

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

Київський національний університет будівництва і архітектури

Кафедра теплогазопостачання і вентиляції

Кваліфікаційна випускна робота магістра

Щербини Дмитра Едуардовича

**На тему: Підвищення енергоефективності житлово-громадського будівельного
комплексу в м. Луцьк**

Керівник: к.т.н., доц., проф. Любарець О.П.

Київ 2026

Метою даного дослідження є обґрунтування вибору енергоефективного дизайну фасаду громадської будівлі для підвищення теплового захисту будівлі в умовах холодного клімату. А також проведення порівняльного аналізу комплексних енергетичних показників та навантажень житлового будинку до і після термомодернізації.

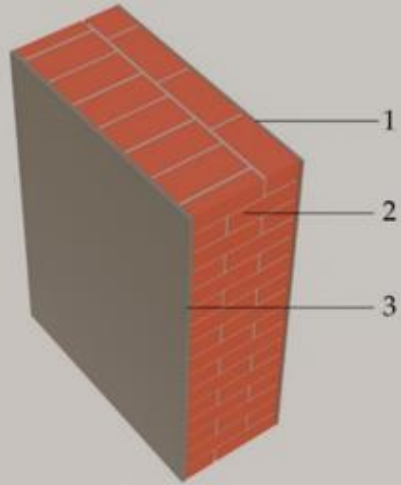
Основні завдання дослідження:

- Сформувати теплофізичні та геометричні характеристики чотирьох типів зовнішніх фасадних конструкцій громадської будівлі (існуючого фасаду «мокрого» типу без повітряних прошарків 1978 року побудови, традиційного вентиляованого фасаду, а також фасадів із закритими повітряними каналами з відбиваючими екранами та без них).
- Здійснити чисельне моделювання теплових полів та розподілу температур в огорожувальних елементах досліджуваних фасадів громадської будівлі за допомогою сучасного програмного комплексу (з використанням програмного комплексу ANSYS).
- Визначити та порівняти значення ефективного термічного опору для кожного варіанта конструктивного рішення зовнішніх стін громадської будівлі та перевірити їхню відповідність чинним національним стандартам енергоефективності. .
- Розрахувати питомі характеристики теплового захисту будівлі, питоме споживання теплової енергії на опалення та вентиляцію протягом опалювального сезону, а також загальні тепловтрати громадської будівлі для різних типів фасадів.
- Провести порівняльний аналіз комплексних показників житлового будинку до і після впровадження енергоефективних заходів.

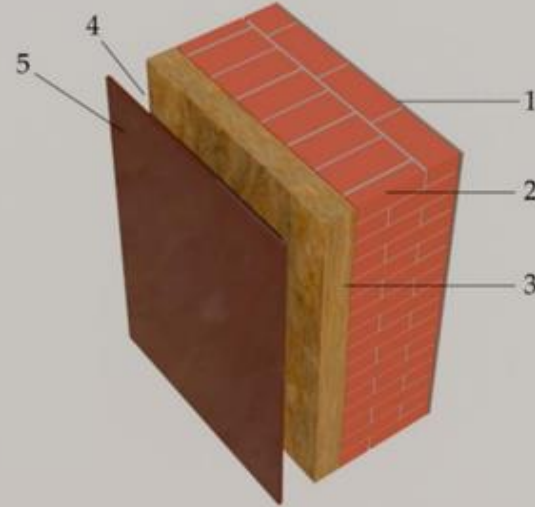
Досліджувані зовнішні фасади:

2

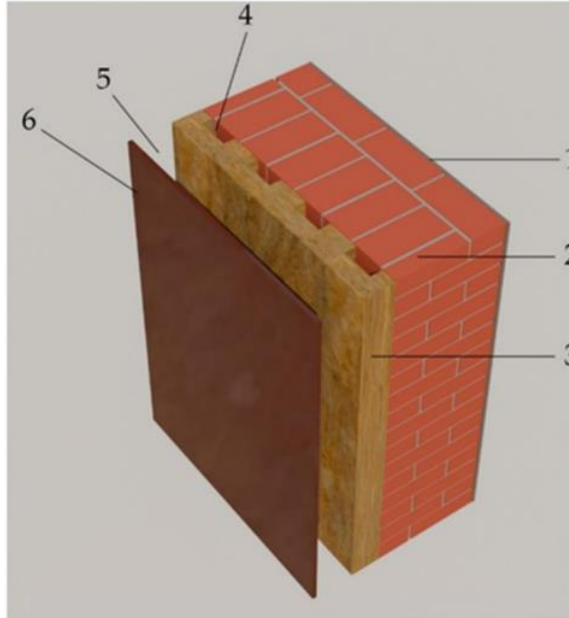
а.



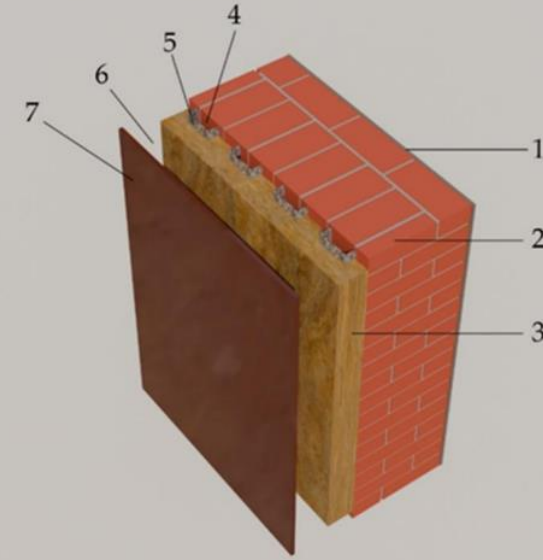
б.



в.



г.



Досліджувані зовнішні фасади: (а) — існуючий фасад «мокрого» типу без повітряних прошарків будівлі 1978 року; (б) — традиційний вентиляований фасад; (в) — фасад із закритими повітряними каналами, що чергуються в шарі теплоізоляції, та вентиляованим повітряним прошарком між шарами ізоляції та облицювання; (г) — фасад, подібний до (в), але з відбиваючими екранами з алюмінієвої фольги, що закривають повітряні канали в шарі теплоізоляції, які чергуються. (а) Фасад без повітряних прошарків: 1, 3 — цементно-піщана штукатурка; 2 — несучий шар із теракотової цегли. (б) Вентильований фасад 2: 1 — цементно-піщана штукатурка; 2 — несучий шар із теракотової цегли; 3 — ізоляція з базальтової вати; 4 — вентиляований повітряний прошарок; 5 — зовнішнє облицювання. (в) Фасад з повітряними каналами: 1 — цементно-піщана штукатурка; 2 — несучий шар із теракотової цегли; 3 — ізоляція з базальтової вати; 4 — закриті повітряні канали; 5 — вентиляований повітряний прошарок; 6 — зовнішнє облицювання. (г) Фасад з повітряними каналами та відбиваючими екранами: 1 — цементно-піщана штукатурка; 2 — несучий шар із теракотової цегли; 3 — ізоляція з базальтової вати; 4 — закриті повітряні канали; 5 — відбиваючі екрани у вигляді алюмінієвої фольги; 6 — вентиляований повітряний прошарок; 7 — зовнішнє облицювання.

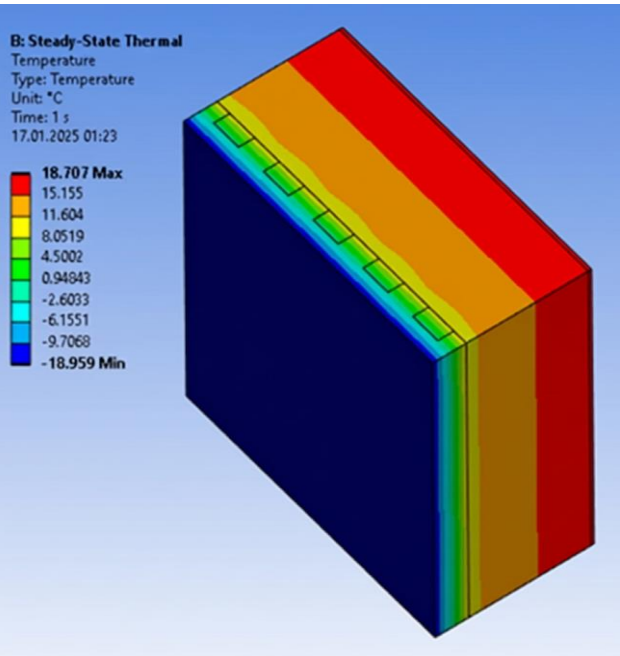
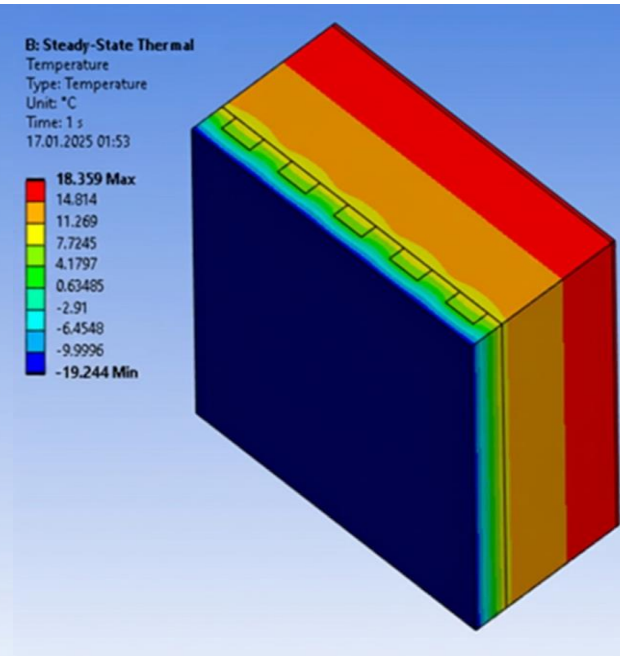
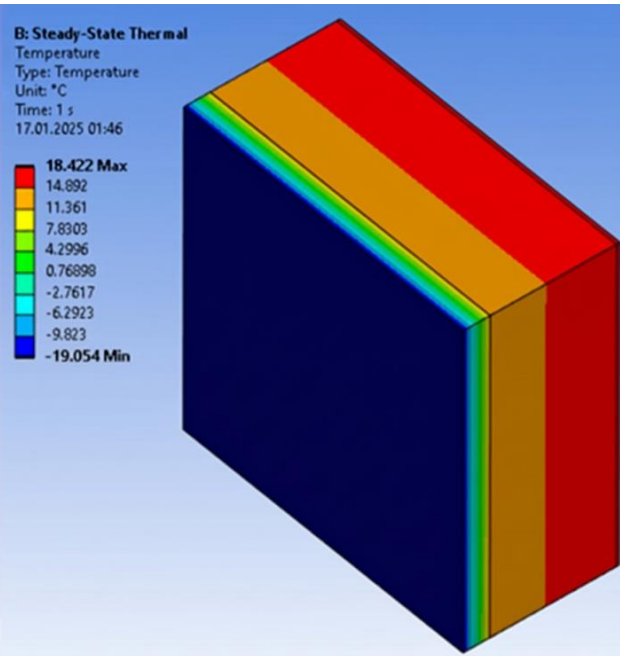
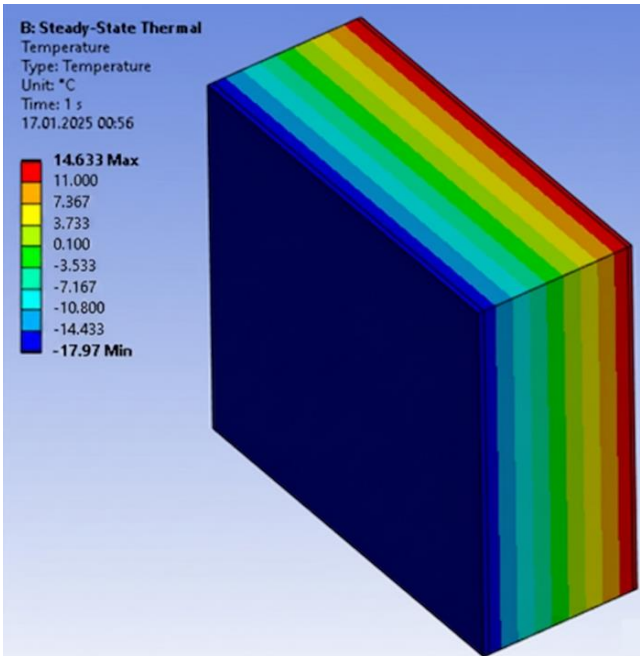
Температурне поле у фасадному огороженні, модель температурного поля в ANSYS.

а.

б.

в.

г.

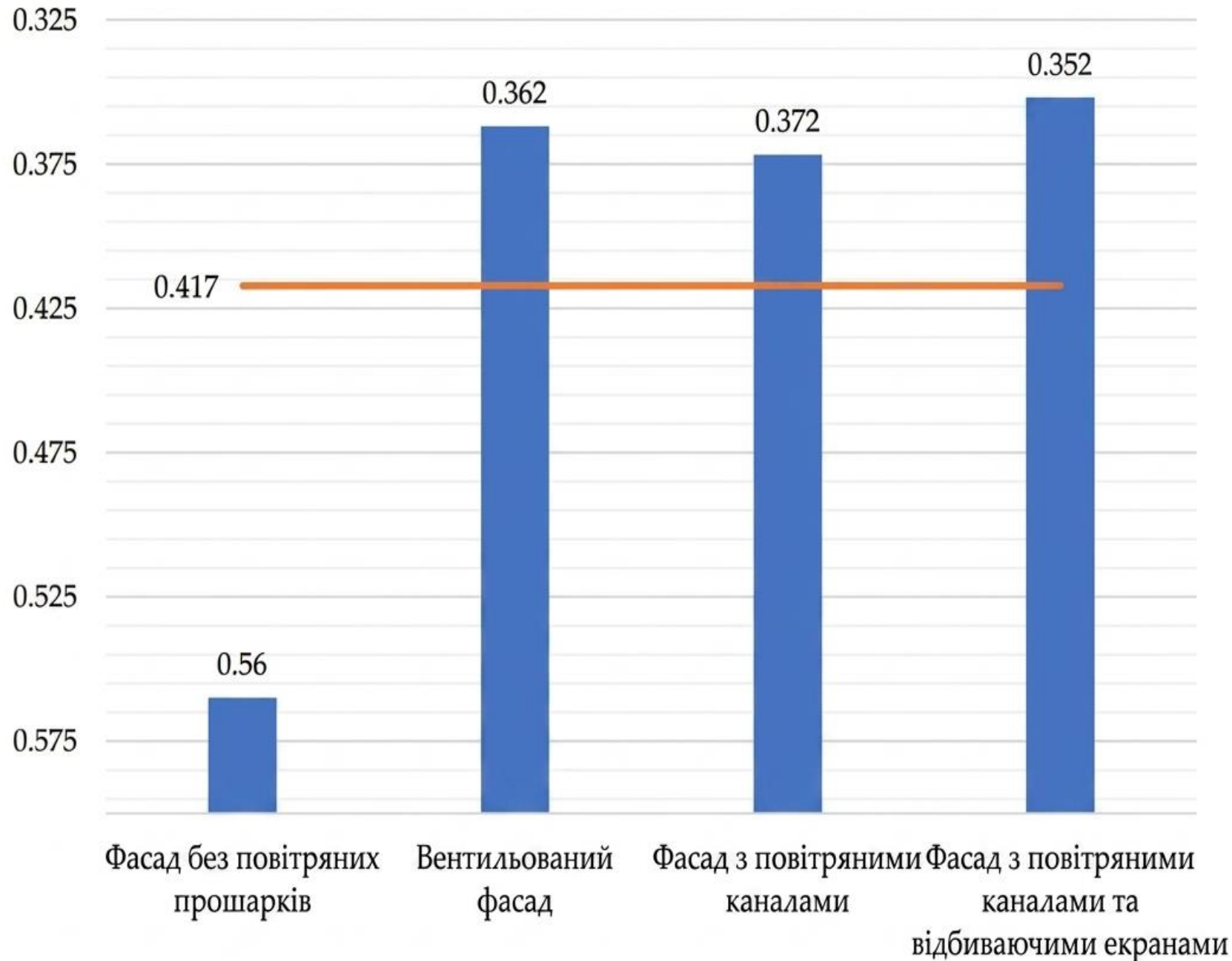


Значення теплового опору фасадних конструкцій

Тип зовнішнього огороження	Регламентоване значення, $m^2 \cdot ^\circ C / W$	Розрахункове значення, $m^2 \cdot ^\circ C / W$ (Вар. а)	Розрахункове значення, $m^2 \cdot ^\circ C / W$ (Вар. б)	Розрахункове значення, $m^2 \cdot ^\circ C / W$ (Вар. в)	Розрахункове значення, $m^2 \cdot ^\circ C / W$ (Вар. г)
Зовнішня стіна	4,0	0,85	4,31	4,01	4,641

Значення комплексних показників енергоефективності фасадних конструкцій будівлі

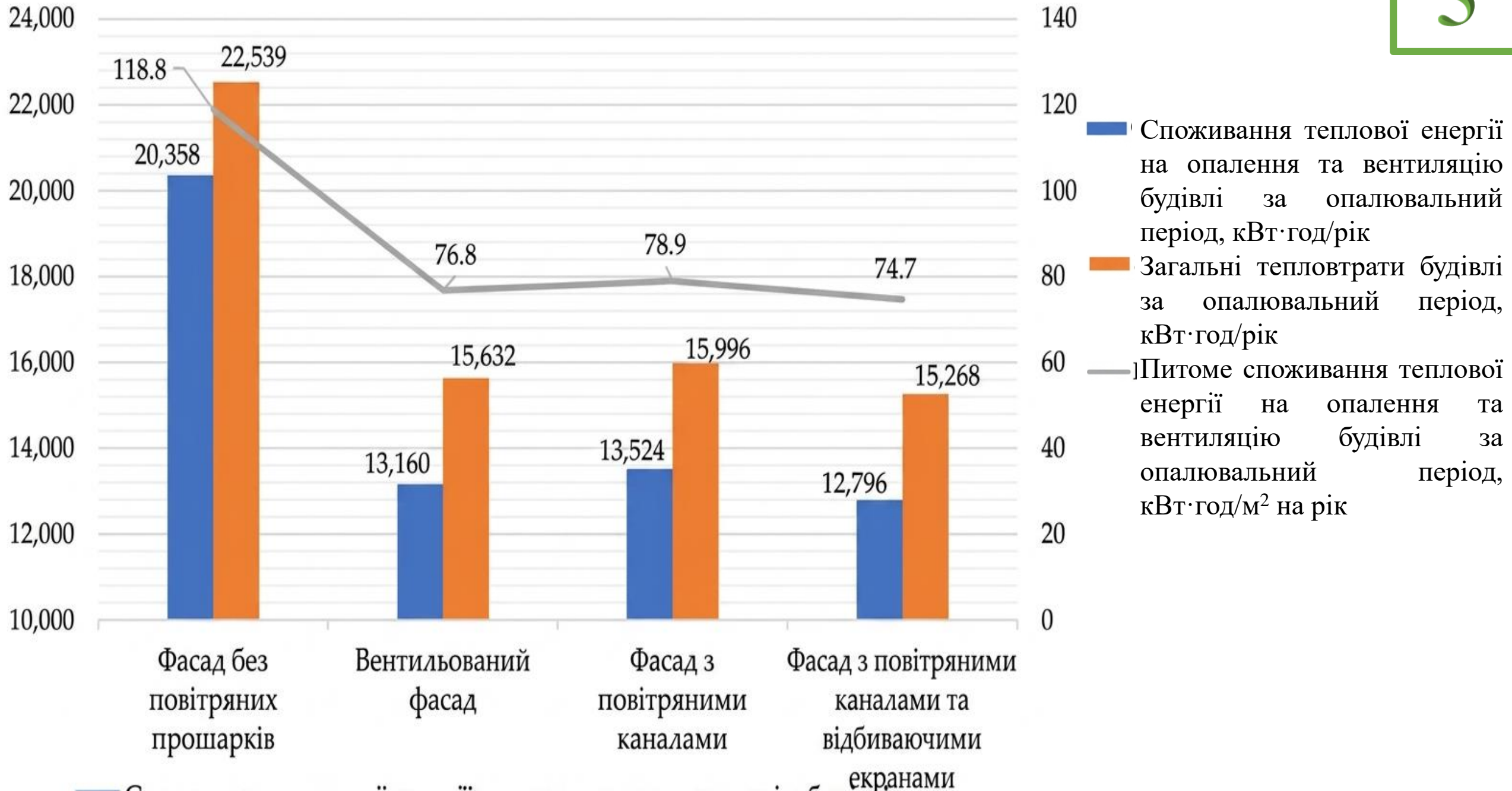
4



— Розрахункова питома характеристика витрат теплової енергії на опалення та вентиляцію будівлі за опалювальний період, Вт/м³·°C

— Нормативна питома характеристика витрат теплової енергії на опалення та вентиляцію будівлі за опалювальний період, Вт/м³·°C

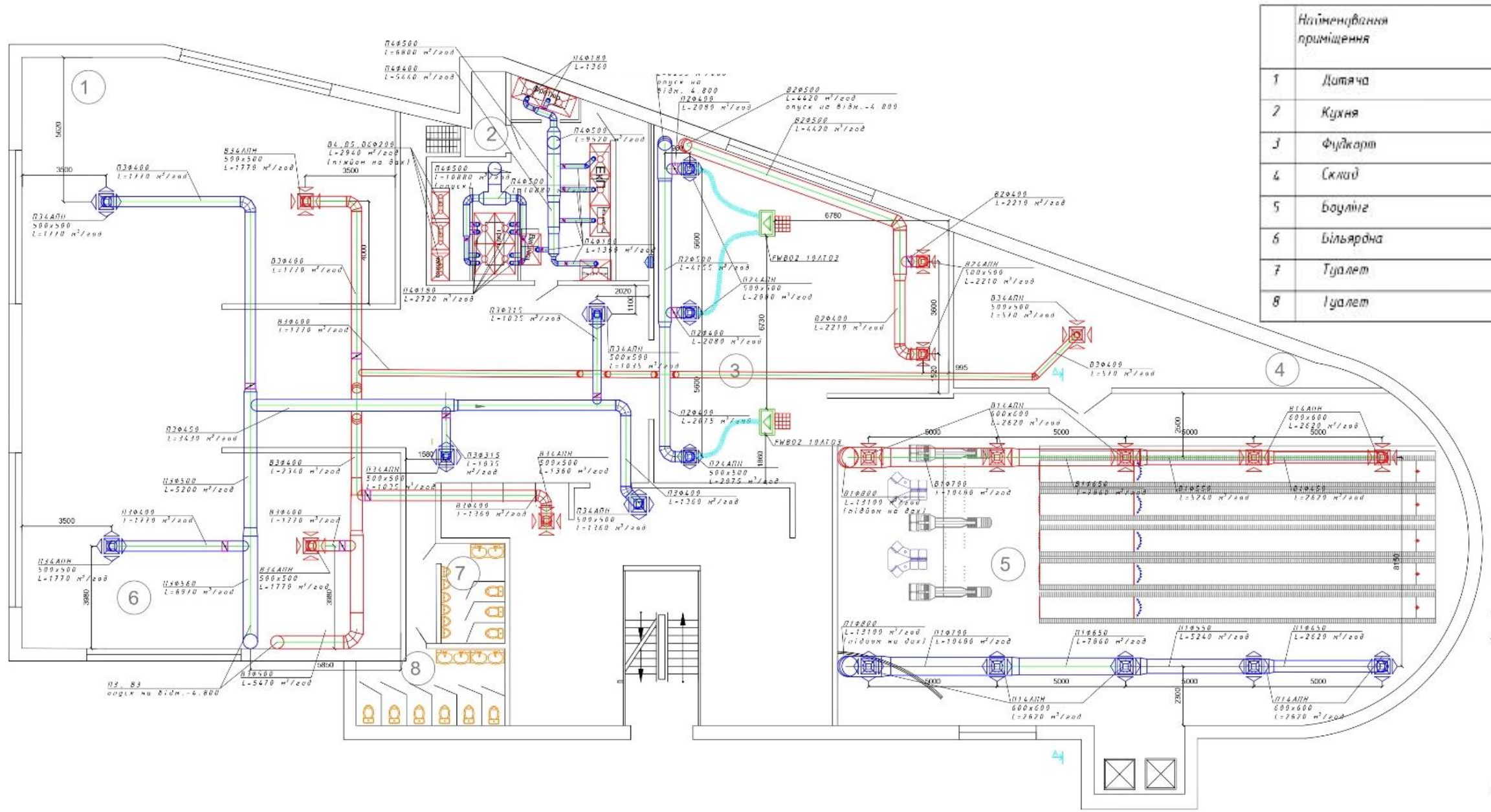
Значення енергетичних навантажень фасадних конструкцій будівлі.



План першого поверху. Вентиляція та кондиціонування

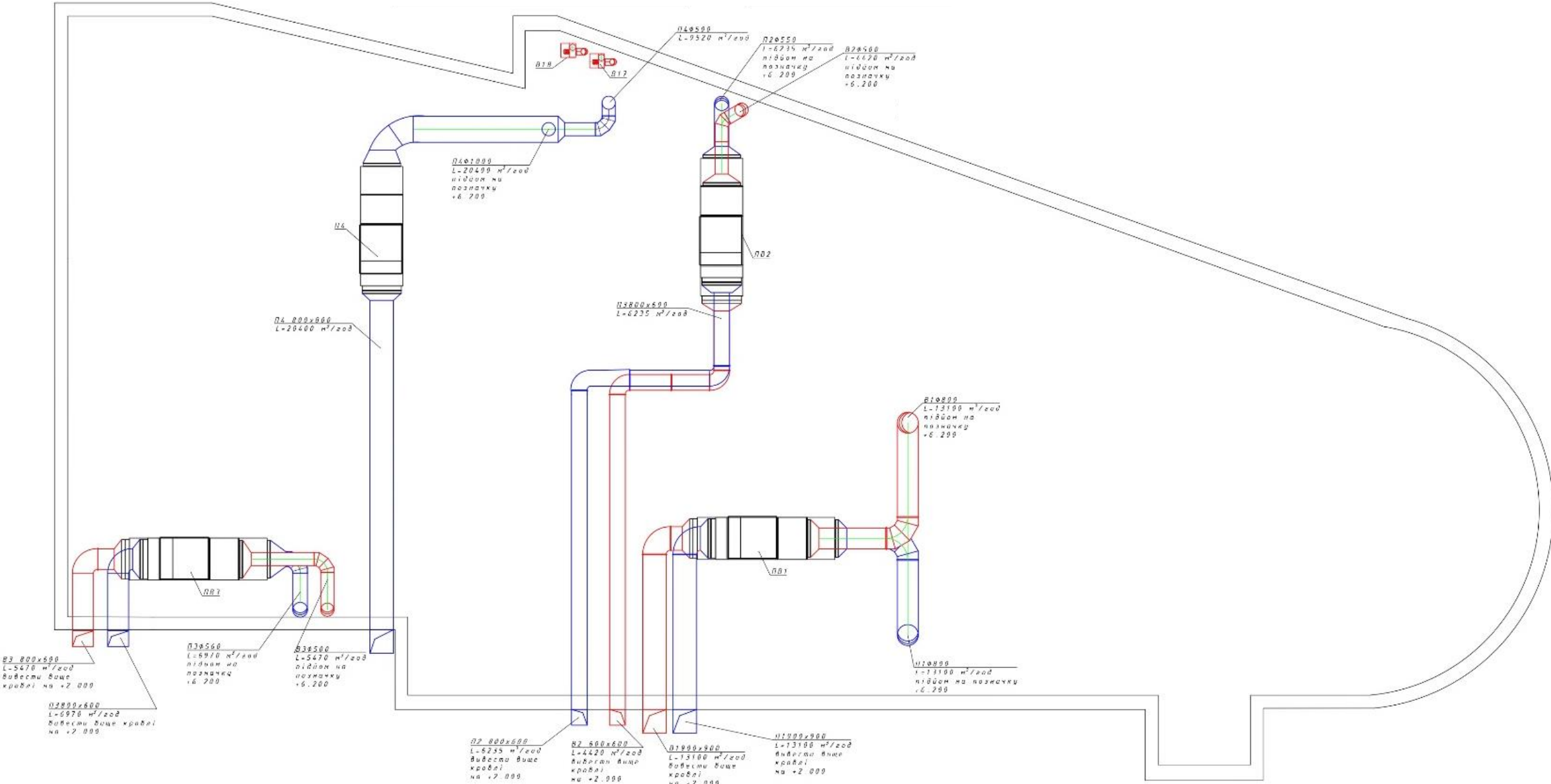
Експлікація приміщень

6



Найменування приміщення	
1	Дитяча
2	Кухня
3	Фуджар
4	Склад
5	Боулінг
6	Більярдна
7	Туалет
8	Туалет

План підвалу. Розміщення вентиляційного обладнання

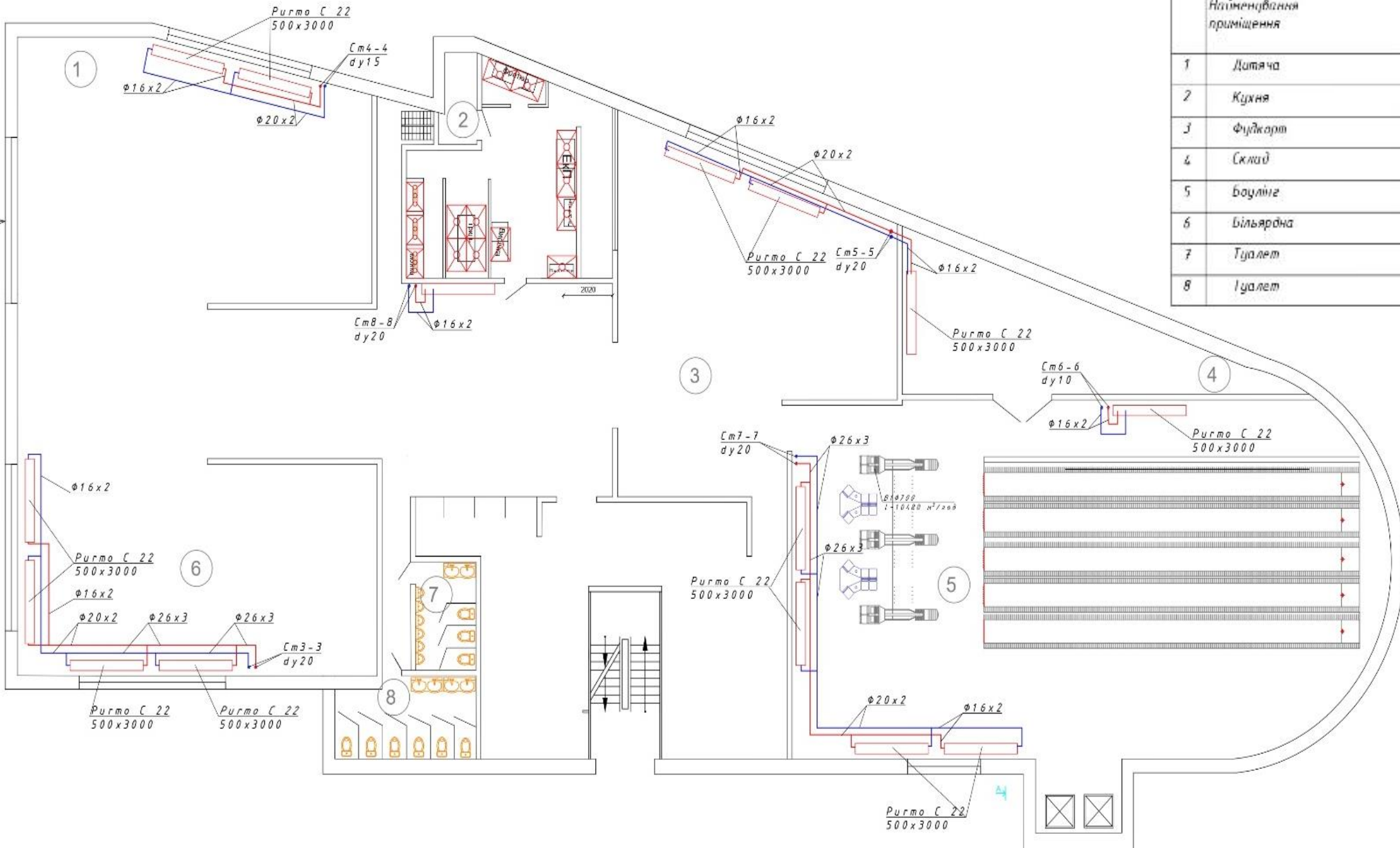


План 1-го поверху. Система опалення

Експлікація приміщень

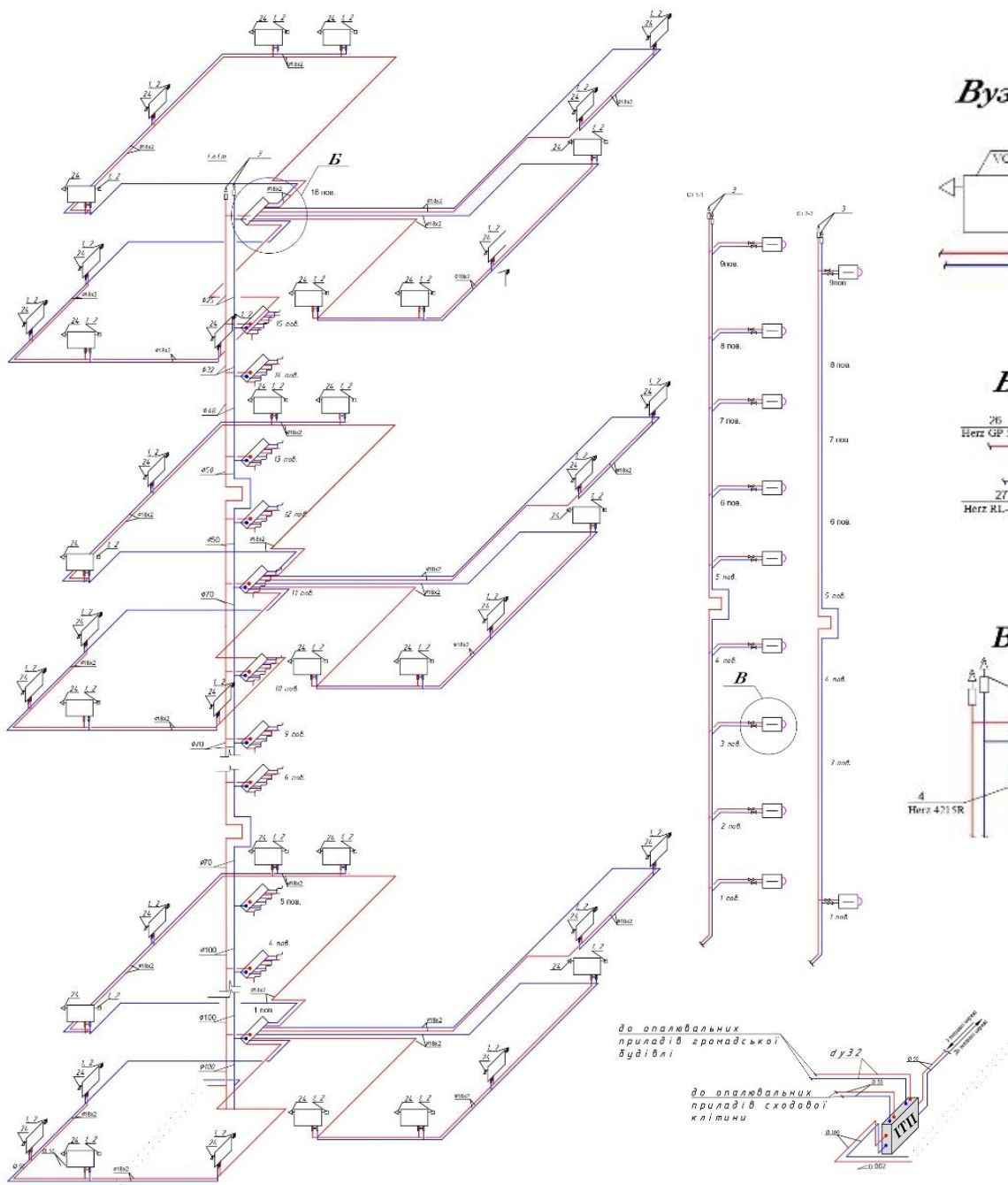


Вхід



Експлікація приміщень	
Найменування приміщення	
1	Дитяча
2	Кухня
3	Фіджарт
4	Склад
5	Більярна
6	Більярна
7	Туалет
8	Туалет

Аксонетричні схеми системи опалення житлової будівлі

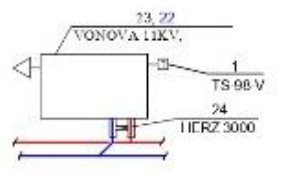


Вузли обв'язки фанкойлів громадської будівлі

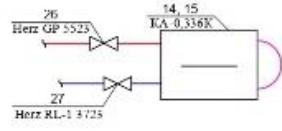
СПЕЦИФІКАЦІЯ ОБЛАДНАННЯ ВУЗЛА ХОЛОДОПОСТАЧАННЯ

СПЕЦИФІКАЦІЯ ОБЛАДНАННЯ ВУЗЛА ТЕПЛОПОСТАЧАННЯ

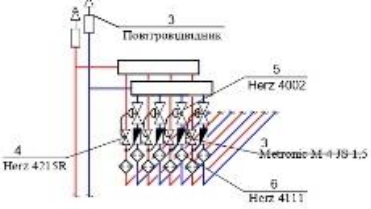
Вузол "А"



Вузол "В"



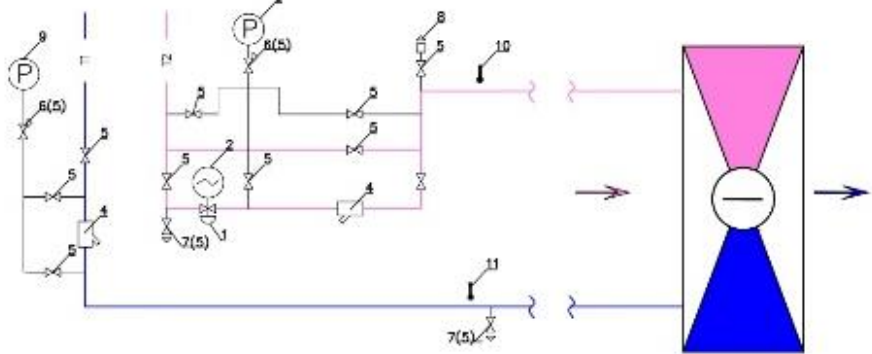
Вузол "Б"



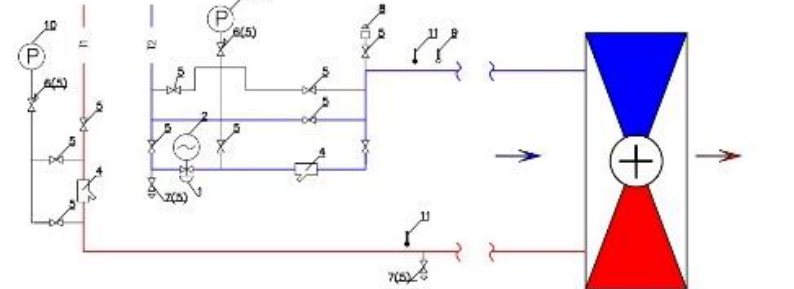
Найменування	
1	Класичний кондиціонер розподільної системи
2	Регулювальні клапани (для розподільної системи)
3	Класичний балансувальний ручний
4	Фільтр повітря
5	Крани шарові запірні
6	Крани шарові на мікроконтролері з клапаном для вимірювання витрати
7	Крани шарові запірні
8	Автоматичний зливаробач
9	Манометр
10	Термометр

Найменування	
1	Класичний кондиціонер розподільної системи
2	Регулювальні клапани (для розподільної системи)
3	Класичний балансувальний ручний
4	Фільтр повітря
5	Крани шарові запірні
6	Крани шарові на мікроконтролері з клапаном для вимірювання витрати
7	Крани шарові запірні
8	Автоматичний зливаробач
9	Двохжильний кабель з двома жилами з нержавіючої сталі
10	Манометр
11	Термометр

ПРИНЦИПОВА СХЕМА УВ'ЯЗКИ ВУЗЛА ХОЛОДОПОСТАЧАННЯ

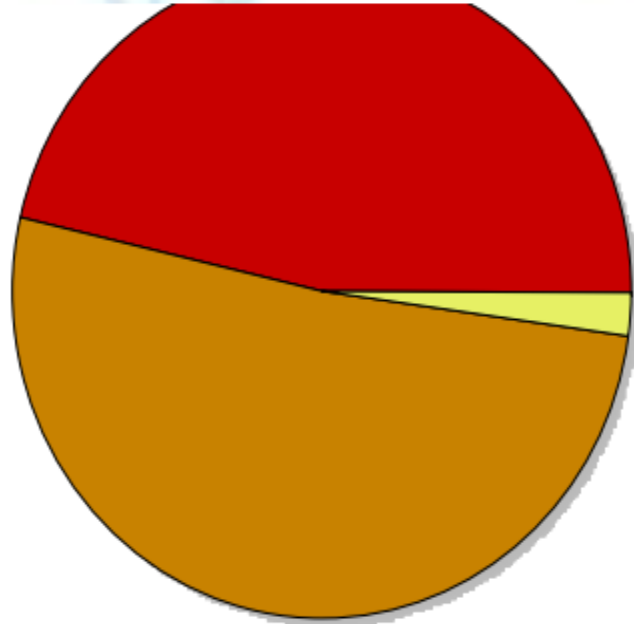







ПРИНЦИПОВА СХЕМА УВ'ЯЗКИ ВУЗЛА ТЕПЛОПОСТАЧАННЯ



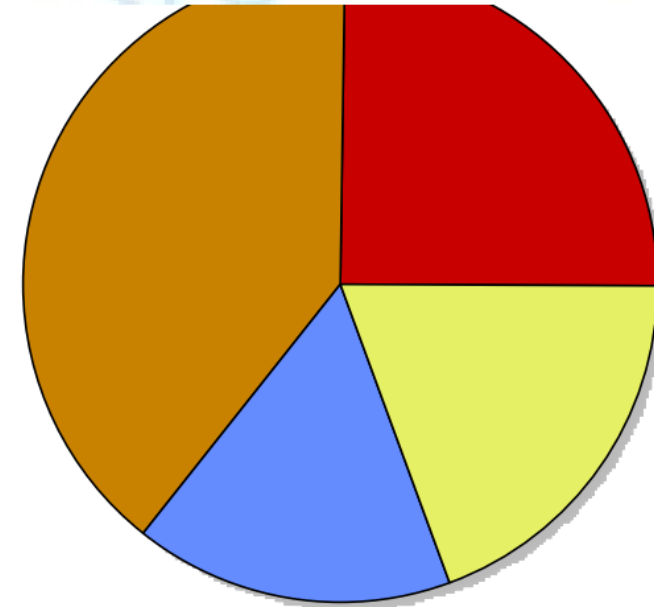
Діаграма річного енергоспоживання житлової будівлі




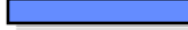

до термомодернізації



	46,4 % Енергоспоживання систем опалення
	0 % Енергоспоживання систем охолодження
	51,5 % Енергоспоживання систем гарячого водопостачання
	0 % Енергоспоживання систем вентиляції
	2,1 % Енергоспоживання систем освітлення

після термомодернізації



	24,9 % Енергоспоживання систем опалення
	0 % Енергоспоживання систем охолодження
	39,4 % Енергоспоживання систем гарячого водопостачання
	16,3 % Енергоспоживання систем вентиляції
	19,4 % Енергоспоживання систем освітлення

Порівняльна таблиця теплотехнічних показників огороджувальних конструкцій житлової будівлі

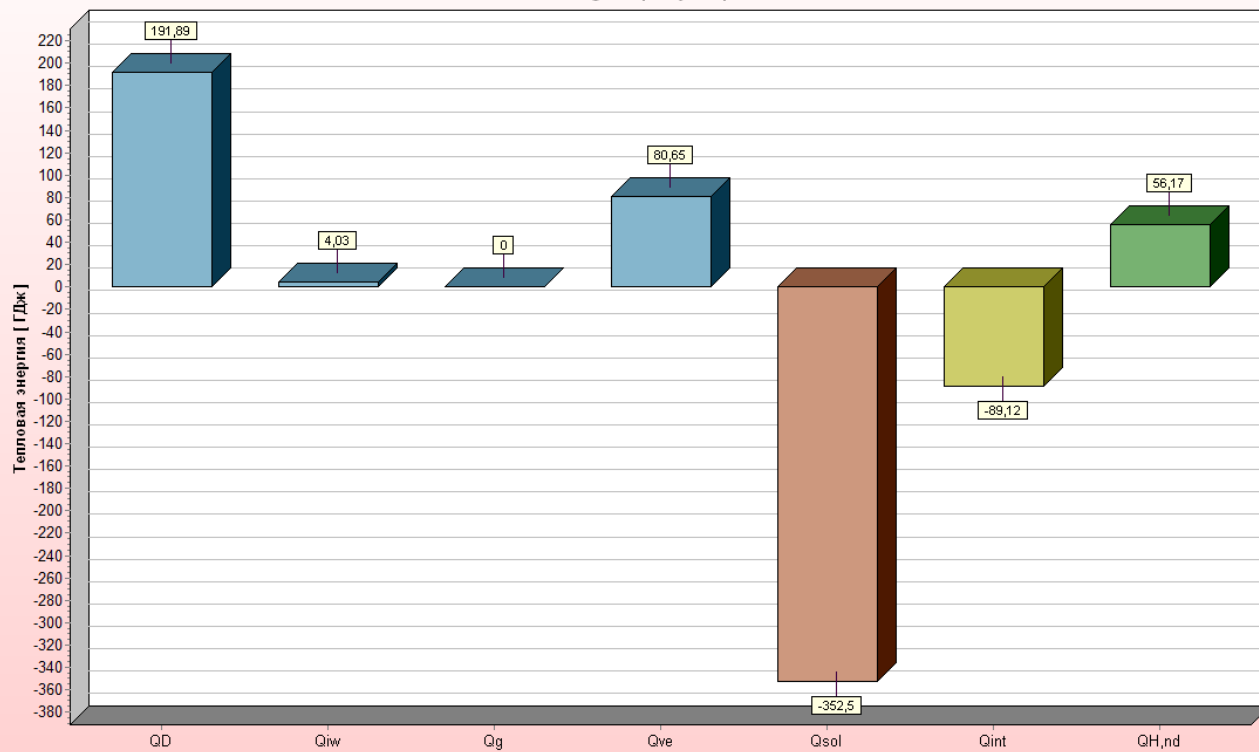
Конструкція	R (До), м ² ·К/Вт	R (Після), м ² ·К/Вт	Зміна R, %
Стіна наружня 37,0 см (утеплена)	0,649	6,914	+965.3%
Покрівля	1,149	5,422	+371.9%
Перекрыття під горищем	0,408	6,519	+1497.8%
Перекрыття (вниз)	0,66	5,104	+673.3%
Вікно зовнішнє	0,649	0,929	+43.1%
Двері зовнішні	1,277	1,277	0%

Баланс енергії житлової будівлі

14

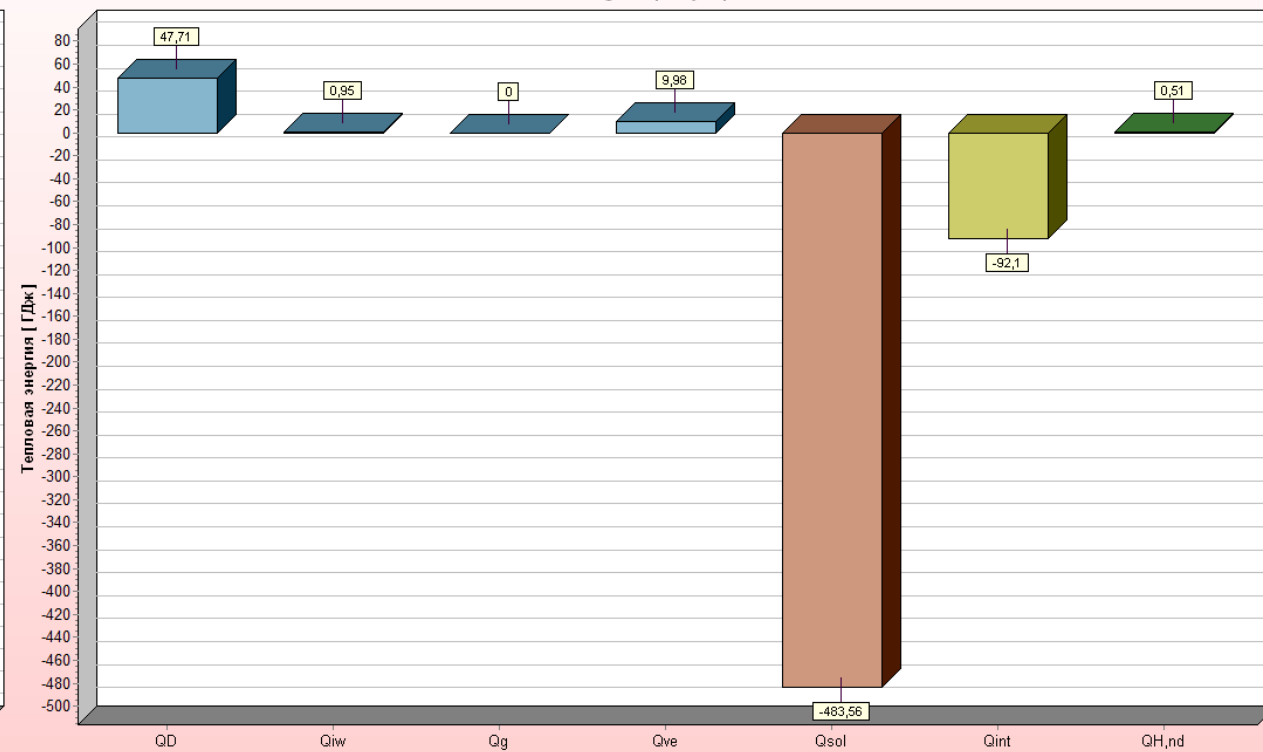
Баланс енергії до термомодернізації

Біланс енергії теплеї - вересень



Баланс енергії після термомодернізації

Біланс енергії теплеї - травень



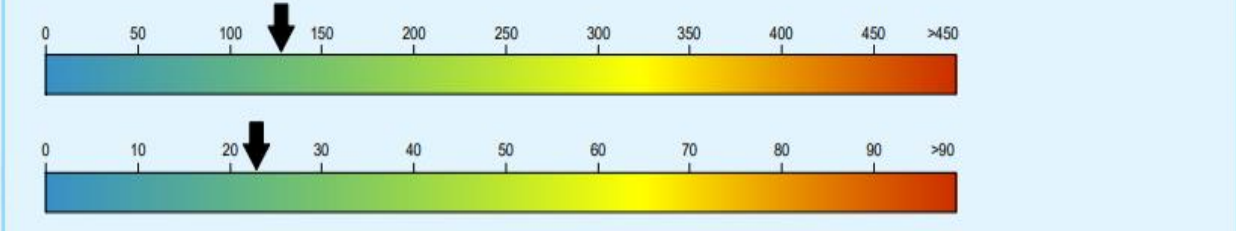
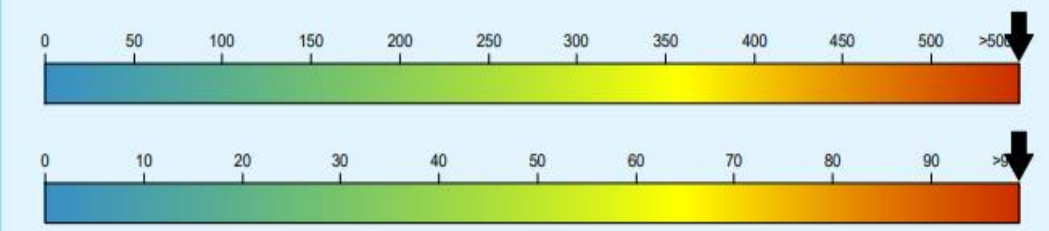
Енергетичний сертифікат будівлі До термомодернізації

Енергетичний сертифікат будівлі Після термомодернізації



Питоме споживання первинної енергії, кВт·год/м² :

Питоме споживання первинної енергії, кВт·год/м² :



Питомі викиди парникових газів, кг/м² :

Питомі викиди парникових газів, кг/м² :

Порівняння енергоспоживання житлової будівлі

16

Показник	Позначення	До модернізації (ГДж/рік)	Частка в балансі До (%)	Після модернізації (ГДж/рік)	Частка в балансі Після (%)	Абсолютна зміна (ГДж/рік)	Процентне відношення зміни (%)
Кількість теплоти на трансмісію	QD	4316,94	68,70%	1158,65	79,84%	-3158,29	-73,16%
Кількість теплоти на вентиляцію	Qve	1861,29	29,62%	254,56	17,54%	-1606,73	-86,32%
Втрати через внутрішні зони	Qiw	105,43	1,68%	28,05	1,93%	-77,38	-73,39%
Сонячні теплонадходження	Qsol	3729,93	—	3735,96	—	+6,03	+0,16%
Коефіцієнт використання надходжень	$\eta_{H,gn}$	0,485	—	0,219	—	-0,266	-54,85%
Корисна потреба в кількості теплоти	QH,nd	3949,94	—	387,18	—	-3562,76	-90,20%

Порівняльна таблиця енергоспоживання

17

Вид енергоспоживання	До (тис. кВт·год/рік)	Після (тис. кВт·год/рік)	Економія (тис. кВт·год/рік)	Зміна (%)
Опалення	2494	145,4	2348,6	-94,17%
Гаряче водопостачання	2772	230,4	2541,6	-91,69%
Вентиляція	0	95,58	-95,58	(нове споживання)
Освітлення	113,8	113,8	0	0%
УСЬОГО	5379,8	585,18	4794,62	-89,12%

Розрахунок економічної ефективності

18

Категорія	Економія ресурсу (кВт·год/рік)	Тариф (грн/кВт·год)	Економія коштів (грн/рік)
Економія теплової енергії (Опалення + ГВП)	4890200	1,72	8 411 144 грн
Витрати на роботу вентиляції (Електроенергія)	-95580	4,32	-412 906 грн
РАЗОМ річна економія	4794620	—	7 998 238 грн

Порівняльна таблиця показників енергоефективності

19

Назва показника	До модернізації	Після модернізації	Абсолютна зміна	Скорочення (%)
Питома енергопотреба (кВт·год/м ²)	143,38	32,09	-111,29	-77,60%
Питоме енергоспоживання (кВт·год/м ²)	280,45	16,36	-264,09	-94,20%
Споживання первинної енергії (кВт·год/м ²)	745,69	105,37	-640,32	-85,90%

Висновки:

1. Використання повітряних каналів у структурі фасаду дозволяє не лише покращити термічний опір конструкції, але й ефективно керувати вологісним режимом. Дослідження показали, що навіть при високій вологості в приміщенні (близько 70%), вологість всередині ізоляційного матеріалу з вентиляльованими каналами залишається нижче 50%.
2. Впровадження відбиваючих екранів (алюмінієвої фольги з низьким коефіцієнтом випромінювання 0,039) у закритих повітряних каналах шару теплоізоляції є перспективним методом підвищення енергоефективності. Це дозволяє додатково знизити радіаційний теплообмін всередині конструкції.
3. У роботі було обґрунтовано вибір чотирьох типів фасадів громадської будівлі для порівняння: від базового «мокрого» типу 1978 року побудови до інноваційного адаптивного фасаду з чергуванням каналів та тепловідбивними екранами. Такий підхід дозволяє кількісно оцінити переваги кожного конструктивного рішення.
4. Впровадження термомодернізації ОК із модернізацією інженерних систем дозволило досягти рекордного зниження споживання теплової енергії на 94% в житловій будівлі.
5. Радикальне покращення класу енергоефективності: Загальне питома енергоспоживання будівлі скоротилося з 604,94 до 65,82 кВт·год/м², що дозволило перевести об'єкт до найвищого класу енергоефективності «А».
6. Розрахунок економічного ефекту для умов м. Луцьк показав, що річна економія коштів на оплату енергоресурсів (з урахуванням витрат на роботу нової системи вентиляції) становить близько 8 мільйонів гривень.
7. Термомодернізація продемонструвала значний екологічний ефект — викиди парникових газів CO₂ зменшилися на 87% (зі 179,35 до 23,24 кг/м²).

ДЯКУЮ ЗА УВАГУ !