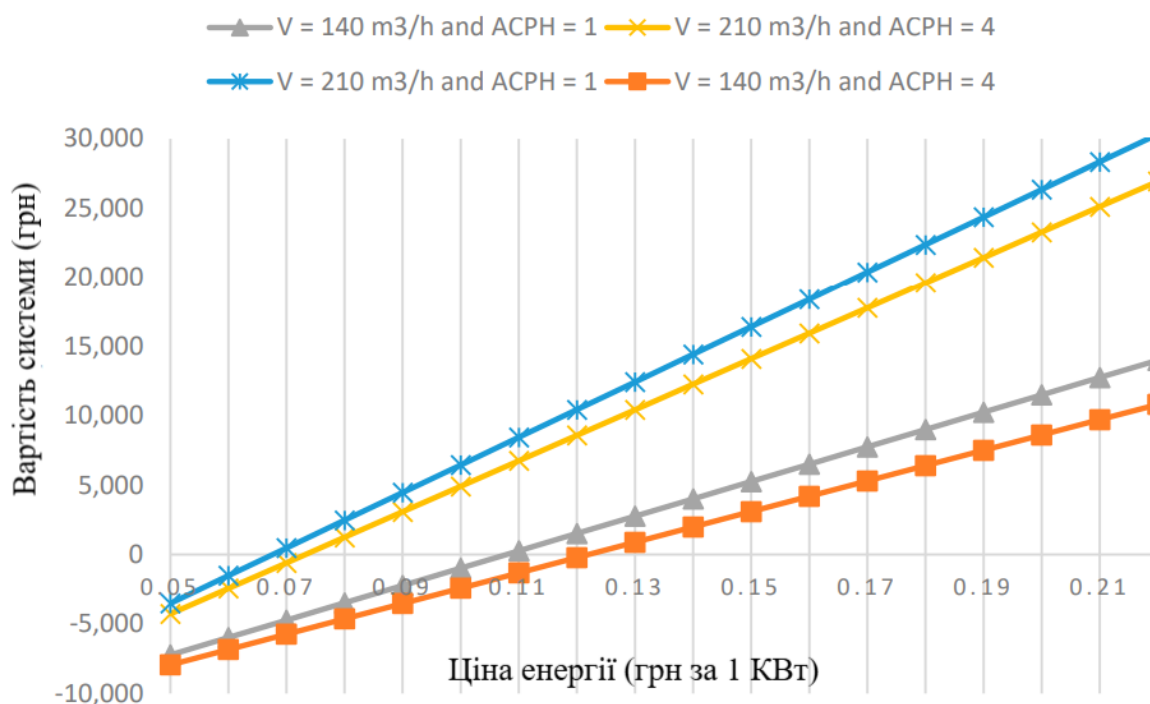


Рис.10 Чиста приведена вартість (NPV) системи рекуперації теплоти (HRV) залежно від ціни 1 кВт·год енергії за різних значень повітрообміну та повітронепроникності будівлі.

Ризики, пов'язані з інвестиціями, розглянутими в даному дослідженні, насамперед зумовлені мінливістю цін на енергоносії та часовими аспектами здійснення інвестицій. Хоча рівень цін на енергію частково регулюється державою, він водночас залежить від витрат, декларованих виробниками

енергії. Оскільки рішення щодо вибору товщини теплоізоляції безпосередньо залежать від цін на енергію для обраного способу опалення, які в довгостроковій перспективі є невизначеними, для інвесторів більш безпечним підходом є припущення несприятливих змін на енергетичному ринку та незначне перевищення оптимального рівня інвестицій у теплоізоляцію. Такий підхід є найпростішим способом хеджування ризиків, пов'язаних із коливаннями цін на енергоносії.

З іншої точки зору, навіть у разі очікування низьких цін на енергію (наприклад, унаслідок зростання частки відновлюваних джерел енергії з низькими змінними витратами виробництва), надінвестування в теплоізоляцію може бути економічно доцільним. Так, вибір однакової товщини теплоізоляції для умов низьких цін на енергію (рядок 6, таблиця 5), як і для умов високих цін на енергію за наявності негерметичної будівельної оболонки та високої потреби у вентиляції (рядок 2, таблиця 5), призводить до зменшення значення чистої приведеної вартості (NPV) приблизно лише на 7000 тисяч гривень. Зазначене зниження є незначним порівняно із загальними витратами на теплоізоляцію новозбудованої будівлі.

Ризики, пов'язані з часом здійснення інвестицій, стосуються насамперед коливань цін на теплоізоляційні матеріали. Наприклад, зменшення вартості теплоізоляційних матеріалів на 10% призводить до зростання значення NPV на 8,7%. Водночас цей вид ризику є надзвичайно складним для хеджування. Його мінімізація вимагала б від інвестора можливості придбавати матеріали за нижчих цін та нести додаткові витрати на їх зберігання до моменту використання, що в більшості практичних випадків є малореалістичним.

Висновки

У даному дослідженні було проаналізовано економічні та енергетичні характеристики новозбудованих індивідуальних житлових будинків у Польщі з акцентом на комбінований вплив рівня теплоізоляції стін, покрівлі та підлоги, а також на застосування системи вентиляції з рекуперацією тепла (HRV). Для дослідження впливу змінних параметрів огорожувальних конструкцій, інтенсивності вентиляції та цін на енергію для опалення на енергетичну потребу будівлі та економічну доцільність інвестицій було виконано понад 2500 числових симуляцій.

Основні результати дослідження включають такі положення:

- Енергоефективність. Застосування системи вентиляції з рекуперацією тепла (HRV) забезпечило зменшення річної потреби будівлі в тепловій енергії до 2600 кВт·год, залежно від інтенсивності повітрообміну та рівня теплоізоляції. Оптимальні значення коефіцієнтів теплопередачі було визначено в таких діапазонах: 0,103–0,116 Вт/(м²·К) для зовнішніх

стін, 0,109–0,128 Вт/(м²·К) для підлог та 0,090–0,120 Вт/(м²·К) для перекриттів. Зазначені значення коригувалися відповідно до різних рівнів цін на теплову енергію.

- Економічні результати. Значення чистої приведеної вартості (NPV) інвестицій у систему HRV перебували в межах від 20 000 до 290 000 тисяч гривень, тоді як для теплоізоляційних заходів — від 50 000 до 410 000 тисяч гривень, залежно від інтенсивності вентиляції та рівня цін на енергоносії. Показник окупності інвестицій (ROI) для систем HRV перевищував 58% у сценаріях із високими цінами на енергію та залишався додатним у більшості розглянутих випадків. Для теплоізоляції значення ROI перевищувало 17% навіть за низьких цін на енергію та перевищувало 100% у разі використання електроенергії для опалення.
- Підтримка прийняття рішень. Отримані результати свідчать про те, що в більшості сценаріїв інвестування в теплоізоляцію та системи HRV є фінансово доцільним. Водночас для будівель із дуже низькою інтенсивністю вентиляції, високим рівнем теплоізоляції та доступом до дешевих джерел енергії (зокрема теплових насосів) інвестиції в систему HRV можуть виявитися економічно недоцільними.

Дане дослідження безпосередньо відповіло на два основні наукові питання, сформульовані у вступі. По-перше, було продемонстровано, що встановлення системи вентиляції з рекуперацією тепла (HRV) забезпечує відчутні економічні та енергетичні переваги, особливо в будівлях із помірною та високою інтенсивністю вентиляції, а також у сценаріях із середніми або високими витратами на теплову енергію. По-друге, результати числових симуляцій засвідчили, що оптимальний рівень теплоізоляції змінюється залежно від джерела теплової енергії та її вартості. Водночас навіть у випадках, коли рівень теплоізоляції перевищував технічно оптимальні значення, фінансові ризики надінвестування залишалися низькими завдяки стабільно високим показникам окупності інвестицій (ROI), особливо за умов високих цін на енергоносії.

У перспективі подальші дослідження будуть зосереджені на аналізі синергій між системами HRV та іншими сталими енергетичними технологіями, зокрема тепловими насосами та фотоелектричними установками, особливо в контексті проєктування енергоефективних будівель у країнах Центральної Європи. Крім того, доцільним є проведення додаткових досліджень щодо впливу коливань цін на енергоносії та будівельні матеріали на довгострокову економічну ефективність інвестицій у заходи з підвищення енергоефективності будівель.

РОЗДІЛ 5. АВТОМАТИЗАЦІЯ БУДІВНИЦТВА

5.1 Автоматизація та її функції

Будівельна галузь є одним із найважливіших економічних секторів у світі. У більшості країн витрати на будівництво становлять від 9% до 15% ВВП, а до половини національних інвестицій може бути спрямовано у створення та розвиток об'єктів будівельного середовища. Попри свій значний економічний внесок, будівельна галузь характеризується численними неефективностями. У той час як продуктивність у багатьох секторах постійно зростала протягом останніх п'яти десятиліть, продуктивність у сфері будівництва майже не зросла, а подекуди навіть знизилась.

Робототехніка та автоматизовані системи мають потенціал здійснити революційні зміни та забезпечити численні переваги для будівельної галузі та сфери архітектури, інженерії та будівництва (АЕС) загалом. Будівництво є трудомістким сектором. Роботизовані системи та технології автоматизації вже довели свою ефективність в інших галузях, де вони сприяють зниженню витрат на оплату праці та одночасному підвищенню продуктивності й якості. Крім того, роботизовані системи здатні зменшувати кількість травм та звільняти працівників від виконання небезпечних операцій стверджується, що традиційні методи будівництва досягли свого технологічного порогу, тоді як автоматизація та робототехніка можуть стати ключовими інструментами для вирішення проблем низької продуктивності у будівельній сфері.

Автоматизація — це процес передавання частини або всіх функцій управління технічними, виробничими чи побутовими системами від людини до спеціальних пристроїв, програм або обладнання. Її основна мета полягає в тому, щоб системи могли виконувати задані дії самостійно, без постійного втручання оператора, але під контролем встановлених алгоритмів.

У практичному сенсі автоматизація полягає в тому, що датчики збирають інформацію, контролер або інша обчислювальна система аналізує отримані дані, а виконавчі механізми виконують необхідні дії — відкривають клапани, вмикають обладнання, регулюють параметри або здійснюють інші операції. Усе це відбувається за задалегідь визначеною логікою, яка враховує реальний стан системи та бажаний результат.

Автоматизація дає змогу підвищити точність і стабільність роботи, зменшити людські помилки, скоротити витрати ресурсів і забезпечити швидшу реакцію на зміну умов. У складних інженерних системах вона також виконує функцію захисту — відстежує аварійні ситуації й автоматично переводить обладнання в безпечний режим.

У широкому значенні автоматизацію можна розглядати як крок до створення систем, які здатні не лише виконувати певні операції, а й самостійно адаптуватися, реагуючи на зміни навколишнього середовища чи внутрішніх параметрів.

Система автоматизації вентиляційної установки виконує комплекс завдань, спрямованих на забезпечення стабільної, безпечної та енергоефективної роботи обладнання. Її основна роль полягає у тому, щоб контролер, датчики та виконавчі механізми працювали як єдина керована структура.

Однією з ключових функцій є безперервний контроль параметрів повітря, таких як температура, тиск і наявність повітряного потоку. На основі цих даних система своєчасно реагує на будь-які відхилення та коригує роботу установок.

Важливою складовою є керування вентиляторами та повітряними клапанами. Автоматика визначає момент їхнього запуску, зупинки та зміну режиму роботи. Наприклад, клапани відкриваються перед пуском вентилятора, щоб уникнути перевантаження, а рециркуляційний клапан регулює частку змішування зовнішнього та внутрішнього повітря залежно від потреби.

Окрему роль відіграє захист обладнання, зокрема калорифера. Термостати та датчики контролюють температуру теплоносія й повітря, попереджаючи перегрів, замерзання або інші аварійні ситуації. У разі небезпеки система автоматично зупиняє вентиляційну установку та закриває клапани.

Ще одна функція — енергетична оптимізація процесів. Система автоматично зменшує або підвищує інтенсивність роботи обладнання залежно від фактичного навантаження, що дозволяє зменшити витрати електроенергії та ресурсів.

Загалом автоматика забезпечує узгоджену, прогнозовану та безпечну роботу всієї вентиляційної установки, мінімізуючи участь людини та підвищуючи надійність функціонування інженерної системи.

5.2 Механізм автоматизації

Механізм автоматизації працює за принципом послідовної взаємодії окремих елементів, які утворюють замкнуту систему керування. Кожен елемент виконує власну функцію, але справжня ефективність проявляється тоді, коли всі частини працюють узгоджено.

Основою системи є контролер, що виконує роль «мозку». Він постійно отримує інформацію від датчиків, аналізує її та формує керуючі сигнали. Контролер сам не вимірює параметри — він лише опрацьовує дані, які надходять до нього з різних точок системи.

Датчики, розташовані у каналах вентиляції та біля обладнання, виконують функцію «очей» системи.

- Датчики температури фіксують зміну нагріву або охолодження повітря.
- Датчики тиску контролюють наявність повітряного потоку.
- Термостати працюють як захисні елементи та реагують на критичні ситуації.

Після отримання інформації контролер передає команди виконавчим механізмам. Центральне місце серед них займають клапани, які регулюють напрямок і обсяг повітря. Завдяки автоматичному приводу клапан може переміщуватися точно до потрібного положення, що важливо для режимів із частковою рециркуляцією або плавною подачею зовнішнього повітря.

Коли повітряний тракт готовий, у роботу вступають вентилятори. Автоматика стежить, щоб запуск і зупинка відбувалися у встановленій послідовності. Наприклад, витяжний вентилятор може вмикатися раніше за приточний, щоб уникнути надлишкового тиску в приміщенні. У сучасних системах вентилятори часто обладнані регуляторами швидкості, тому контролер може плавно змінювати продуктивність установки.

У разі наявності калорифера процес автоматизації включає ще один рівень керування. Контролер порівнює задану температуру з фактичною та регулює подачу теплоносія або потужність нагріву. Захисні термостати не дозволяють калориферу перегрітися чи працювати без достатнього повітряного потоку. Якщо виникає небезпека, система автоматично блокує нагрів та переводить установку у безпечний режим.

Важливою характеристикою механізму автоматизації є зворотний зв'язок. Після виконання будь-якої команди контролер знову отримує інформацію від датчиків і перевіряє, чи досягнуто бажаного результату. Якщо ні — команда коригується. Такий принцип дозволяє системі працювати стабільно навіть при змінних умовах: коливання температури зовнішнього повітря, зміна навантаження у приміщенні, різкі перепади тиску в каналах.

Завдяки такій логіці роботи система автоматизації не просто керує окремими пристроями, а формує динамічний процес підтримання мікроклімату, у якому кожен елемент впливає на загальний результат. Це забезпечує надійну, прогнозовану й енергоефективну роботу вентиляційної установки без постійного втручання оператора.

Логіка роботи системи автоматизації ґрунтується на послідовному виконанні дій, які залежать від стану обладнання та параметрів повітря. У своїй основі вона подібна до набору правил, які контролер перевіряє одну за одною, приймаючи рішення щодо наступного кроку.

Перший етап — ініціалізація системи. Коли автоматика отримує команду на запуск, вона не вмикає вентилятори одразу. Спочатку контролер перевіряє, чи готові всі елементи: чи справні датчики, чи немає аварійних сигналів, чи не зафіксовано перегріву або низької температури на калорифері. Такий підхід дає змогу виключити неправильний запуск обладнання.

Наступним етапом є підготовка повітряного тракту. Контролер подає команду на відкриття клапанів: приточного, витяжного та рециркуляційного. Датчики положення фіксують, чи досягли заслінки потрібного кута відкриття. Лише після підтвердження система переходить до керування вентиляторами. Якщо хоча б один клапан не відкрився, автоматика блокує подальшу роботу, щоб уникнути перегріву або перевантаження повітропроводу.

Потім запускається вентиляційний блок. Це зазвичай робиться у визначеному порядку: спочатку стартує витяжний вентилятор, після нього — приточний. Така послідовність допомагає уникнути перепадів тиску в приміщенні. Датчики тиску підтверджують, що потік повітря сформований і система працює стабільно.

Коли повітряний обмін встановлений, автоматика переходить до регулювання температури. Контролер аналізує сигнали від датчиків температури до та після калорифера, порівнює їх із заданим значенням і коригує рівень нагріву. Якщо температура зростає надто швидко або навпаки падає, система автоматично адаптує подачу теплоносія чи потужність нагрівального елемента. Це дозволяє уникнути різких змін температури та забезпечити комфортні умови.

Паралельно працює блок захисту. У його логіці закладено умову: якщо температура на виході калорифера перевищує безпечний рівень або якщо датчики тиску фіксують відсутність повітряного руху, система негайно вимикає нагрів та зупиняє вентиляцію. Це дозволяє запобігти аварійним ситуаціям — від перегріву обладнання до пошкодження повітропроводів.

Завершальним етапом роботи є стабілізація. Система безперервно відстежує всі параметри і, залежно від їх змін, вносить корективи в роботу клапанів, вентиляторів і калорифера. Якщо потреби приміщення змінюються, автоматика перебудовує режим відповідно до нових умов. Таким чином, логіка перетворюється на циклічний процес постійної оцінки та реагування.

Під час зупинки установки також діє чітка послідовність: вимикається нагрів, потім зупиняються вентилятори, і лише після цього закриваються клапани. Такий порядок гарантує, що в системі не залишиться перегрітих елементів або надлишкового тиску.

Схема автоматизації припливно-витяжної вентиляційної установки П2-В2

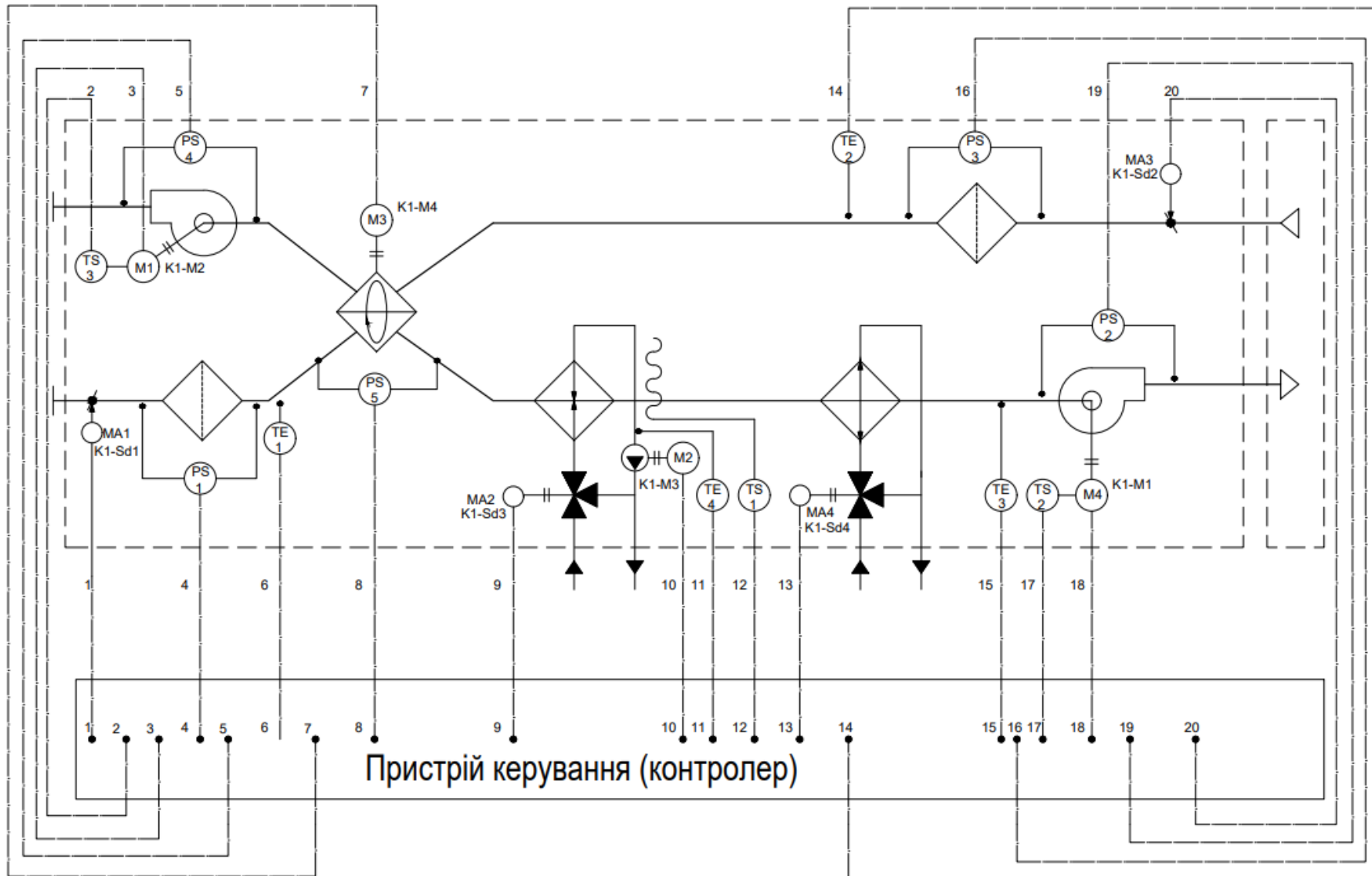


Рис.11

Датчики температури (TE), встановлені в повітроводах, вимірюють температуру припливного та витяжного повітря і передають сигнал на контролер. На основі цього сигналу контролер формує команду для приводів повітряних клапанів (MA1–MA4), які відкривають або закривають заслінки, регулюючи подачу зовнішнього та рециркуляційного повітря.

Після відкриття клапанів контролер дозволяє запуск вентиляторів. Приточний вентилятор (M1) і витяжний вентилятор (M4) вмикаються у встановленій послідовності. Їхня робота контролюється датчиками тиску (PS), які підтверджують наявність повітряного потоку. Якщо датчик тиску не фіксує рух повітря, система блокує роботу вентилятора.

Для підтримання необхідної температури припливного повітря використовується калорифер, робота якого регулюється через привід клапана теплоносія (M2).

Термостати безпеки (TS) виконують захисну функцію. У разі перегріву або загрози замерзання калорифера вони подають аварійний сигнал на контролер, після чого нагрів і вентиляція автоматично вимикаються.

Рециркуляційний вентилятор (M3) та відповідний клапан працюють за сигналами контролера для змішування частини внутрішнього повітря із зовнішнім з метою підвищення енергоефективності.

Уся система працює в замкнутому циклі: датчики → контролер → виконавчі механізми → повторний контроль, що забезпечує стабільну, безпечну та автоматичну роботу вентиляційної установки.

5.3 Сучасні тенденції автоматизації

Сучасні тенденції автоматизації формуються під впливом цифровізації, розвитку штучного інтелекту та зростання вимог до енергоефективності й безпеки. Автоматизовані системи сьогодні не обмежуються виконанням простих операцій — вони перетворюються на комплексні інтелектуальні рішення, здатні прогнозувати ситуації, аналізувати дані та взаємодіяти з іншими підсистемами.

Не менш важливою тенденцією є впровадження алгоритмів машинного навчання та штучного інтелекту. На відміну від традиційної автоматизації, де система діє за жорстко визначеним алгоритмом, інтелектуальні рішення здатні адаптуватися. Наприклад, вони можуть прогнозувати споживання енергії або підлаштовувати роботу вентиляторів під реальне навантаження. Це дозволяє зменшити витрати на експлуатацію та продовжити ресурс обладнання.

Важливою стає також кібербезпека автоматизованих систем. Оскільки все більше обладнання підключається до мережі, зростає ризик несанкціонованого доступу. Тому сучасні системи включають механізми шифрування, автентифікації та багаторівневого контролю прав доступу.

У зв'язку зі стрімким розвитком інноваційних мережевих комунікацій, електронних та енергетичних технологій, у сфері автоматизації будівель та відповідних систем керування й комунікаційних мереж з'являються нові елементи, такі як автоматизоване конфігурування, бездротове й дистанційне керування, сучасні побутові прилади та «розумні» лічильники. Крім того, характер будівель та їхніх користувачів поступово змінюється — від статичного та пасивного до динамічного й активного, а інтеграція мобільних технологій і інтерактивних енергетичних сервісів сприяє формуванню концепції сталих технологій управління будівлями як важливої сфери застосування систем автоматизації.

Для України, яка достаньо холодним кліматом, важливу роль відіграють енергоефективні системи виробництва теплової енергії, методи її транспортування з мінімальними втратами, а також технології ощадливого споживання. Основними споживачами тепла у сфері житлово-комунального господарства та міського будівництва є житлові й громадські будівлі, цивільні та промислові об'єкти. Енергозбереження в будівлях безпосередньо пов'язане з упровадженням енергоефективних систем тепlopостачання.

Водночас важливе значення має автоматизація цих систем, оскільки вона дозволяє не лише підвищити ефективність роботи тепломереж і контролювати ключові параметри мікроклімату (температуру, вологість, вміст CO₂), але й збільшити комфорт користувачів, знизити витрати електричної та теплової енергії та покращити стан довкілля. Автоматизація систем повітряного опалення передбачає використання різноманітних засобів автоматичного регулювання й керування: датчиків, контролерів та інших пристроїв. Такі установки можуть функціонувати в автоматичному режимі без безпосереднього втручання людини.

Впровадження подібних систем робить можливим скорочення кількості непередбачених аварійних ситуацій, забезпечення моніторингу всіх процесів у режимі реального часу, оптимізацію роботи обладнання та підвищення енергоефективності системи. Крім того, автоматизовані інженерні системи будівель можуть бути легко інтегровані до загальної автоматизованої системи керування будівлею, що є черговим кроком до цифрової трансформації міської економіки, раціонального використання ресурсів і переходу від концепції «розумного» будинку до «розумного» міста.

Дослідження сучасних підходів до автоматизації інженерних систем будівель, зокрема систем опалення, вентиляції, кондиціонування та управління енергоспоживанням, засвідчує, що автоматизація стала ключовим чинником підвищення енергоефективності, надійності та екологічної результативності будівельного сектору. Розвиток цифрових технологій, сенсорики, систем дистанційного керування, а також інтеграція мережевих та інтелектуальних рішень сприяли формуванню нової парадигми експлуатації будівель — переходу від пасивного до активного, адаптивного та інтелектуального управління мікрокліматом і енергетичними процесами.

Автоматизовані системи теплопостачання дають змогу підтримувати оптимальні параметри мікроклімату, підвищуючи комфорт користувачів і мінімізуючи при цьому витрати теплової та електричної енергії. Сучасні системи моніторингу в режимі реального часу дозволяють виявляти та попереджати аварійні ситуації, оптимізувати роботу обладнання і продовжувати його ресурс. Застосування сенсорів, контролерів та інтелектуальних алгоритмів керування значно знижує вплив людського фактора, забезпечує стабільність систем і підвищує загальну безпеку експлуатації будівель.

Проаналізований матеріал також демонструє високу важливість інтеграції автоматизованих інженерних систем до комплексних платформ управління будівлями (BMS/BACS). Таке інтегроване управління сприяє цифровій трансформації міського середовища та формує передумови переходу від концепції «розумного будинку» до концепції «розумного міста», де прийняття технічно обґрунтованих рішень забезпечує сталий розвиток і раціональне використання енергоресурсів.

Окремо слід наголосити на тому, що ефективність впровадження автоматизованих рішень залежить не лише від технологічних засобів, але й від стратегічного планування, комплексного аналізу потреб, а також оцінки ризиків. Проведений SWOT-аналіз підтверджує, що основні переваги автоматизації — енергоефективність, зниження експлуатаційних витрат, оптимізація роботи систем та покращення умов перебування — значно переважають потенційні виклики, серед яких відносно високі початкові інвестиції, необхідність технічної підготовки персоналу та вимоги до узгодженості різних технологічних платформ.

Загалом можна зробити висновок, що автоматизація інженерних систем є невід'ємною складовою сучасного будівництва та експлуатації будівель. Вона забезпечує не лише технічну й економічну ефективність, але й відповідає вимогам екологічної сталості, енергетичної безпеки та сучасних тенденцій цифровізації. Отже, подальший розвиток і впровадження автоматизованих систем у будівельній сфері є стратегічно важливим напрямом, який формує

основу для майбутніх досліджень і практичних інновацій у галузі тепlopостачання, вентиляції, кондиціонування та управління енергоспоживанням.

Саффіронова Я.Р.

РОЗДІЛ 6. ЕКОНОМІКА БУДІВНИЦТВА

У науковій літературі загалом виокремлюють три основні підходи до визначення поняття «будівництво».

Перший, найширший підхід розглядає будівництво як економічну діяльність, що охоплює весь будівельний цикл: від виробництва сировинних та промислових будівельних матеріалів і компонентів, надання професійних послуг — таких як проектування та управління проектами — до виконання фізичних робіт безпосередньо на будівельному майданчику. У такому розумінні будівництво — це мультисекторальна економічна діяльність, що перетинає три сектори економіки: первинний, пов'язаний з видобутком природних ресурсів; вторинний, що охоплює виробництво будівельних матеріалів і компонентів та перетворення їх на готові об'єкти; і третинний, який включає надання консалтингових послуг, таких як управління проектами, архітектурне та інженерне проектування. З цього погляду будівельний процес фактично починається задовго до початку фізичних робіт на будівельному майданчику.

Другий, протилежний підхід визначає будівництво як економічну діяльність, що охоплює виключно завершальну стадію будівельного процесу — тобто фізичне виконання робіт на виробничому майданчику. У цьому випадку всі супутні послуги, такі як управління проектами, планування та проектування, а також позамайданчикове виробництво і постачання будівельних матеріалів, не включаються до сфери будівництва. Типовим прикладом такого підходу є визначення, запропоноване у Міжнародній стандартній галузевій класифікації всіх видів економічної діяльності. Згідно з цією класифікацією, діяльність з управління будівництвом, архітектури й інженерії та виробництво будівельних матеріалів належать до інших категорій. Такий підхід вважається зручним для статистичних цілей. Відповідно до нього, будівництво інтерпретується як економічна діяльність, спрямована на спорудження нових об'єктів, реновацію, ремонт або розширення будівель, споруд та іншої інфраструктури — доріг, мостів, дамб тощо. Згідно з цим підходом, лише робітники, задіяні у фізичному виконанні будівельних робіт, вважаються трудовими ресурсами будівельної індустрії.

Третій підхід до визначення будівництва займає проміжне місце між двома попередніми. У цьому випадку будівництво розглядається як процес створення об'єктів будованого середовища, який охоплює комплекс діяльностей — від концепції та проектування до безпосереднього виконання робіт. Об'єктами будованого середовища є будівлі та інші нерухомі споруди. Відповідно, будівельна індустрія визначається як «сектор економіки, який шляхом планування, проектування, будівництва, технічного обслуговування, ремонту та експлуатації перетворює різноманітні ресурси на створені об'єкти». Таким

чином, до складу будівельної індустрії належать усі підприємства або організації, що професійно беруть участь у будівельному процесі — від тих, що надають консультаційні послуги в галузі планування, проєктування, нагляду та управління, до підрядних організацій, які виконують роботи на будівельному майданчику. Ці організації, у свою чергу, часто мають тісні зв'язки з замовниками та фінансовими установами. Такі зв'язки зумовлені особливостями самої будівельної продукції, що будуть розглянуті далі.

Усі три підходи до визначення будівельної індустрії є корисними. Для комплексного розуміння галузі доцільно застосовувати найширше визначення. Водночас два вужчі визначення є більш релевантними для оцінювання динаміки виробництва кінцевої будівельної продукції, що має важливе значення для економічного планування. У науковій літературі також зустрічаються підходи, які пропонують розглядати будівництво як економічну діяльність на рівні реалізації проєктів, або ставлять під сумнів належність будівництва до однієї галузі, припускаючи, що фактично воно складається з кількох індустрій. Проте для цілей даного дослідження, що аналізує будівництво у взаємозв'язку з іншими видами економічної діяльності, найбільш доцільним є трактування будівництва як єдиної галузі.

Фінансування виробництва у будівництві суттєво відрізняється від фінансування у сфері промислового виробництва. На відміну від промисловості, де виробництво фінансується переважно виробниками, будівельне виробництво в основному фінансується замовниками, а не підрядниками — безпосередніми виконавцями будівельних робіт. На вершині платіжного ланцюга будівельної галузі перебувають генеральні підрядники, а в його нижній частині — субпідрядники та постачальники. Підрядники отримують авансові та періодичні платежі, необхідні для мобілізації ресурсів (робочої сили, техніки та матеріалів), що забезпечують виконання будівельних проєктів. Відповідно, платоспроможність і грошовий потік субпідрядників і постачальників також залежать від процедур оплати.

Фінансування замовника найчастіше здійснюється у формі банківських кредитів, забезпечених майбутнім будівельним об'єктом як заставою. Хоча основне фінансування надходить від замовників, у низці країн підрядники можуть отримувати банківські кредити від спеціалізованих установ, створених для підтримки фінансування будівельних робіт та інвестицій у галузі. Інші форми фінансової підтримки, що допомагають підрядникам розпочати масштабні будівельні роботи, включають товарний кредит, прямі позики від комерційних банків і створення компаній, що надають техніку в оренду.

Фінансові потреби підрядників відрізняються залежно від стадії будівельного процесу та застосовуваної технології. На початкових етапах мобілізації необхідні значні обсяги готівкових коштів, особливо для

підрядників, які використовують високотехнологічне, ресурсоємне обладнання та мають здійснювати його закупівлю. На пізніших етапах будівництва, за умови відсутності непередбачених обставин, грошовий потік стає більш стабільним. Проте затримки платежів і високий рівень невизначеності грошового потоку є типовими рисами будівельної галузі. Ця проблема постійно викликає занепокоєння в будівельній індустрії у всьому світі, хоча в країнах, що розвиваються, вона набуває особливої гостроти. Проблеми з оплатою розглядаються як чинник, що може стримувати стабільний розвиток галузі.

У країнах, що розвиваються, фінансування великих будівельних проєктів здебільшого забезпечується державою або міжнародними фінансовими організаціями. Це пов'язано з тим, що інфраструктурні проєкти є капіталомісткими, а завдяки своїм характеристикам суспільного блага вони зазвичай не сприймаються приватними інвесторами як проєкти з привабливою окупністю. Наприклад, новий об'єкт транспортної інфраструктури може підвищити ефективність роботи всіх компаній, проте жодне окреме підприємство не вважатиме за доцільне інвестувати у його спорудження. Крім того, висока вартість інвестування може призвести до низької привабливості приватних доходів від проєкту. Натомість суспільна віддача від таких інвестицій є значно більшою, ніж приватна. У такій ситуації саме держава має забезпечувати фінансування подібних проєктів, оскільки вони приносять вигоду економіці в цілому. Таким чином, державні інвестиції стають основним джерелом попиту на будівельні роботи у країнах, що розвиваються. У цих умовах держави та міжнародні агенції можуть істотно впливати на обсяги будівельної діяльності через умови кредитування. Як наслідок, інвестиції у будівництво можуть використовуватися як інструмент державної політики для запровадження бажаних змін в економіці.

Водночас частина інфраструктурних об'єктів має характеристики квазісуспільних благ. Інфраструктура демонструє властивості суспільного блага лише до певного обсягу використання. Коли рівень завантаження інфраструктури надмірно зростає, користь для окремих користувачів зменшується, а споживання набуває конкурентного характеру. За таких умов інфраструктурні послуги мають додаткову граничну вартість, і їх може бути вигідніше надавати приватному сектору. У зв'язку з цим у розвинених країнах спостерігається зсув попиту з державного сектору до приватного у сфері інфраструктурного будівництва. У цих країнах лише невелика частка попиту має державний характер, переважно з мотивів національної безпеки. Хоча процес приватизації інфраструктури розпочався і в деяких країнах, що розвиваються, держави все ж залишаються основними власниками та фінансистами інфраструктури.

Останнім часом розвиток механізмів комбінованого фінансування — зокрема державно-приватного партнерства (PPP) — розширив можливості для реалізації інфраструктурних проєктів, об'єднавши ресурси приватного та державного секторів.

Кошторис є одним із ключових документів у сфері будівництва й реконструкції, що визначає фінансові параметри майбутнього проєкту. Він виступає основою для планування, фінансування, організації та контролю використання матеріальних і трудових ресурсів. Кошторисна документація забезпечує взаємозв'язок між техніко-економічними показниками проєкту, обсягами робіт та їхньою вартістю, що дає змогу замовнику, підряднику та іншим учасникам будівельного процесу приймати обґрунтовані управлінські рішення.

Загалом кошторис можна визначити як розрахунок очікуваних витрат, необхідних для виконання будівельних, монтажних, пусконаладжувальних робіт, закупівлі матеріалів, експлуатації машин і механізмів, організації будівельного майданчика та інших заходів, передбачених проєктною документацією. Саме кошторис визначає орієнтовну вартість реалізації об'єкта, що є ключовим показником для формування бюджету, оцінки економічної доцільності проєкту та планування джерел фінансування.

Функції кошторису є багатограними та охоплюють такі ключові напрями:

1. Планування фінансових ресурсів

Кошторис надає змогу визначити загальну потребу у фінансуванні та розподілити витрати за етапами робіт. Це важливо як для замовника, так і для підрядника, адже дозволяє прогнозувати грошові потоки та уникати перевитрат.

2. Обґрунтування інвестицій

Для інвесторів кошторис виступає аналітичною основою: він визначає економічну ефективність проєкту, його окупність та фінансові ризики.

3. Контроль витрат

У ході реалізації проєкту кошторис є еталонним документом, з яким порівнюють фактичні витрати, що дає змогу вчасно виявляти відхилення та коригувати дії підрядника.

4. Проведення тендерних процедур

Кошторис служить базою для визначення вартості робіт на конкурсній основі при виборі підрядника. На його основі готується договірна ціна на будівельні роботи.

5. Регламентация взаєморозрахунків

У процесі виконання робіт кошторис визначає порядок та розміри проміжних платежів, що забезпечує прозорість і безконфліктність розрахунків між сторонами.

Локальний кошторис є первинним і найбільш деталізованим елементом кошторисної документації. Він складається для окремого виду будівельних робіт, конструктивного елемента або технологічного процесу. По суті, це документ, який містить поелементний розрахунок вартості конкретних робіт, що виконуються на об'єкті.

До локального кошторису включають:

- прямі витрати (матеріали, зарплата робітників, експлуатація машин),
- загальновиробничі витрати,
- інші витрати, передбачені нормами.

Локальний кошторис складається з урахуванням технічних характеристик, обсягів робіт, норм витрат та діючих цін на ресурси. Саме на основі локальних кошторисів формується зведена кошторисна документація.

Призначення локального кошторису:

- деталізація вартості окремих видів робіт;
- отримання точних даних для підрядних організацій;
- можливість точного контролю виконання робіт;
- забезпечення розрахунку договірної ціни.

Зведений кошторис (зведений кошторисний розрахунок вартості будівництва) — це найбільш узагальнений документ, що відображає повну вартість будівництва об'єкта в цілому. Він включає дані всіх локальних смет, об'єктних кошторисів та супутніх витрат.

До зведеного кошторису входять:

- будівельно-монтажні роботи;
- роботи з благоустрою території;
- закупівля обладнання;
- проєктні та інженерні роботи;
- резерви на непередбачені витрати;
- витрати інвестора (управління проєктом, технічний нагляд тощо).

Зведений кошторис є основним документом для визначення загальної вартості будівництва, формування інвесторських пропозицій та фінансового планування. Він також використовується у державній експертизі проєктів,

поданні до органів фінансування та оцінці загальної економічної ефективності проєкту.

Призначення зведеного кошторису:

- формування повної вартості будівництва;
- визначення потреби в інвестиціях;
- забезпечення основи для фінансових розрахунків на всіх етапах;
- узгодження обсягів фінансування з бюджетними та позабюджетними джерелами.

Кошторисна документація є фундаментальною складовою організації будівельного процесу. Локальні кошториси забезпечують деталізацію витрат, тоді як зведений кошторис відображає повну вартість проєкту, слугує основою для фінансування, інвестиційних рішень та контролю реалізації будівництва. Розуміння структури та функцій різних видів кошторисів дозволяє оптимізувати фінансове планування, підвищити прозорість будівельних процесів і мінімізувати економічні ризики.

ДОГОВІРНА ЦІНА

на будівництво **Офісної будівлі**, що здійснюється в 2024 році

Вид договірної ціни: тверда.

Визначена згідно з

Складена в поточних цінах станом на 27 листопада 2024 р.

№ ч.ч	Обґрунтування	Найменування витрат	Вартість , тис. грн.		
			всього	у тому числі:	
				будівельних робіт	інших витрат
1	2	3	4	5	6
Розділ I. Будівельні роботи					
1		Прямі витрати, у тому числі	44450,53095	44450,53095	-
	Розрахунок N1	Заробітна плата	17099,70175	17099,70175	-
	Розрахунок N2	Вартість матеріальних ресурсів	27173,55744	27173,55744	-
	Розрахунок N3	Вартість експлуатації будівельних машин і механізмів	177,27176	177,27176	-
2	Розрахунок N4	Загальновиробничі витрати	7679,29336	7679,29336	-
3	Розрахунок N5	Кошти на зведення (пристосування) та розбирання титульних тимчасових будівель і споруд в т.ч. зворотні суми	495,23333	495,23333	-
4	Розрахунок N6	Кошти на виконання будівельних робіт у зимовий період (на обсяги робіт, що плануються до виконання у зимовий період)	74,28500	74,28500	-
5	Розрахунок N7	Кошти на виконання будівельних робіт у літній період	-	-	-
6	Розрахунок N8	Інші супутні витрати	-	-	-
		Разом	52625,05764	52625,05764	-
7	Розрахунок N9	Прибуток	2018,48749	2018,48749	-
1	2	3	4	5	6
8	Розрахунок N10	Кошти на покриття адміністративних витрат будівельної організації	601,72605	-	601,72605
9	Розрахунок N11	Кошти на покриття ризиків	2767,37704	1315,62644	-
10	Розрахунок N12	Кошти на покриття додаткових витрат, пов'язаних з інфляційними процесами	8861,16900	4052,97100	-
		Разом (ч.ч 1-10)	66873,81722	60012,14257	601,72605
11	Розрахунок N13	Податки, збори, обов'язкові платежі, встановлені чинним законодавством і не враховані складовими вартості будівництва (без ПДВ)	-	-	-
		Разом по Розділу I	66873,81722	60012,14257	601,72605
12		Податок на додану вартість	13374,76344	-	13374,76344
		Всього по Розділу I	80248,58066	60012,14257	13976,48949

Керівник підприємства
(організації) замовника

Керівник генеральної
підрядної організації

ОБ'ЄКТНИЙ КОШТОРИС № 02-01

на будівництво : Офісної будівлі

Кошторисна вартість об'єкта 110199,84821 тис.грн.
 Кошторисна трудомісткість 119,61486 тис.люд.год.
 Кошторисна заробітна плата 19502,97859 тис.грн.
 Вимірник одиничної вартості
 Будівельні обсяги

Складений за поточними цінами станом на 27 листопада 2024 р.

№ ч. ч	Номери кошторисів і кошторисних розрахунків	Найменування робіт і витрат	Кошторисна вартість, тис.грн.			Кошторисна трудомісткість, тис. люд.год.	Кошторисна заробітна плата, тис. грн.	Показники одиничної вартості
			будівельних робіт	устаткування, меблів та інвентарю	всього			
1	02-01-01	на придбання устаткування Придбання обладнання системи кондиціонування	-	14746,70936	14746,70936	-	-	-
2	02-01-02	на Монтаж системи кондиціонування	11519,48772	-	11519,48772	31,27051	4712,83103	-
3	02-01-03	на Пусконалагоджувальні роботи системи кондиціонування	3224,69655	-	3224,69655	12,81054	2550,37691	-
4	02-01-04	на придбання устаткування Придбання обладнання системи димовидалення	-	10026,47856	10026,47856	-	-	-
5	02-01-05	на Монтаж системи димовидалення	4916,52647	-	4916,52647	5,32642	783,5048	-
6	02-01-06	на Пусконалагоджувальні роботи системи димовидалення	447,56966	-	447,56966	1,77803	353,97806	-
7	02-01-07	на придбання устаткування Придбання устаткування системи опалення	-	55,76067	55,76067	-	-	-
8	02-01-08	на Монтаж системи опалення	6177,78969	-	6177,78969	7,36025	1114,31721	-
9	02-01-09	на Пусконалагоджувальні роботи системи опалення	855,34445	-	855,34445	3,39797	676,48232	-
10	02-01-010	на придбання устаткування Придбання обладнання системи тепlopостачання	-	685,49188	685,49188	-	-	-
11	02-01-011	на Монтаж системи тепlopостачання	1107,60768	-	1107,60768	1,94361	295,25186	-
12	02-01-012	на Пусконалагоджувальні роботи тепlopостачання	368,4056	-	368,4056	1,46354	291,36784	-
13	02-01-013	на придбання устаткування Придбання обладнання системи вентиляції	-	32555,58343	32555,58343	-	-	-
14	02-01-014	на Монтаж системи вентиляції	19917,32593	-	19917,32593	39,98213	5881,56613	-
15	02-01-015	на Пусконалагоджувальні роботи системи вентиляції	3595,07056	-	3595,07056	14,28186	2843,30243	-

1	2	3	4	5	6	7	8	9
-		Всього:	52129,82431	58070,0239	110199,84821	119,61486	19502,97859	-

Головний інженер проекту
(Головний архітектор проекту)

[підпис, (ініціали, прізвище)]

Керівник

[підпис, (ініціали, прізвище)]

Склав

[підпис, (ініціали, прізвище)]

Сафрон

ВІДОМІСТЬ ТРУДОМІСТКОСТІ І ЗАРОБІТНОЇ ПЛАТИ
до об'єктного кошторису № 02-01

Номери локальних кошторисів	Найменування локальних кошторисів	Робітники-будівельники	Робітники-монтажники	Робітники, зайняті на керуванні та обслуговуванні машин	Роботи по перевезенню ґрунту і будівельного сміття	Пусконалагоджувальний персонал	Разом прями витрати	Загально-виробничі витрати	Разом кошторисні витрати
		Трудомісткість, тис. люд.год.							
		Заробітна плата, тис. грн.							
02-01-01	придбання устаткування Придбання обладнання системи кондиціонування	-/-	-/-	-/-	-/-	-/-	-/-	-/-	-/-
02-01-02	Монтаж системи кондиціонування	<u>11,26540</u> 1583,809	<u>17,41879</u> 2542,88588	<u>0,01374</u> 1,98378	-	-	<u>28,69793</u> 4128,67866	<u>2,57258</u> 584,15237	<u>31,27051</u> 4712,83103
02-01-03	Пусконалагоджувальні роботи системи кондиціонування	-/-	-/-	-/-	-/-	11,78520	11,78520 2317,55958	1,02534 232,81733	12,81054 2550,37691
02-01-04	придбання устаткування Придбання обладнання системи димовидалення	-/-	-/-	-/-	-/-	-/-	-/-	-/-	-/-
02-01-05	Монтаж системи димовидалення	<u>3,52108</u> 479,84117	<u>1,29284</u> 189,01119	<u>0,02978</u> 5,03556	-	-	<u>4,84370</u> 673,88792	<u>0,48272</u> 109,61688	<u>5,32642</u> 783,5048
02-01-06	Пусконалагоджувальні роботи системи димовидалення	-/-	-/-	-/-	-/-	1,63572	1,63572 321,66419	0,14231 32,31387	1,77803 353,97806
02-01-07	придбання устаткування Придбання устаткування системи опалення	-/-	-/-	-/-	-/-	-/-	-/-	-/-	-/-
02-01-08	Монтаж системи опалення	<u>5,63179</u> 810,69048	<u>0,81216</u> 116,24463	<u>0,25178</u> 36,48731	-	-	<u>6,69573</u> 963,42242	<u>0,66452</u> 150,89479	<u>7,36025</u> 1114,31721
02-01-09	Пусконалагоджувальні роботи системи опалення	-/-	-/-	-/-	-/-	3,12600	3,12600 614,7279	0,27197 61,75442	3,39797 676,48232
02-01-10	придбання устаткування Придбання обладнання системи тепlopостачання	-/-	-/-	-/-	-/-	-/-	-/-	-/-	-/-
02-01-11	Монтаж системи тепlopостачання	<u>1,69520</u> 243,88134	-	<u>0,06419</u> 9,5503	-	-	<u>1,75939</u> 253,43164	<u>0,18422</u> 41,82022	<u>1,94361</u> 295,25186
02-01-12	Пусконалагоджувальні роботи тепlopостачання	-/-	-/-	-/-	-/-	1,34640	1,34640 264,76956	0,11714 26,59828	1,46354 291,36784

1	2	3/4	5/6	7/8	9/10	11/12	13/14	15/16	17/18
02-01-013	придбання устаткування Придбання обладнання системи вентиляції	<u>-</u> -	<u>-</u> -	<u>-</u> -	<u>-</u> -	<u>-</u> -	<u>-</u> -	<u>-</u> -	<u>-</u> -
02-01-014	Монтаж системи вентиляції	<u>23,39878</u> 3184,33768	<u>12,76522</u> 1846,53557	<u>0,20639</u> 30,55487	<u>-</u> -	<u>-</u> -	<u>36,37039</u> 5061,42812	<u>3,61174</u> 820,13801	<u>39,98213</u> 5881,56613
02-01-015	Пусконаладжувальні роботи системи вентиляції	<u>-</u> -	<u>-</u> -	<u>-</u> -	<u>-</u> -	<u>13,13880</u> -	<u>13,13880</u> 2583,74358	<u>1,14306</u> 259,55885	<u>14,28186</u> 2843,30243
-	Разом :	<u>45,51225</u> 6302,55967	<u>32,28901</u> 4694,67727	<u>0,56588</u> 83,61182	<u>-</u> -	<u>31,03212</u> -	<u>109,39926</u> 17183,31357	<u>10,21560</u> 2319,66502	<u>119,61486</u> 19502,97859

Склав _____

Перевірив _____

Сафронон

ВИСНОВКИ

У ході виконання роботи було реалізовано підхід комплексного типу до аналізу та оцінки результатів впровадження заходів з підвищення класу енергетичної ефективності офісної будівлі в, спрямований на зниження енергоспоживання, підвищення комфорту внутрішнього середовища та оптимізацію експлуатаційних витрат будівлі.

Проведено аналіз існуючого енергетичного стану офісної будівлі, включаючи оцінку теплотехнічних характеристик огорожувальних конструкцій, стану систем опалення, вентиляції, кондиціонування та освітлення, що дало змогу визначити основні джерела тепловтрат і неефективного використання енергії.

На основі результатів аналізу обґрунтовано доцільність впровадження традиційних заходів енергомодернізації, зокрема утеплення фасадів, покрівлі та підлог, а також заміни застарілих віконних конструкцій на енергоефективні, що відповідають сучасним нормативним вимогам.

Досліджено ефективність інноваційних та біокліматичних рішень, зокрема вентиляованих фасадів, подвійних оболонок, зелених дахів і адаптивних огорожувальних конструкцій, з урахуванням впливу кліматичних змін та зростання частоти екстремальних температурних умов.

Проаналізовано результати модернізації інженерних систем будівлі, включаючи впровадження автоматизованих систем управління мікрокліматом, енергоефективних систем вентиляції з рекуперацією тепла, оновлення систем опалення та заміну освітлення на світлодіодні технології.

Проведено економічний аналіз ефективності впроваджених заходів, що включає оцінку капітальних витрат, зниження експлуатаційних витрат та визначення потенційного терміну окупності інвестицій у заходи з енергомодернізації.

Впровадження комплексу заходів з підвищення класу енергетичної ефективності офісної будівлі забезпечує суттєві еколого-економічні переваги:

Узагальнення результатів дослідження свідчить, що комплексна енергомодернізація офісних будівель із поєднанням традиційних і інноваційних заходів є ефективним інструментом підвищення класу енергетичної ефективності, зниження енергетичних витрат та забезпечення сталого розвитку міської забудови. Отримані результати можуть бути використані при розробці проєктів енергомодернізації офісних будівель в інших регіонах України з подібними кліматичними та експлуатаційними умовами.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Данилишин Б. М., Шостак Л. М. Сталий розвиток в системі природно-ресурсних обмежень. – К. : ЗАТ «Нічлава», 1999. – 367 с.
2. Yurii Chovniuk, Anna Moskvitina, Oleksandr Shamych, Olesia Kholodova. Synthesis of physical and mathematical model of energy-efficient microclimate management of rural area gym, taking into account indicators of comfort and air quality. Engineering for Rural Development 21-23.05.2025 Jelgava, LATVIA. Vol. 24P. 706-715 (Scopus) <https://www.iitf.lbtu.lv/conference/proceedings2025/Papers/TF147.pdf> (<https://www.iitf.lbtu.lv/conference/proceedings2025/Papers/TF147.pdf>)
3. Yurii Chovniuk, Anna Moskvitina, Oleksandr Shamych, Serhii Rybachov, Olesia Kholodova. Improvement of microclimate control energy-saving systems at indoor sports facilities in rural areas. Engineering for Rural Development 21-23.05.2025 Jelgava, LATVIA. Vol. 24 P. 764-771 (Scopus) <https://www.iitf.lbtu.lv/conference/proceedings2025/Papers/TF156.pdf>
4. Althouse A. D., Turnquist C. H., Bracciano A. F. Modern Refrigeration and Air Conditioning. – Tinley Park, IL : Goodheart-Willcox, 2004. – 1211 p.
5. Haines R. W., Myers M. E. HVAC Systems Design Handbook. – 5th ed. – New York : McGraw-Hill, 2010. – 560 p.
6. Яна Сафронова. Якість мікроклімату в навчальному закладі будівлі, що підлягають термомодернізації. Керівник – Москвітін А.С. // Тези доповідей міжнародної науково-практичної конференції молодих вчених «БУД-МАЙСТЕР-КЛАС-2024» 05.11.-07.11.2024, Київ, КНУБА. – 2024. С.267-268. Режим доступу: https://drive.google.com/file/d/1HZWwRPe_m6gozxMhLhZg-SviUYBiFEBq/view
7. Буркинський Б. В., Степанов В. М., Харічков С. К. Економічний вектор стратегії сталого розвитку України // Екологія і природокористування. – 2012. – С. 163–173.
8. ДБН В.2.5-67:2013. Опалення, вентиляція та кондиціонування. – К. : ДП «Укрархбудінформ», 2014. – 149 с.
9. Mumovic D., Santamouris M. A Handbook of Sustainable Building Design and Engineering. – London : Routledge, 2014. – 688 p.
10. Приймаченко О.В., Москвітін А.С., Бистров Д.О. А ВИКОРИСТАННЯ НЕЧІТКОЇ ЛОГІКИ ДЛЯ УПРАВЛІННЯ VAV-СИСТЕМОЮ КОНДИЦІОНУВАННЯ ПОВІТРЯ В ПОЄДНАННІ З ЗЕЛЕНОЮ СТИНОЮ. // Просторовий розвиток – Випуск 10. – К.:

КНУБА, 2024 – С.389–406. – Режим доступу:
<http://spd.knuba.edu.ua/article/view/324120>

11. Москвітінна Анна, Шишина Марія. Оптимізація стратегії термомодернізації житлових будинків. Тези доповідей IV-ї міжнародної науково-практичної конференції «Екологія. Ресурси. Енергія». Багатофункціональні еко – та енергоефективні, ресурсозберігаючі технології архітектури, будівництва та суміжних галузях, Київ, 22-24 листопада 2023, с. 76-77
https://drive.google.com/file/d/1F3jn_ypNLqHuzm0EqOFMI1QWelEw64AX/view
12. Олійник В. О. Оптимізація будівельного процесу з використанням цифрових технологій. Київ: КНУБА, 2025. 15 с.
13. Pheng L. S. The Economy and the Construction Industry // Construction Economics and Building. – 2019. – Vol. 19(3). – P. 1–15.
14. Кошель В. О. Енергоефективність громадських будівель державної власності // Матеріали науково-практичної конференції. – 2020. – С. 45–51.
15. Danylenko O. V., Kuts V. P. Energy Efficiency of Public Buildings in Ukraine // Energy Policy. – 2020. – Vol. 145. – P. 111–118.
16. Tkachenko, T., Shkuratov, O., Fazil oğlu Qasimov, A., Mileikovskiy, V., Moskvitina, A., Konovaliuk, V., Kravchenko, M., Trach, Y., Pryshchepa, A., Trach, R., Hnes, O., Tsiuriupa, Y., & Piechowicz, K. (2025). Gas Exchange Research on Plant Layers of Green Structures and Indoor Greening for Sustainable Construction. Sustainability, 17(8), 3467.
<https://doi.org/10.3390/su17083467>
17. Човнюк Ю.В., Чередніченко П.П., Москвітінна А.С. Моделювання та алгоритм розрахунку параметрів системи регулювання мікроклімату приміщення з елементами штучного інтелекту / Ю.В. Човнюк, П.П. Чередніченко, А.С. Москвітінна // Містобудування та територіальне планування – Випуск 79. – К.: КНУБА, 2022 – С. 446-462. – Режим доступу: <http://mtp.knuba.edu.ua/article/view/256543>
18. ДБН В.2.6-31:2021. Теплова ізоляція та енергоефективність будівель. – К. : ДП «Укранхбудінформ», 2022. – 23 с.
19. Ahmed E. K. A., et al. Integrated Framework for Sustainable Retrofitting of Existing Buildings // Sustainable Cities and Society. – 2023. – Vol. 89.
20. Lis A. Thermal Modernization of Buildings under Climate-Neutral Economy Transformation. – Szczecin, 2023. – 180 p.

21. Szczotka K. et al. Thermomodernization as a Mechanism for Improving Energy Efficiency // *Energies*. – 2023. – Vol. 16(13).
22. Dubovskyi Ye. Ye. Organizational and Technological Design Using Automated Systems // *UJCEA*. – 2023.
23. Mistry V. Impact of Building Automation on HVAC Performance // *Journal of Building Engineering*. – 2023.
24. Sukhodub I. Analysis of Energy Efficiency Improvement Scenarios for Public Buildings // *Technologies & Engineering*. – 2024.
25. Behr S. M., Küçük M., Neuhoff K. Thermal Retrofitting of Worst-Performing Buildings. – Berlin, 2024.
26. Aruta G., et al. Thermal Resilience of Energy Retrofit Measures // *Energy*. – 2025.
27. Karakosta C., et al. Cost-Effective Energy Retrofit Pathways for Buildings // *Energies*. – 2025.
28. Kulik M. V. Challenges and Prospects of Automation in the Construction Industry // *UJCEA*. – 2025.
29. Oliinyk V. Optimization of Construction Processes Using Automation Technologies // *Architecture Studies*. – 2025.
30. International Energy Agency. Energy Efficiency in Buildings: Policies and Technologies. – Paris, 2025.

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Київський національний університет будівництва і архітектури
Кафедра теплогазопостачання і вентиляції

Атестаційна випускна робота магістра

Сафронової Яни Русланівни

На тему: Аналіз результатів впровадження заходів з підвищення класу енергетичної ефективності офісної будівлі в м. Дніпро

Керівник: к.т.н. Москвітіна А.С.

Київ 2025

Метою дослідження є:

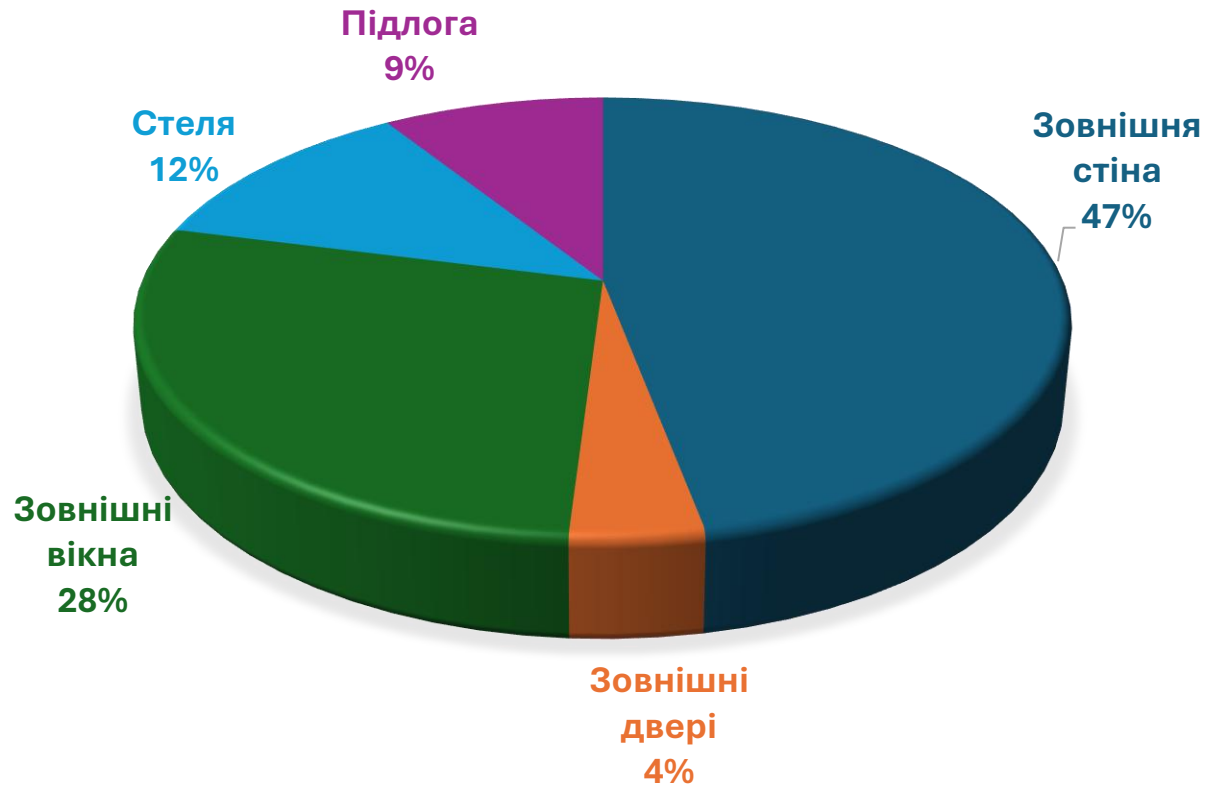
- пониження енергоспоживання офісними будівлями з метою економії енергії
- підвищення ефективності за рахунок мінімальних економічних втрат

Завдання дослідження з підвищення енергетичної ефективності офісної будівлі включає в себе:

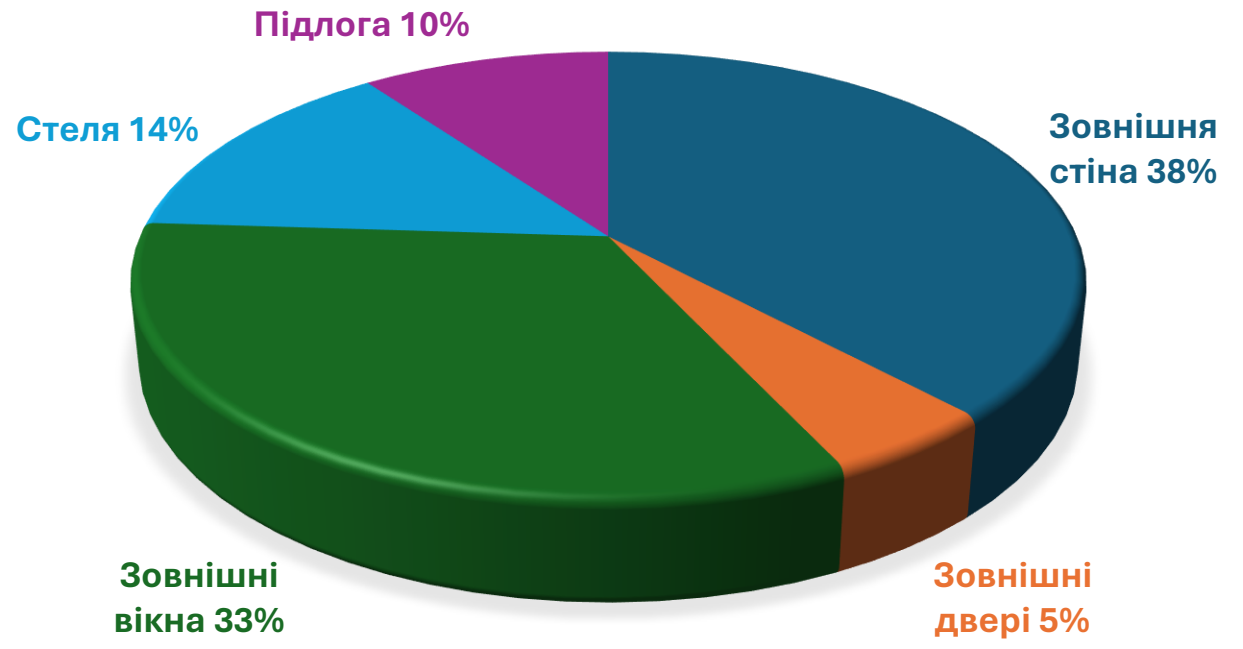
1. Аналіз поточного енергетичного стану офісної будівлі з визначенням основних джерел тепловтрат та неефективного використання енергоресурсів.
2. Оцінку теплотехнічних характеристик огорожувальних конструкцій та ефективності існуючих систем опалення, вентиляції й кондиціонування.
3. Аналіз можливостей впровадження автоматизованих систем управління інженерними мережами для зниження енергоспоживання.
4. Проведення економічної оцінки ефективності запропонованих заходів, включаючи визначення капітальних витрат та терміну їх окупності.
5. Формування рекомендацій щодо комплексного підвищення класу енергетичної ефективності офісних будівель з урахуванням кліматичних умов експлуатації.

Аналіз впливу товщини теплоізоляції на частку тепловтрат у навколишнє середовище через окремі елементи огорожувальних конструкцій будівлі.

ПРИ ТОВЩИНІ 0,15 М

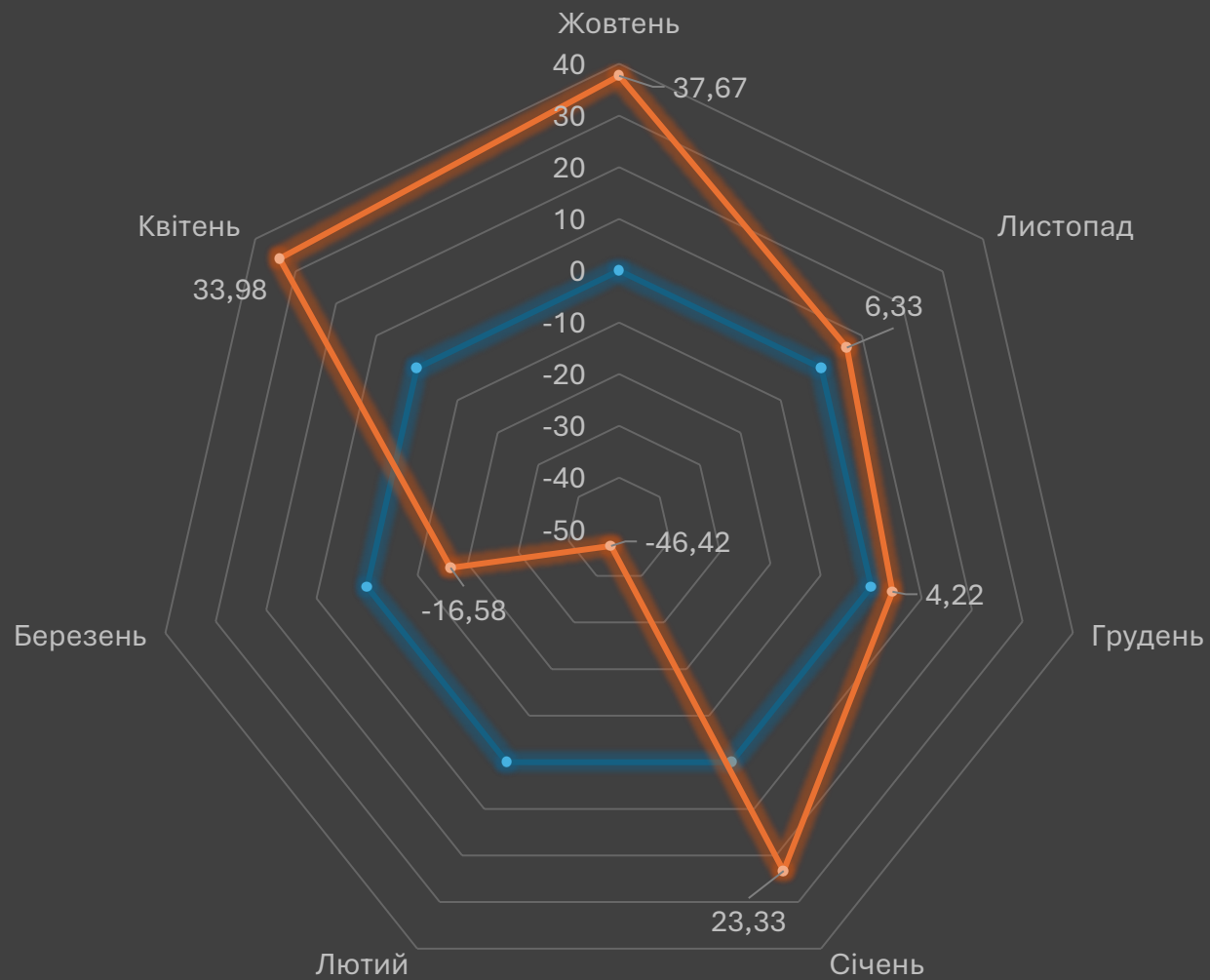


ПРИ ТОВЩИНІ 0,25 М



Баланс теплової енергії за сезон

— Грань відліку — Перепади енергії під час сезону



Детальний тепловий баланс із розподілом на окремі місяці

Місяць	Середня зовнішня температура	Втрата тепла через зовнішні огороження	Втрата тепла через внутрішні огороження	Втрати тепла через підлогу	Втрати тепла через вентиляцію	Надходження тепла через сонячну радіацію	Зовнішні теплонадходження	Загальна потреба в енергії
Січень	-3,6	5,66	0,94	0,47	3,28	1,88	1,41	7,09
Лютий	-3,4	5,11	0,85	0,44	3,28	1,88	1,27	6,56
Березень	1,8	4,52	0,75	0,47	2,66	4,01	1,41	3,37
Квітень	9,7	3,26	0,55	0,41	2,03	4,79	1,36	1,33
Травень	16,2	1,80	0,31	0,36	1,17	6,26	1,41	0,15
Червень	19,9	0,95	0,17	0,29	0,72	6,48	1,36	0,03
Липень	22,1	0,74	0,13	0,25	0,59	6,28	1,41	0,01
Серпень	21,4	0,63	0,11	0,23	0,54	5,7	1,41	0,01
Вересень	15,6	1,90	0,32	0,24	1,26	3,9	1,36	0,38
Жовтень	9,0	3,64	0,61	0,30	2,18	2,92	1,41	2,7
Листопад	2,0	4,24	0,71	0,35	2,58	1,33	1,36	5,21
Грудень	2,4	5,21	0,87	0,42	3,03	1,00	1,41	7,14
СЕЗОН	9,4	37,67	6,33	4,22	23,33	46,42	16,58	33,98

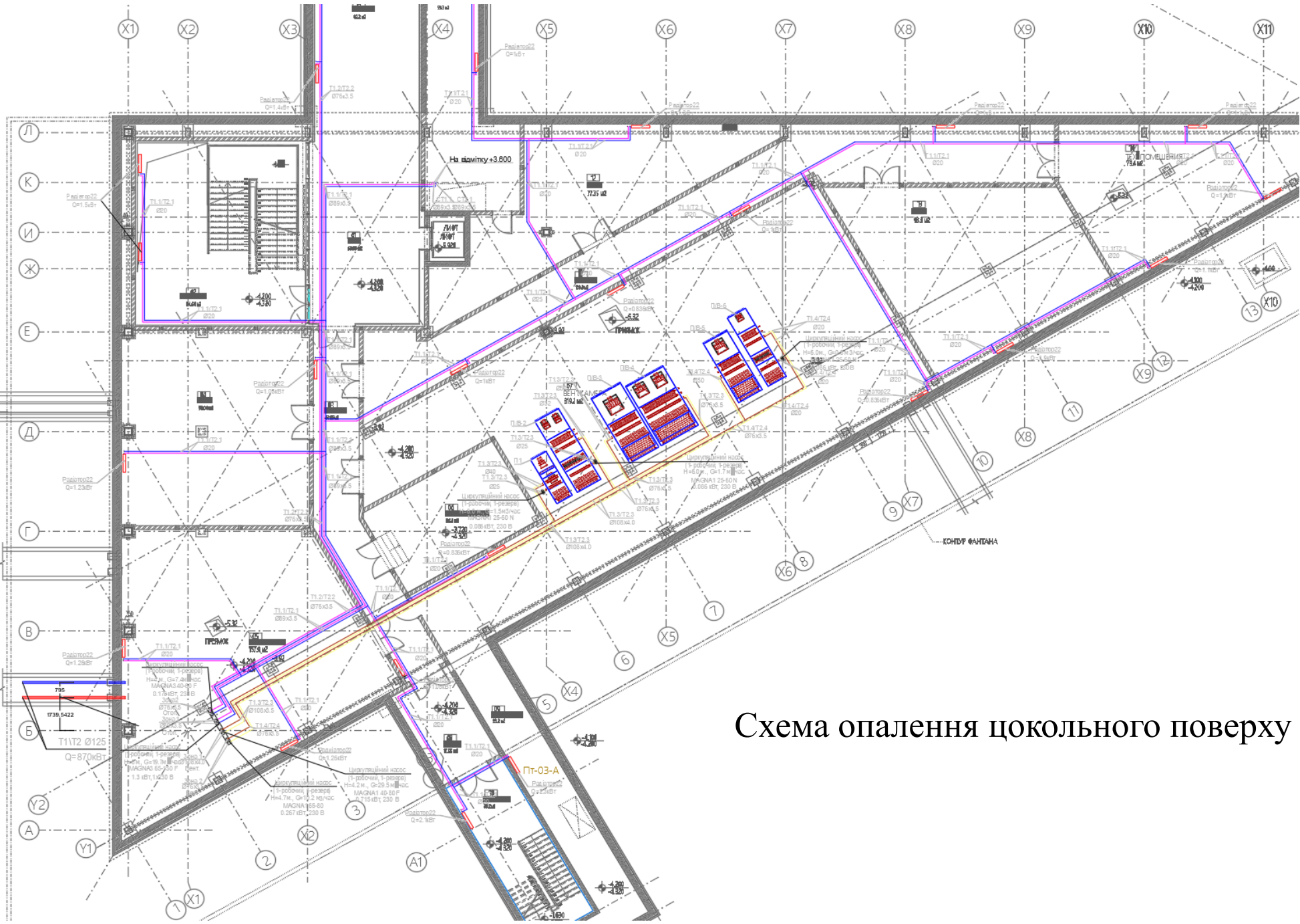
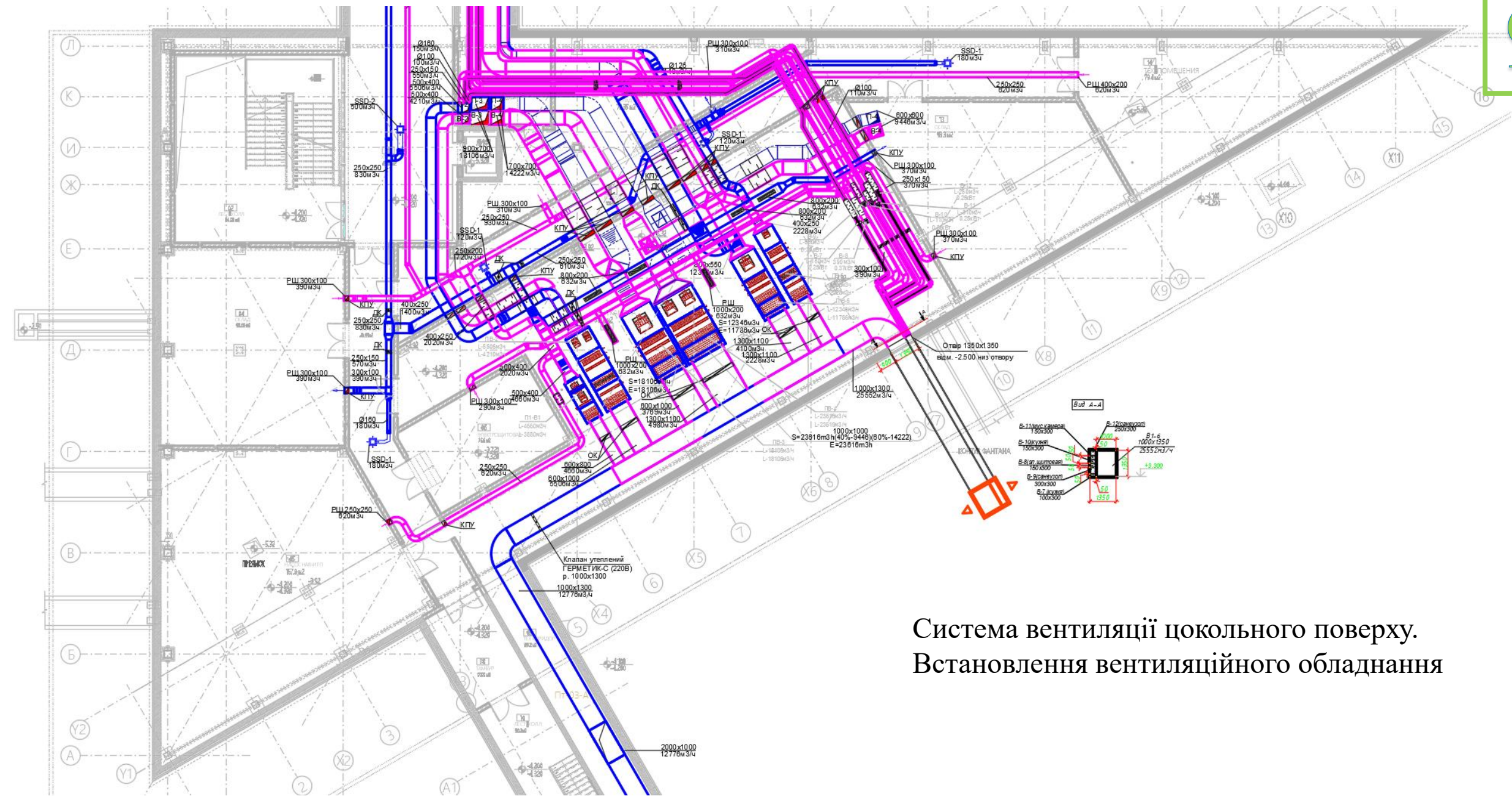


Схема опалення цокольного поверху на відмітці -4.200 м



Схема опалення першого поверху на відмітці 0.000 м

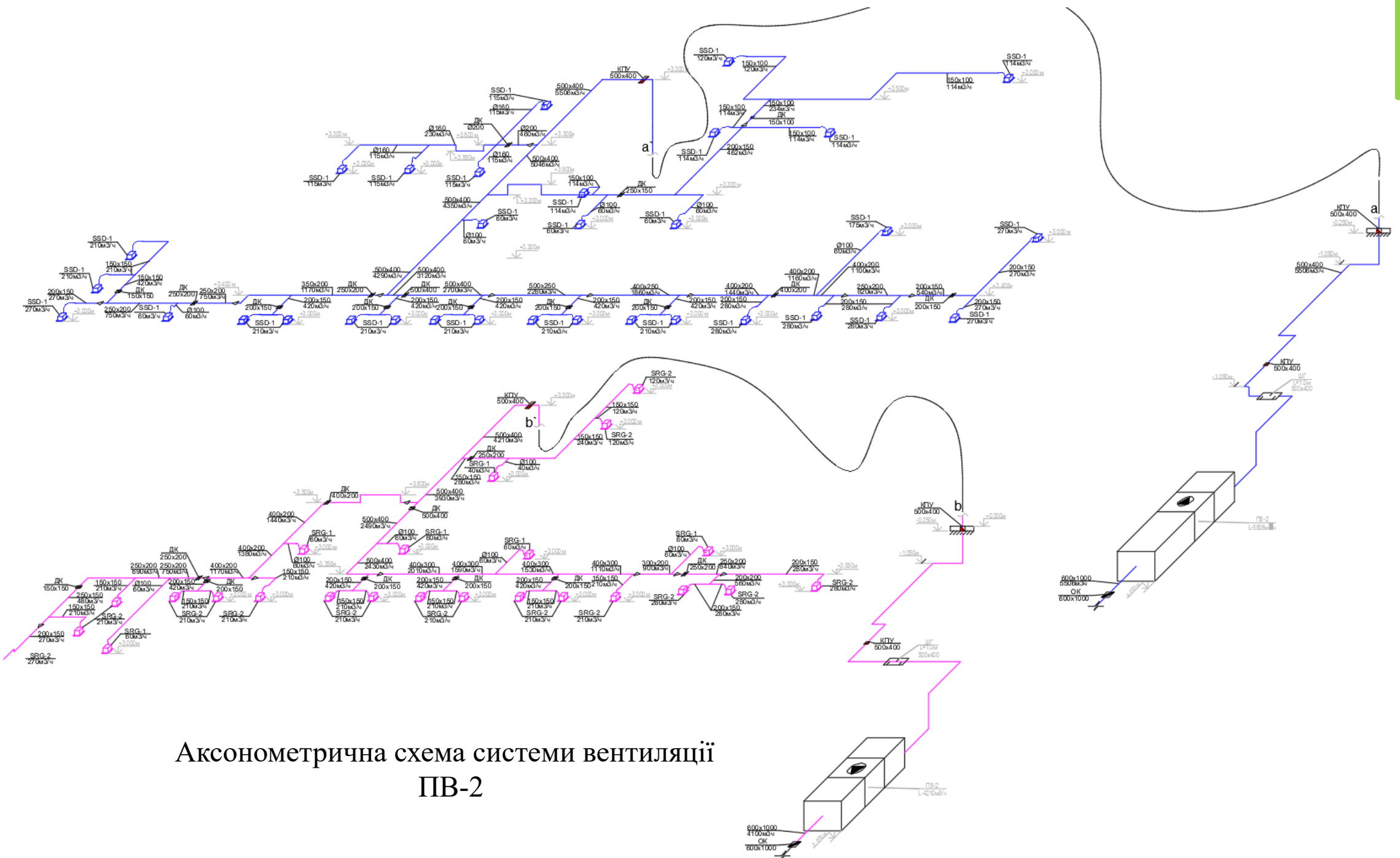


Система вентиляції цокольного поверху.
Встановлення вентиляційного обладнання

Система вентиляції першого поверху. Офісні приміщення

10

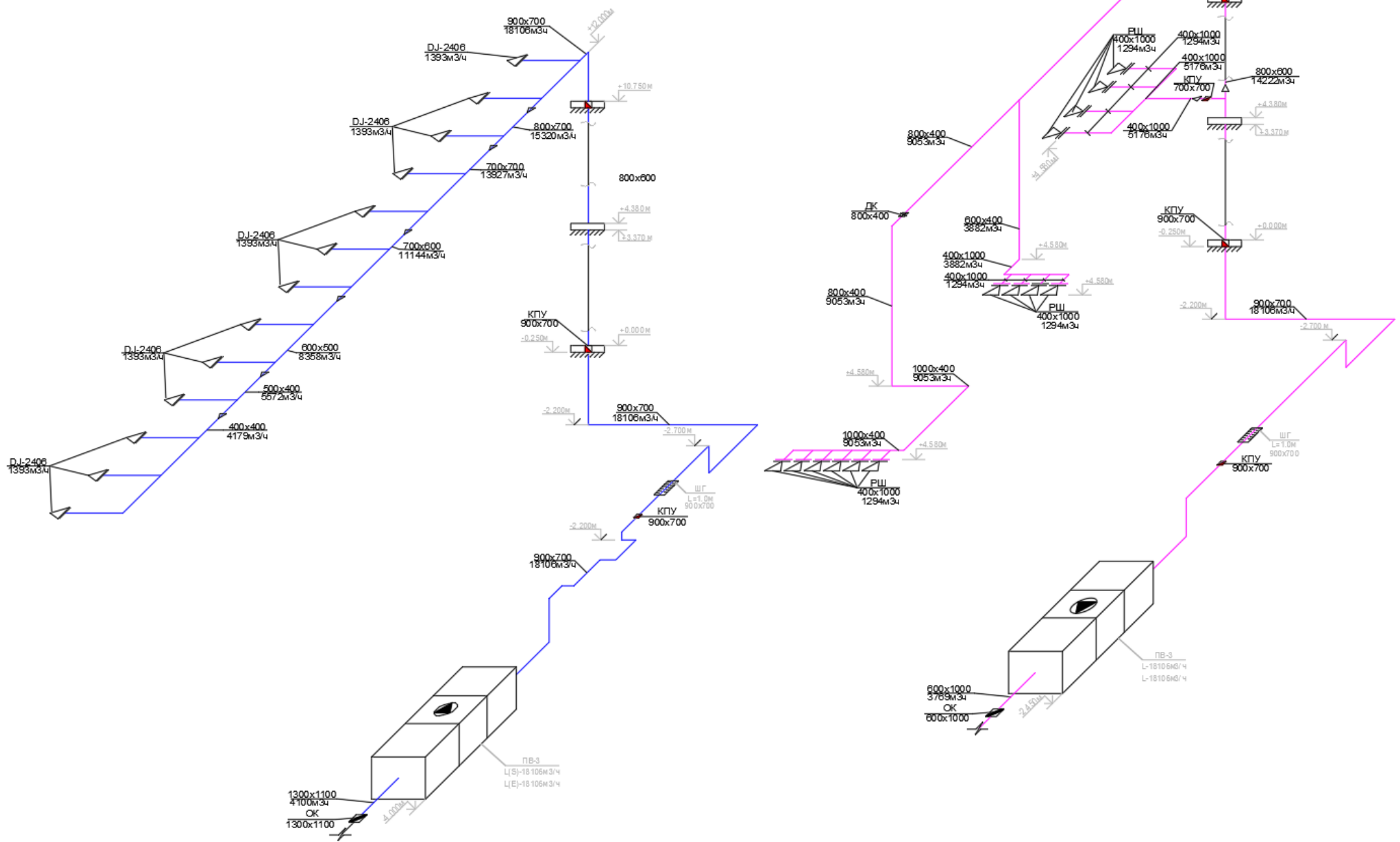




Аксонетрична схема системи вентиляції
ПВ-2

Система вентиляції та вентиляційних установок

СХЕМА ВЕНТИЛЯЦІЇ ПВ-3



Енергетичний сертифікат

Різниця до та після модернізації

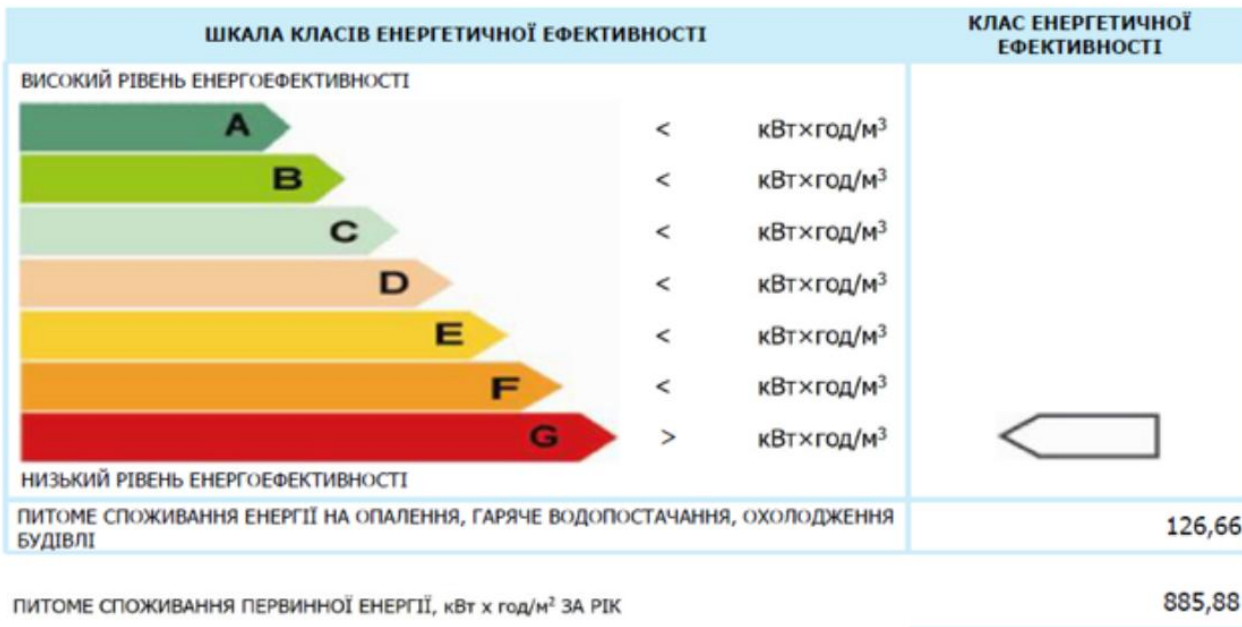
ЕНЕРГЕТИЧНИЙ СЕРТИФІКАТ БУДІВЛІ

АДРЕСА (МІСЦЕЗНАХОДЖЕННЯ) БУДІВЛІ:

ФУНКЦІОНАЛЬНЕ ПРИЗНАЧЕННЯ ТА НАЗВА:

ВІДОМОСТІ ПРО КОНСТРУКЦІЮ БУДІВЛІ

ОПАЛЮВАНА ПЛОЩА, М²:	2980,16	ОПАЛЮВАНИЙ ОБ'ЄМ, М³:	8791,5
КІЛЬКІСТЬ ПОВЕРХІВ:	3	РІК ПРИЙНЯТТЯ В ЕКСПЛУАТАЦІЮ:	2023



ЕНЕРГЕТИЧНИЙ СЕРТИФІКАТ БУДІВЛІ

АДРЕСА (МІСЦЕЗНАХОДЖЕННЯ) БУДІВЛІ:

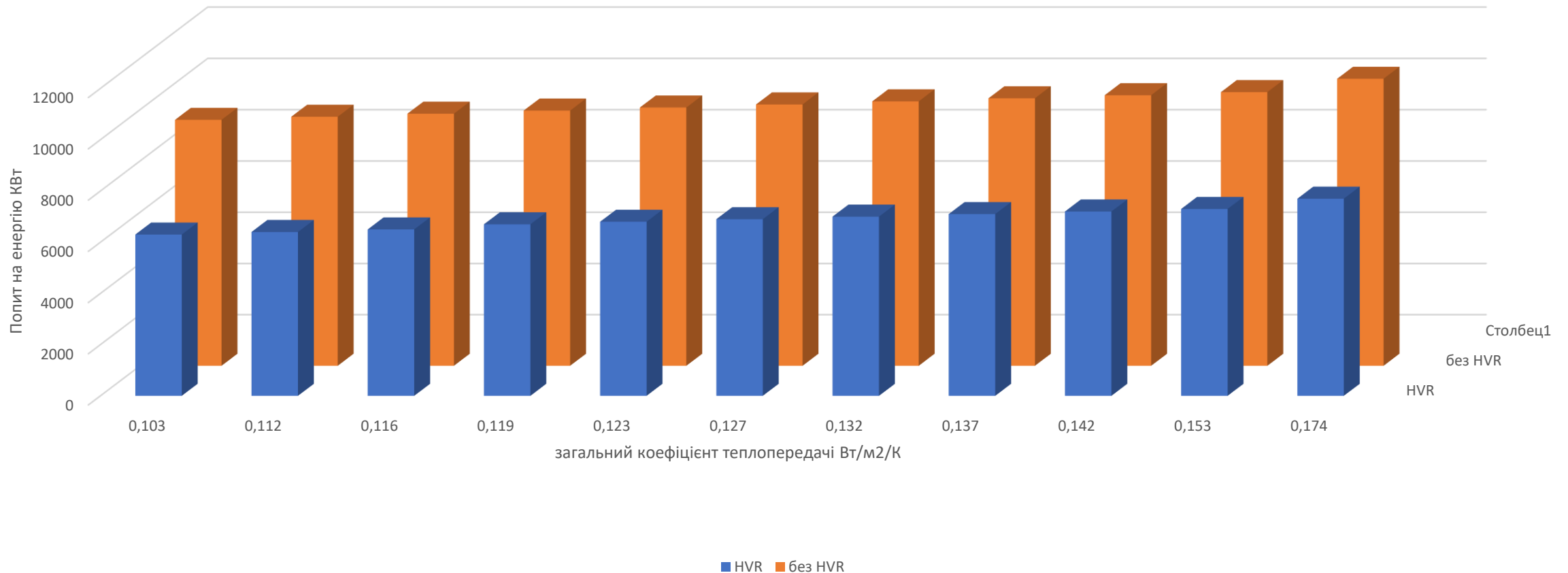
ФУНКЦІОНАЛЬНЕ ПРИЗНАЧЕННЯ ТА НАЗВА:

ВІДОМОСТІ ПРО КОНСТРУКЦІЮ БУДІВЛІ

ОПАЛЮВАНА ПЛОЩА, М²:	2980,16	ОПАЛЮВАНИЙ ОБ'ЄМ, М³:	8791,5
КІЛЬКІСТЬ ПОВЕРХІВ:	3	РІК ПРИЙНЯТТЯ В ЕКСПЛУАТАЦІЮ:	2023



Вплив застосування системи вентиляції з рекуперацією тепла (HVR) на значення теплової потреби досліджуваної будівлі.

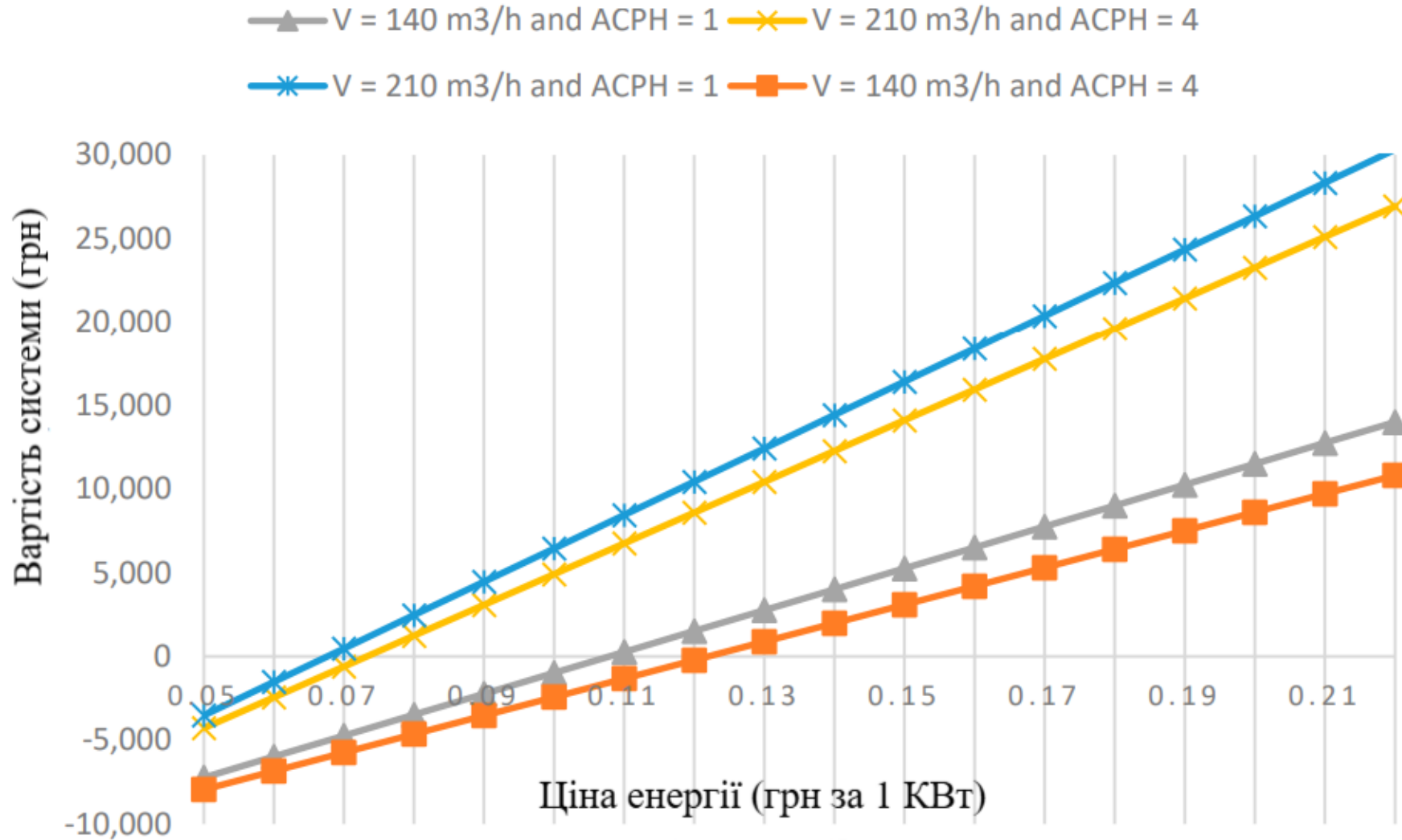


	АСРН=1	АСРН=4
Вентиляція = 210м3/г	I	II
Вентиляція = 140м3/г	III	IV

Оптимальні значення загальних коефіцієнтів теплопередачі в кожній із категорій

Категорія	Загальний коефіцієнт теплопередачі (стіни)	Загальний коефіцієнт теплопередачі (підлога)	Загальний коефіцієнт теплопередачі (стеля)	Чиста приведена вартість ізоляції ,грн	Повернення інвестицій (ізоляція)	Чиста приведена вартість вентиляційних систем,грн	Повернення інвестицій (вент.сист.)	Порогова ціна на енергію для системи HRV
(A)								
I	0,103	0,109	0,09	422000	114%	292000	186%	N/A
II	0,103	0,109	0,09	425000	115%	259000	165%	N/A
III	0,103	0,109	0,09	395000	107%	122000	78%	N/A
IV	0,103	0,109	0,09	401000	108%	90500	58%	N/A
(B)								
I	0,116	0,128	0,12	57500	19%	41000	32%	N/A
II	0,116	0,128	0,12	58000	19%	28000	22%	N/A
III	0,116	0,128	0,12	51300	17%	-22500	-17%	0,1
IV	0,116	0,128	0,12	52500	18%	-35000	27%	0,12

Чиста приведена вартість системи рекуперації теплоти,
залежно від ціни 1 кВт*год енергії за різних значень повітрообміну
та повітронепроникності будівлі



Дякую за увагу!