

**КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
БУДІВНИЦТВА І АРХІТЕКТУРИ**

Інженерних систем та екології

(факультет)

Теплотехніки

(назва випускової кафедри)

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

на тему:

«Вибір енергоефективних систем тепло-холодопостачання за допомогою
енергетичного моделювання»

Лісуна Володимира Валерійовича

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

Київ 2025

**КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
БУДІВНИЦТВА І АРХІТЕКТУРИ**

Інженерних систем та екології

(факультет)

Теплотехніки

(назва випускової кафедри)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

„___” _____ 2025 року

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

«Вибір енергоефективних систем тепло-холодопостачання за допомогою
енергетичного моделювання»

Виконав: Лісун Володимир Валерійович

(прізвище, ім'я та по батькові повністю)

192 «Будівництво та цивільна інженерія»

(спеціальність)

Теплогазопостачання та вентиляція

(освітня програма)

Група ТВМН-23

Керівник: Кириченко М. А.

(прізвище та ініціали)

доцент, канд. техн. наук

(вчене звання, науковий ступінь)

Ідентичність підтверджую

Київ 2025 р.

**КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
БУДІВНИЦТВА І АРХІТЕКТУРИ**

Факультет: Інженерних систем та екології

Випускова кафедра: Теплотехніки

Освітній ступінь: Магістр

Спеціальність: 192 «Будівництво та цивільна інженерія»

Освітня програма: Теплогазопостачання та вентиляція

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

_____” _____ 2025 року

**З А В Д А Н Н Я
ДО ВИКОНАННЯ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ НА
ЗДОБУТТЯ ОСВІТНЬОГО СТУПЕНЯ МАГІСТРА**

ЛІСУНА Володимира

1. Тема роботи «Вибір енергоефективних систем теплохолодопостачання за допомогою енергетичного моделювання», затверджена наказом ректора КНУБА № _____ від «__» ____ 2025 року.
2. Керівник роботи Кириченко Михайло Анатолійович, доц., к. т. н.
3. Строк подання здобувачем роботи до захисту _____
4. Зміст пояснювальної записки за розділами:
 - Р. 1. Загальна характеристика будівлі.
 - Р. 2. Методологія.
 - Р. 3. Вхідні дані для енергетичного моделювання.
 - Р. 4. Теплотехнічний розрахунок огорожувальних конструкцій.
 - Р. 5. Розрахунок теплопередачі та теплонадходжень.
 - Р. 6. Визначення енергопотреб та енергоспоживань.
 - Р. 7. Розрахунок навантажень.
 - Р. 8. Моделювання енергоспоживання компоновок інженерних систем.

- Р. 9. Основні рішення по опаленню.
- Р. 10. Основні рішення по вентиляції.
- Р. 11. Рішення по кондиціонуванню.
- Р. 12. Загальні положення.

5. Графічний матеріал за розділами:

- Р. 1. План першого поверху. План типового поверху. Схема фасаду 1-10.
- Р. 2. Енергетична модель будівлі.
- Р. 3. Розрахунок навантажень. Річний енергетичний баланс будівлі. Навантаження на систему охолодження протягом типового літнього дня.
- Р. 4. Моделювання енергоспоживання компонок інженерних систем. Варіант 1. Споживання енергоресурсів.
- Р. 5. Моделювання енергоспоживання компонок інженерних систем. Варіант 2. Споживання енергоресурсів.
- Р. 6. Моделювання енергоспоживання компонок інженерних систем. Варіант 3. Споживання енергоресурсів.
- Р. 7. Результати трьох систем. Аналіз економічної доцільності впровадження варіантів 2, 3 та дахової фото-електростанції.
- Р. 8. Принципова схема системи опалення офісних приміщень.
- Р. 9. Принципова схема системи вентиляції офісних приміщень.
- Р. 10. Принципові схеми систем тепло/холодопостачання фанкойлів та припливно- витяжних систем офісних приміщень.

Календарний план виконання роботи:

Види робіт та їх зміст	Дата виконання
Розділ 1. Загальна характеристика будівлі	2025
Розділ 2. Методологія	2025
Розділ 3 Вхідні дані для енергетичного моделювання	2025
Розділ 4. Теплотехнічний розрахунок огорожувальних конструкцій	2025
Розділ 5 Розрахунок теплопередачі та теплонадходжень	2025
Розділ 6. Визначення енергопотреб та енергоспоживань	2025
Розділ 7. Розрахунок навантажень	2025
Розділ 8. Моделювання енергоспоживання компонок інженерних систем	2025
Розділ 9. Основні рішення по опаленню	2025
Розділ 10. Основні рішення по вентиляції	2025
Розділ 11. Рішення по кондиціонуванню	2025
Розділ 12. Загальні положення	2025
Направлення роботи для перевірки на плагіат	2025
Попередній захист роботи на випусковій кафедрі	2025
Направлення роботи на рецензування	2025

Консультанти розділів кваліфікаційної роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Перевірів	
		дата	підпис
Розділ 1.			
Розділ 2.			
Розділ 3.			
Розділ 4.			
Розділ 5.			
Розділ 6.			
Розділ 7.			
Розділ 8.			
Розділ 9.			
Розділ 10.			
Розділ 11			
Розділ 12.			

Дата видачі завдання _____

Зав. кафедри	_____	<u>Кириченко М.А.</u>
	(підпис)	(прізвище, ініціали)
Керівник	_____	<u>Кириченко М.А.</u>
	(підпис)	(прізвище, ініціали)
Здобувач	_____	<u>Лісун В.В.</u>
	(підпис)	(прізвище, ініціали)

Зміст

	Арк.
Вступ	3
1. Загальна характеристика будівлі	5
1.1. Вихідні дані	6
1.2. Нормативні документи для проектування	7
1.3. Кліматичні дані та теплоносій	8
1.4. Характеристика будівлі	9
2. Методологія	11
3. Вхідні дані для енергетичного моделювання	14
4. Теплотехнічний розрахунок огорожувальних конструкцій	18
4.1. Склад зовнішніх огорожувальних конструкцій	19
4.2. Визначення теплотехнічних показників огорожувальних конструкцій	21
4.2.1. Зовнішня стіна	21
4.2.2. Консольне перекриття	25
4.2.3. Суміщене покриття	27
4.2.4. Світлопрозорі конструкції	27
4.2.5. Зовнішні двері	27
4.2.6. Підлога по ґрунту	27
4.3. Оцінка вологісного режиму огорожувальних конструкцій	28
4.4. Визначення повітропроникності огорожувальних конструкцій	29
4.5. Оцінка теплостійкості зовнішньої стіни в зимовий період	30
5. Розрахунок теплопередачі та теплонадходжень	33
5.1. Характеристики теплопередачі вентиляцією	34
5.2. Сумарна теплопередача вентиляцією для опалення	34
5.3. Сумарна теплопередача вентиляцією для охолодження	35
5.4. Сумарна теплопередача	35
5.5. Теплонадходження від внутрішніх теплових джерел у зоні будівлі	35
5.6. Теплонадходження від сонця	36
6. Визначення енергопотреб та енергоспоживань	43
6.1. Визначення енергопотреб для опалення, охолодження та ГВП	44
6.1.1. Енергопотреба для опалення та охолодження	44

Погоджено			
Зам. інв. №			
Підпис и дата			
Інв. № подл.			

Кваліфікаційна робота магістра

Зм.	Кільк.	Аркуш	№ док.	Підпис	Дата	Загальна пояснювальна записка	Стадія	Аркуш	Аркушів
Розробив		Лісун В.В.			2025			КР	1
Консультант		Кириченко			2025				
Керівник		Кириченко			2025				
Н.контр.		Кириченко			2025				
							ТВМН23		

6.1.2. Енергопотреба гарячого водопостачання	45
6.1.3. Визначення питомої енергопотребы	45
6.2. Розрахунок енергоспоживань	46
6.2.1. Енергоспоживання при опаленні	46
6.2.2. Енергоспоживання при охолодженні	48
6.2.3. Енергоспоживання при ГВП	49
6.2.4. . Енергоспоживання систем вентиляції	51
7. Розрахунок навантажень	53
7.1. Навантаження на систему опалення	54
7.2. Навантаження на систему охолодження протягом типового літнього дня	55
7.3. Річний енергетичний баланс будівлі	55
8. Моделювання енергоспоживання компоновок інженерних систем	57
8.1. Моделювання режиму роботи варіанту 1	58
8.2. Моделювання режиму роботи варіанту 2	60
8.3. Моделювання режиму роботи варіанту 3	62
9. Основні рішення по опаленню	69
10. Основні рішення по вентиляції	75
11. Рішення по кондиціонуванню	80
12. Загальні положення	83
12.1. Загальні положення по опаленню та вентиляції	84
12.2. Загальні рішення по шумозахисту	86
12.3. Загальні рішення по протипожежній безпеці	86
12.4. Автоматизація систем опалення і вентиляції	87
Використана література	89

Інв. № подл.	Зам. інв. №					Аркуш
	Підпис і дата					
Зм.	Кільк.	Аркуш	№ док.	Підпис	Дата	2

Вступ

Інв. №подл.	Підпис і дата	Зам. інв. №

Зм.	Кільк.	Аркуш	№док.	Підпис	Дата

Вступ

Останнім часом спостерігається підвищений попит на будівництво енергоефективних будівель. Люди проявляють підвищений інтерес до збереження ресурсів та власних фінансових активів. Будівля, яка використовує менше енергії для систем опалення, вентиляції, кондиціонування повітря та гарячого водопостачання (ГВП), ніж звичайна будівля, називається енергоефективною. Як правило, зменшення витрат на утримання цих систем економить до 80 % коштів. Належне планування та розташування будинку на ділянці є важливими факторами, які необхідно враховувати. Крім того, важливе значення має використання енергоефективних матеріалів і сучасних технологій.

До переваг енергоефективної будівлі відносять:

- використання енергозберігаючих технологій, які дозволяють отримати будівлю, яка втрачає тепло в кілька разів менше звичайної;
- застосування гіпоалергенних, екологічно чистих енергоефективних будматеріалів, які не завдають шкоди здоров'ю людини;
- забезпечення комфортності проживання за рахунок сучасних систем клімат-контролю, які підтримують оптимальний мікроклімат усередині будинку, забезпечуючи тим самим комфортні умови будь-якої пори року;
- впровадження альтернативних системи тепло та холодопостачання, які дозволяють суттєво скоротити споживання енергоресурсів та підвищити рівень енергоефективності будівлі, якісна термоізоляція;
- заощадження енергоресурсів за рахунок рекуперації тепла витяжного повітря системами вентиляції в зимовий та літній періоди тощо.

Ці умови суттєво вплинули на будівництво енергоефективних будівель в останні роки і призвели до зростання популярності цього методу.

Інв. № подл.						Зам. інв. №
Підпис і дата						Аркуш
Зм.	Кільк.	Аркуш	№ док.	Підпис	Дата	4

1. Загальна характеристика будівлі

Інв. №поділ.	Підпис і дата	Зам. інв. №

Зм.	Кільк.	Аркуш	№док.	Підпис	Дата

1. Загальна характеристика будівлі

1.1. Вихідні дані.

Об'єкт кваліфікаційної роботи – реконструкція існуючої нежитлової будівлі, що знаходиться в місті Києві по вулиці Протасів Яр, 3.

Призначення – восьмиповерхова будівля адміністративного призначення з опалювальним технічним поверхом.

Загальні дані про будівлю:

Параметр	Значення
Призначення	Адміністративна будівля
Місце розташування	м. Київ
Висота будівлі	33,3 м
Кількість поверхів	8
Загальна площа	7 000,57 м ²
Корисна площа	6 183,14 м ²
Загальний об'єм будівлі	25 041 м ³
Кількість постійно працюючих	392 чол.
Кількість осіб, що перебувають в будівлі періодично	96 чол.
Температурна зона	I
Зовнішні стіни	1486,23 м ²
Світлопрозорі огорожувальні конструкції (вікна/вітражі)	580,01/1848,76 м ²
Покриття опалюваного горища (технічного поверху)	792,7 м ²
Перекриття над проїздом	73,6 м ²
Вхідні двері	24,45 м ²
Підлога по ґрунту	727,38 м ²

Зам. інв. №
Підпис і дата
Інв. № подл.

Зм.	Кільк.	Аркуш	№ док.	Підпис	Дата

Дана робота була розроблена на підставі рішень архітектурно-будівельної та технологічної частин проекту, а також нормативних документів і державних стандартів України, які діють на 01.01.2023 р.

Нормативна максимальна питома енергопотреба для 8-ми поверхової громадської будівлі з опалювальним технічним поверхом в I температурній зоні складає:

$$EP_{\max}=38 \text{ кВт}\cdot\text{год}/\text{м}^3.$$

1.2. Нормативні документи для проектування

1	Склад та зміст проектної документації на будівництво.	ДБН А.2.2-3-2014
2	Захист територій, будинків і споруд від шуму	ДБН В.1.10-31:2013
3	Пожежна безпека.	ДБН В.1.1-7-2021
4	Опалення, вентиляція та кондиціонування.	ДБН В.2.5-67:2013
5	Теплова ізоляція будівель.	ДБН В.2.6-31-2021
6	Громадські будинки і споруди. Основні положення.	ДБН В.2.2-9:2018
7	Будинки адміністративного та побутового призначення.	ДБН В.2.2-28-2010
8	Будівельна кліматологія.	ДСТУ-Н Б В. 1.1-27:2010
9	Настанова з монтажу внутрішніх санітарно-технічних систем	ДСТУ-Н Б В.2.5-73:2013

Зам. інв. №	
Підпис і дата	
Інв. № подл.	

										Аркуш
										7
Зм.	Кільк.	Аркуш	№док.	Підпис	Дата					

1.3. Кліматичні дані та теплоносій

Географічна широта :	51°	Пн. ш.
Барометричний тиск :	990	гПа
Розрахункові температури зовнішнього повітря:		
• для проектування опалення	- 22	°С
• для проектування вентиляції взимку	- 22	°С
• для проектування вентиляції влітку	+23	°С
• для проектування кондиціонування взимку	- 22	°С
• для проектування кондиціонування влітку	+28	°С
Питома ентальпія :		
• для проектування вентиляції взимку	- 20,7	кДж/кг
• для проектування вентиляції влітку	+53,6	кДж/кг
• для проектування кондиціонування взимку	- 20,7	кДж/кг
• для проектування кондиціонування влітку	+56,1	кДж/кг
Температурна зона України	I	
Кількість опалюваних днів на рік за $t_z < 8$ °С	176 діб	
Швидкість вітру взимку	2,8 м/сек	
Швидкість вітру влітку	2,1 м/сек	

Розрахункові температури внутрішнього повітря в холодний період (ХП) року по приміщенням:

- офісні приміщення
+ 20 °С
- адміністративно – господарські
+ 18 °С
- вестибюлі, коридори, сходові клітини
+ 16 °С
- технічні приміщення, санвузли
+ 16 °С

Розрахункові температури внутрішнього повітря в теплий період (ТП) року по приміщенням:

- офісні приміщення
+ 24 °С

Зам. інв. №		Підпис і дата		Інв. № поділ.			Аркуш
							8
Зм.	Кільк.	Аркуш	№ док.	Підпис	Дата		

- адміністративні + 24 °С
- вестибюлі, холи + 26 °С
- серверні + 26 °С

Джерело теплопостачання систем опалення, вентиляції, ГВП будівлі – окремо розташована власна існуюча котельня. Теплоносій від котельні – вода з параметрами 95/60 °С. В будівлі, що проектується, на 1 поверсі передбачається приміщення теплового пункту, в якому здійснюється зниження параметрів теплоносія після котельної.

В приміщенні теплового пункту на вводі теплових мереж встановлюється лічильник теплової енергії.

Приєднання систем споживання тепла до теплових мереж виконується по залежній схемі. Передбачаються наступні споживачі теплової енергії:

- система опалення за допомогою вентиляторних конвекторів підвісного виконання (основні приміщення будівлі). Теплоносій – вода з параметрами 50/40°С;

- система опалення приміщень загального користування за допомогою біметалевих радіаторів. Теплоносій - вода з параметрами 80/60°С;

- система теплопостачання систем вентиляції. Теплоносій - вода з параметрами 80/60°С;

- система гарячого водопостачання (див. розділ «ВК»).

1.4. Характеристика будівлі

Будівля має «Г» подібну прямокутну форму, розмірами в осях 42,6х19,5м. Висота від відмітки підлоги першого поверху до верхньої відмітки покрівлі 33,3м.

Зам. інв. №							Аркуш
Підпис і дата							9
Інв. № подл.							9
	Зм.	Кільк.	Аркуш	№ док.	Підпис	Дата	

2. Методологія

Інв. №поділ.	Підпис і дата	Зам. інв. №

Зм.	Кільк.	Аркуш	№док.	Підпис	Дата

2. Методологія

Для проведення енергетичного моделювання використовувалися детальні кліматичні дані для м. Києва. Файли погоди (IWEC – International Weather for Energy Calculations / TMY – Typical Meteorological Year) містять погодинні значення температури сухого термометра, температури точки роси, відносної вологості, швидкості та напрямку вітру, прямого нормального випромінювання, розсіяного горизонтального випромінювання тощо. Оскільки при моделюванні використовувалися 4 кроки розрахунку на годину (15-хвилинні інтервали), програма додатково інтерполювала дані погоди, щоб зробити моделювання ще більш динамічним. Це допомогло детально врахувати енергетичний баланс різних теплових зон та взаємозв'язок з інженерними будівельними системами. В програмі також можна виконати розрахунок потужності опалювального та охолоджувального обладнання на основі зимових та літніх проектних днів, доступних у файлах погоди або на основі заданих параметрів відповідно до нормативних документів. Використання детальних кліматичних даних при моделюванні дозволяє враховувати сезонний вплив погодних умов.

Для аналізу енергетичної ефективності будівлі та оцінки різних характеристик огорожувальних конструкцій та інженерних мереж під час планування/проектування широкого застосування набуло динамічне енергетичне моделювання будівель, що дозволяє проводити розрахунки для погодинних кліматичних даних та враховувати теплову інерційність будівлі та складну взаємодію різних інженерних систем між собою. Енергетичне моделювання проводилося в програмному комплексі DesignBuilder, що дозволяє створювати складну 3-D геометрію об'єкта та моделювати складні системи опалення, вентиляції та кондиціонування. Програма базується на розрахунковому ядрі EnergyPlus, що було створено Департаментом енергетики США. EnergyPlus дозволяє аналізувати будівельну теплофізику для передачі повітря, вологи та тепла, включаючи механізми радіаційного та конвективного теплообміну; розраховує освітлення, затінення; підтримує гнучку конфігурацію систем ОВК

Зам. інв. №						Аркуш
Підпис і дата						12
Інв. № поділ.						
	Зм.	Кільк.	Аркуш	№ док.	Підпис	Дата

на рівні компонентів; імітує більш дискретні часові кроки для врахування динаміки систем та стратегій управління. Застосування імітаційного програмного забезпечення для оцінки річного споживання енергії в будівлі виявилось надійним методом відображення фактичної поведінки та продуктивності будівлі на основі погодинного моделювання протягом усього року.

Моделювання включало в себе такі розрахункові періоди:

- Heating design calculations – розрахунок навантаження на систему опалення;
- Cooling design calculations – розрахунок навантаження на систему охолодження;
- Annual simulation – розрахунок енергопотреби на опалення, охолодження та енергоспоживання на електричне обладнання та освітлення.

Інв. № поділ.	Підпис і дата					Зам. інв. №
Зм.	Кільк.	Аркуш	№ док.	Підпис	Дата	
						Аркуш
						13

3. Вхідні дані для енергетичного моделювання

Початковим етапом енергетичного моделювання була побудова геометрії будівлі, що була створена на основі отриманих архітектурних креслень. Модель була побудована відповідно до архітектурного проекту.

Енергетична модель будівлі представлена на рис. 3.1, 3.2 та 3.3:

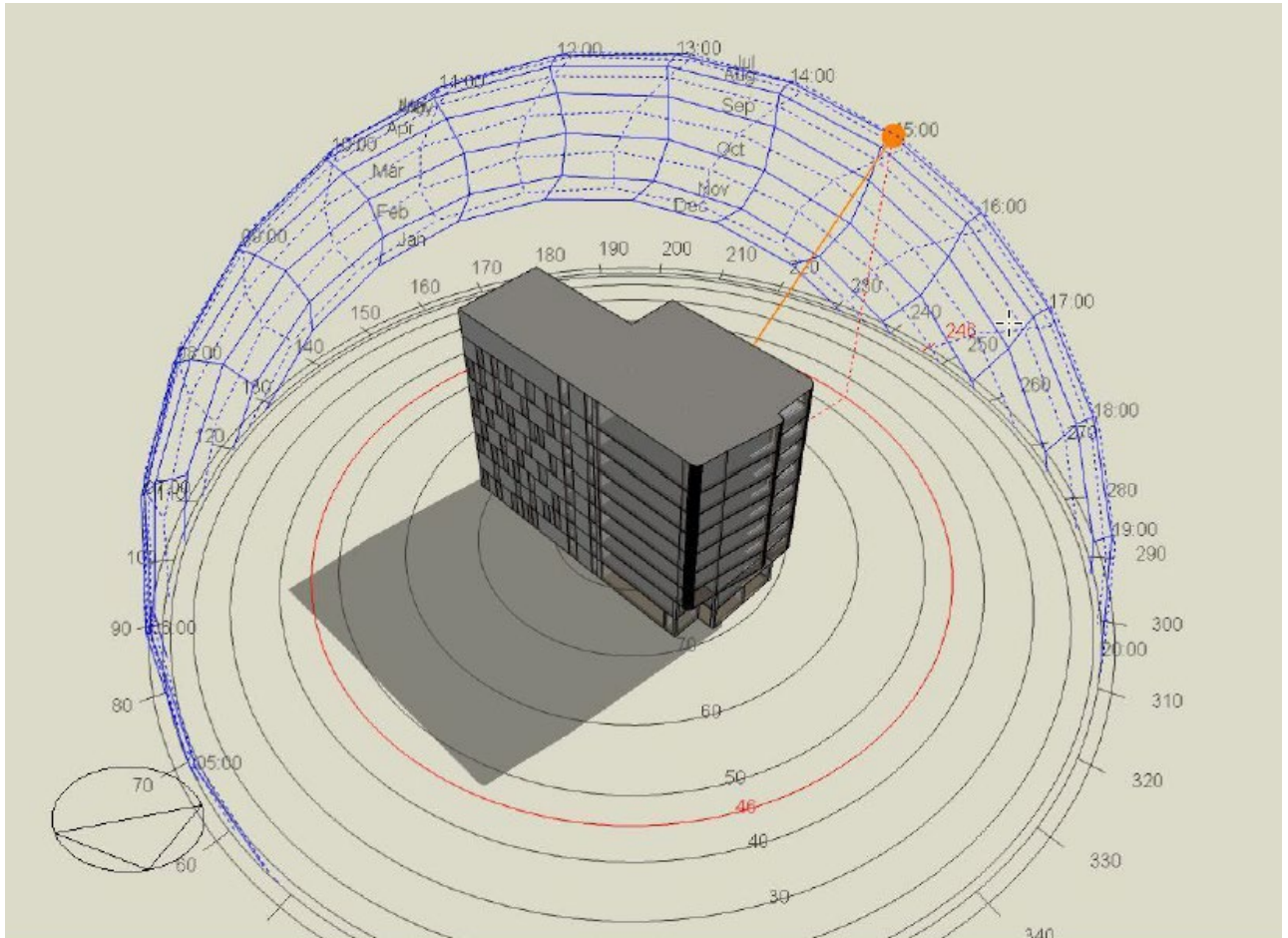


Рис.3.1. Енергетична модель будівлі

Інв. № подл.	Підпис і дата					Зам. інв. №
Зм.	Кільк.	Аркуш	№ док.	Підпис	Дата	
						Аркуш
						15

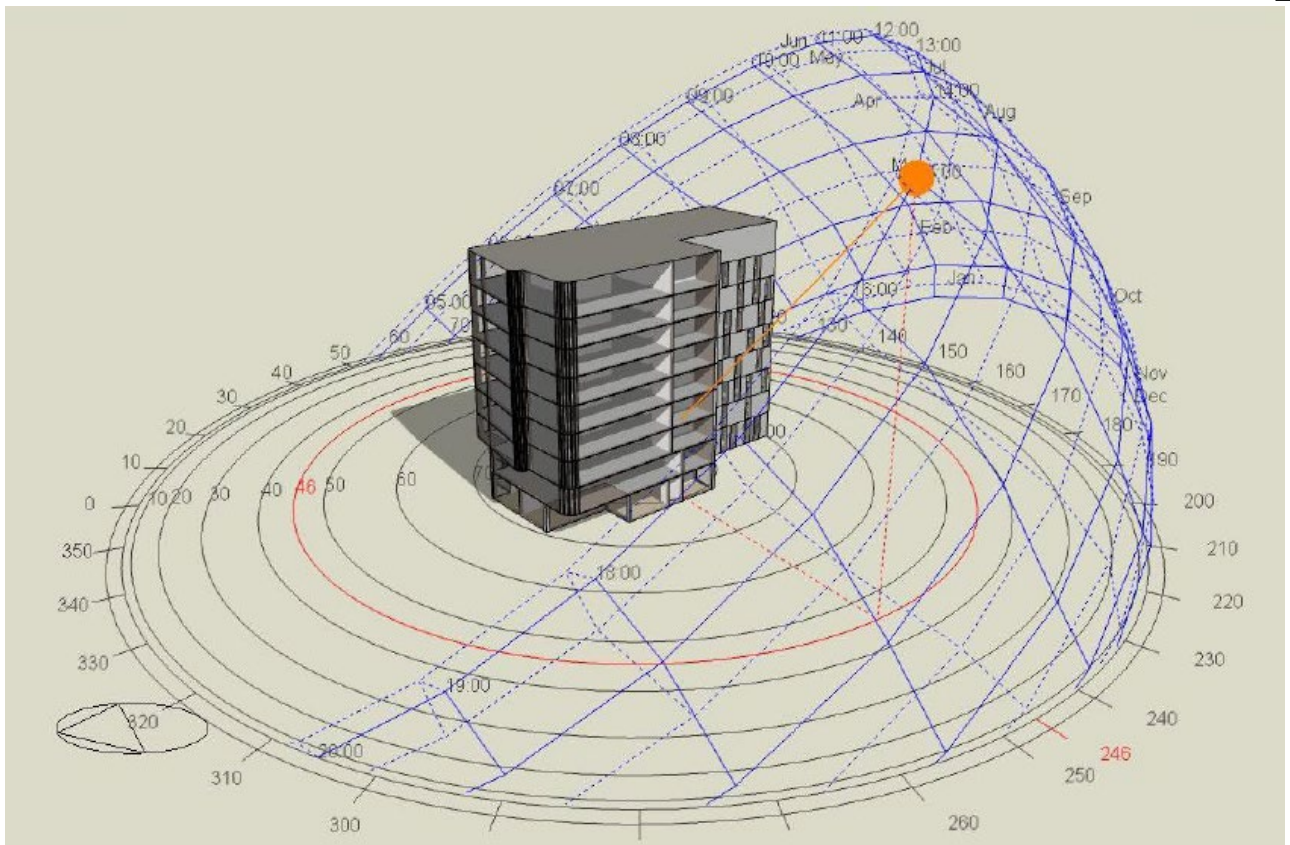


Рис.3.2. Енергетична модель будівлі

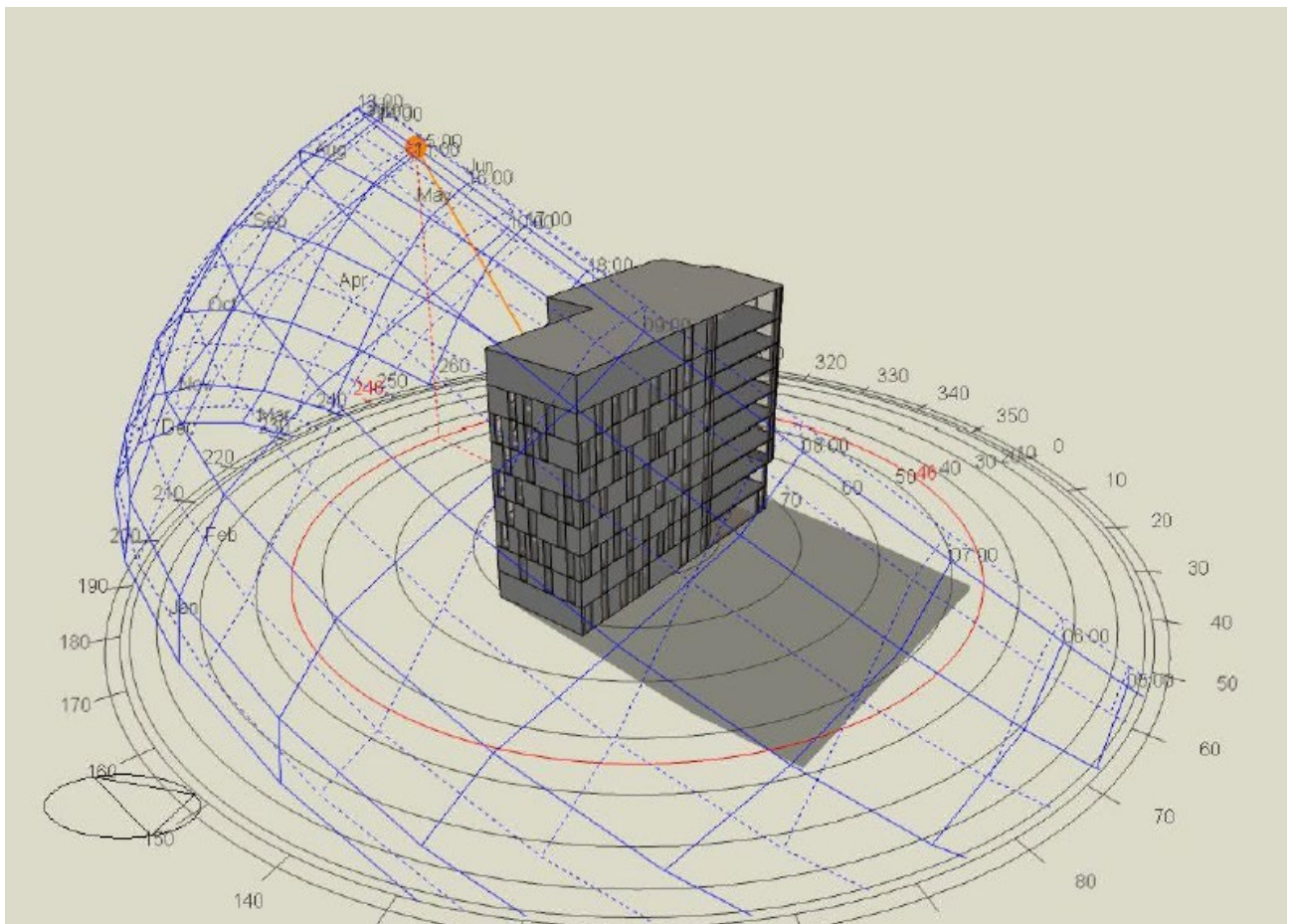


Рис.3.3. Енергетична модель будівлі

Зам. інв. №
Підпис і дата
Інв. № подл.

Зм.	Кільк.	Аркуш	№ док.	Підпис	Дата

**4.Теплотехнічний розрахунок огорожувальних
конструкцій**

Інв. №поділ.	Підпис і дата	Зам. інв. №
--------------	---------------	-------------

Зм.	Кільк.	Аркуш	№док.	Підпис	Дата
-----	--------	-------	-------	--------	------

4.Теплотехнічний розрахунок огорожувальних конструкцій

4.1. Склад зовнішніх огорожувальних конструкцій

Склад зовнішньої стіни 1:

№ п/п	Найменування шару	Товщ. шару, δ, м	Коефіцієнт паропроникності, μ, мг/м х годх Па	Коефіцієнт теплопроводності, λ _Б , Вт/м х °С	Термічний опір шару, R _к , м ² х °С/Вт
	α ₃ =12 Вт/(м ² *К)				0,083
1.	Фасадне оздоблення - панелі	-	-	-	-
2.	Повітряний прошарок	0,080	-	-	-
3.	Утеплювач на основі базальтового волокна типу «Техновент Екстра» ρ=81,8кг/м ³ (протокол№38-16/20 від 07.06.2016р ДП «НДІБМВ»)	0,150	0,47	0,040	3,750
4.	Цегла порожниста	0,250	0,16	0,58	0,431
5.	Цеметно-піщаний розчин	0,020	0,09	0,93	0,022
	α ₈ =8,7 Вт/(м ² *К)				0,115
Термічний опір стіни:					4,40

Склад зовнішньої стіни 2:

№ п/п	Найменування шару	Товщ. шару, δ, м	Коефіцієнт паропроникності, μ, мг/м х годх Па	Коефіцієнт теплопроводності, λ _Б , Вт/м х °С	Термічний опір шару, R _к , м ² х °С/Вт
	α ₃ =12 Вт/(м ² *К)				0,083
1.	Фасадне оздоблення - панелі	-	-	-	-
2.	Повітряний прошарок	0,080	-	-	-
3.	Утеплювач на основі базальтового волокна типу «Техновент Екстра» ρ=81,8кг/м ³ (протокол№38-16/20 від 07.06.2016р ДП «НДІБМВ»)	0,150	0,47	0,040	3,750
4.	Залізобетон	0,250	0,03	2,04	0,123
5.	Цеметно-піщаний розчин	0,020	0,09	0,93	0,022
	α ₈ =8,7 Вт/(м ² *К)				0,115
Термічний опір стіни:					4,09

Зам. інв. №	Підпис і дата	Інв. № подл.
-------------	---------------	--------------

Зм.	Кільк.	Аркуш	№док.	Підпис	Дата	Аркуш
						19

Розрахована величина $R_{\Sigma пр нп}$ задовільняє нормативним вимогам ДБН В.2.6-31:2021.

Розрахункове визначення температурного перепаду конструкцій

Перевіряємо виконання умови: $\Delta t_{пр} \leq \Delta t_{сг}$.

$$\Delta t_{пр} = t_{в} - \tau_{в пр}$$

$$\tau_{в пр} = t_{в} - ((t_{в} - t_{з}) / (R_{\Sigma пр нп} \times \alpha_{в})) = 20 - ((20 + 22) / (3,5 \times 8,7)) = 18,6^{\circ}\text{C}$$

$$\Delta t_{пр} = 20 - 18,5 = 1,4^{\circ}\text{C}.$$

Допустиме значення $\Delta t_{сг}$ для адміністративних приміщень 5°C .

$$1,4^{\circ}\text{C} < 5^{\circ}\text{C}.$$

Виконується вимога $\Delta t_{пр} \leq \Delta t_{сг}$ щодо допустимої за санітарно-гігієнічними вимогами різниці між температурою внутрішнього повітря і приведеною температурою внутрішньої поверхні зовнішньої стіни.

Розрахункове визначення температурного перепаду

для зовнішньої стіни

Коефіцієнт скління фасадів будинку m_w визначається за формулою:

$$m_w = (\Sigma A_{wi}) / (\Sigma A_{wi} + \Sigma A_i + \Sigma A_{fdi})$$

де ΣA_{wi} – загальна сума площ світлопрозорих огорожувальних конструкцій фасадів, m^2 ;

ΣA_i та ΣA_{fdi} – загальні суми площ не світлопрозорих огорожувальних конструкцій фасадів (відповідно стін та дверей), m^2 .

$$m_w = (580,01 + 2403,53) / (580,01 + 2403,53 + 1486,23 + 24,45) = 0,66$$

Для огорожувальних конструкцій з коефіцієнтом скління 0,18 і більше температурний перепад розраховується за формулою:

$$\Delta t_{пр} = t_{с} - \frac{\tau_{сн пр} \cdot F_n + \tau_{сст пр} \cdot F_{сн}}{F_{\Sigma}}$$

Зам. інв. №
Підпис і дата
Інв. № подл.

										Аркуш
										23
Зм.	Кільк.	Аркуш	№ док.	Підпис	Дата					

Де $t_{вн пр}$, F_n - приведена температура внутрішньої поверхні, $^{\circ}C$, та площа, m^2 , непрозорої частини огорожувальної конструкції;

$F_{сп}$ - площа світлопрозорої частини, m^2 ;

$t_{всп пр}$, $F_{сп}$ - середня температура внутрішньої поверхні, $^{\circ}C$, та площа, m^2 , світлопрозорої частини огорожувальної конструкції.

Загальна площа зовнішніх стін вентильованого фасаду – 1486,23 m^2 .

Загальна площа вікон – 580,01 m^2 .

Загальна площ вітражного фасаду – 1848,76 m^2 .

Приведений опір теплопередачі вітражної системи (згідно розрахунків виробника): $R=1,07m^2 \cdot K/Вт$.

Приведений опір теплопередачі вікон (згідно розрахунків виробника вікон): $R=0,75m^2 \cdot K/Вт$.

Приведений опір теплопередачі зовнішньої стіни $R=3,5m^2 \cdot K/Вт$.

Середня температура внутрішньої поверхні скла вікна:

$$t_{в пр сп} = 20 - ((20+22)/(0,75 \times 8)) = 13 \text{ } ^{\circ}C$$

Середня температура внутрішньої поверхні вітражного скління:

$$t_{в пр сп} = 20 - ((20+22)/(1,07 \times 8)) = 15,1 \text{ } ^{\circ}C$$

Температура внутрішньої поверхні стіни:

$$t_{в пр н} = t_{в} - ((t_{в} - t_{з}) / (R \Sigma_{пр нп} \alpha_{в})) = 20 - ((20+22) / (3,5 \times 8,7)) = 18,6 \text{ } ^{\circ}C$$

Температурний перепад для зовнішніх конструкторій данної будівлі складає:

$$\Delta t_{пр} = 20 - ((18,6 \times 1486,23 + 13 \times 580,01 + 15,1 \times 1848,76) / 3915) = 3,9 \text{ } ^{\circ}C$$

Обов'язкове виконання умови:

$$\Delta t_{пр} < \Delta t_{сг}$$

де $\Delta t_{пр}$ - температурний перепад між температурою внутрішнього повітря і приведеною температурою внутрішньої поверхні огорожувальної конструкції, $^{\circ}C$.

$\Delta t_{сг}$ - допустима за санітарно-гігієнічними вимогами різниця між температурою внутрішнього повітря і приведеною температурою внутрішньої поверхні стіни для данної будівлі $5^{\circ}C$.

$$3,9^{\circ}C < 5^{\circ}C - \text{вимога виконана.}$$

Зам. інв. №						Аркуш
Підпис і дата						24
Інв. № подл.						
Зм.	Кільк.	Аркуш	№ док.	Підпис	Дата	

Виконується вимога $\Delta t_{пр} \leq \Delta t_{ст}$ щодо допустимої за санітарно-гігієнічними вимогами різниці між температурою внутрішнього повітря і приведеною температурою внутрішньої поверхні зовнішніх огороджувальних конструкцій.

4.2.2. Консольне перекриття

Опір теплопередачі консольного перекриття по основному полю:

$$R_{\Sigma} = 6,67 \text{ м}^2 \text{ К/Вт}$$

Площа консольного перекриття складає: 73,6 м².

Визначаються характерні ділянки, типи теплопровідних включень та їх кількісне вираження по цьому приміщенню:

Найменування теплопровідного включення	Протяжність, L, м	Кількість, шт	Лінійний коефіцієнт теплопередачі, k, Вт/(м*К)	Точковий коефіцієнт теплопередачі, Ψ, Вт/К
Дюбелі для кріплення мінераловатних плит	-	590	-	0,005
Несучі кронштейни для кріплення	-	148	-	0,015
підсистеми вентиляваного фасаду				

Приведений опір теплопередачі перекриття становить:

$$R_{\Sigma пр\ уе} = 73,6 / (73,6 / 6,67 + 590 \times 0,005 + 148 \times 0,015) = 4,54 \text{ м}^2 \text{ х К/Вт.}$$

Перевіряються умови:

$$\tau_{в} \leq \tau_{р.}$$

$$\Delta t_{пр} \leq \Delta t_{ст}$$

Мінімально допустима температура внутрішньої поверхні огороджувальних конструкцій

Мінімальна допустима температура внутрішньої поверхні непрозорих огороджувальних конструкцій t_{min} визначається:

$$\tau_{в\ min} = t_{в} - ((t_{в} - t_{з}) / (R_{\Sigma\ пр\ уе} \times \alpha_{в})) = 20 - ((20 + 22) / (4,54 \times 8,7)) = 19,0 \text{ } ^{\circ}\text{C}$$

Зам. інв. №
Підпис і дата
Інв. № подл.

										Аркуш
										25
Зм.	Кільк.	Аркуш	№ док.	Підпис	Дата					

Температурний перепад: зовнішньої стіни:

$$\Delta t_{пр} = 16 - 15,2 = 0,8^{\circ}\text{C}$$

Допустима за санітарно-гігієнічними вимогами різниця між температурою внутрішнього повітря і приведеною температурою внутрішньої поверхні покриття для даної будівлі 4°C .

$$0,8^{\circ}\text{C} < 4^{\circ}\text{C} - \text{вимога виконана.}$$

Виконується вимога $\Delta t_{пр} \leq \Delta t_{ст}$ щодо допустимої за санітарно-гігієнічними вимогами різниці між температурою внутрішнього повітря і приведеною температурою внутрішньої поверхні покриття.

4.2.4. Світлопрозорі конструкції

Приведений опір теплопередачі вікон (згідно розрахунків виробника вікон) - $R = 0,75 \text{ м}^2 \times \text{К} / \text{Вт}$.

Приведений опір теплопередачі вітражної системи (згідно розрахунків виробника) - $R = 1,07 \text{ м}^2 \times \text{К} / \text{Вт}$.

4.2.5. Зовнішні двері

Зовнішні двері по будівлі прийняті з приведеним опором теплопередачі неменше $R_{пр} = 0,6 \text{ м}^2 \times ^{\circ}\text{C} / \text{Вт}$.

4.2.6. Підлога по ґрунту

Площа підлоги по ґрунту $A_{gfі} = 727,38 \text{ м}^2$.

Периметр підлоги по ґрунту $P = 133,5 \text{ м}$.

Характерний розмір підлоги:

$$B' = A_{gfі} / (0,5 \times P) = 727,38 / (0,5 \times 133,5) = 10,9 \text{ м}.$$

Еквівалентна товщина підлоги:

$$d_t = w + \lambda x (R_{si} + R_f + R_{se})$$

$$d_t = 0,420 + 2 \times 3,05 = 6,52 \text{ м};$$

$$d_t < B' ;$$

$$6,52 \text{ м} < 10,9 \text{ м}, \text{ тому:}$$

коефіцієнт теплопередачі підлоги по ґрунту:

Зам. інв. №						
	Підпис і дата					
Інв. № подл.						
	Зм. Кільк. Аркуш № док. Підпис Дата					
						Аркуш
						27

$$U=(2 \times 2 / (3,14 \times 10,9 + 6,52)) \ln((3,14 \times 10,9) / 6,52 + 1) = 0,18 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \times \text{К}).$$

Стационарний узагальнений коефіцієнт теплопередачі трансмісією до ґрунту:

$$H_g = A \times U + P \times \Psi_g ;$$

$$H_g = 727,38 \times 0,18 + 133,5 \times 0,98 = 260 \text{ Вт}/\text{К}.$$

4.3. Оцінка вологісного режиму огорожувальних конструкцій

Зовнішня стіна 1

Табл. 2.3.1. Склад зовнішньої стіни 1

№ п/п	Найменування шару	Товщ. шару, δ , м	Коефіцієнт паропроникності, μ , мг/м х год х Па	Коефіцієнт теплопроводності, λ_b , Вт/м х °С	Термічний опір шару, R_k , м ² х °С/Вт
	$\alpha_3 = 12 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \times \text{К})$				0,083
1.	Фасадне оздоблення - панелі	-	-	-	-
2.	Повітряний прошарок	0,080	-	-	-
3.	Утеплювач на основі базальтового волокна типу «Техновент Екстра» $\rho = 81,8 \text{ кг}/\text{м}^3$	0,150	0,47	0,040	3,750
4.	Цегла порожниста	0,250	0,16	0,58	0,431
5.	Цеметно-піщаний розчин	0,020	0,09	0,93	0,022
	$\alpha_8 = 8,7 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \times \text{К})$				0,115
Термічний опір стіни:					4,40

$$t_b = +20^\circ\text{C}, \varphi_b = 50\%, E_b = 2338 \text{ Па}.$$

Опір теплопередачі стіни:

$$R_\Sigma = 1/\alpha_b + R_k + 1/\alpha_3, \text{ м}^2 \text{ }^\circ\text{C}/\text{Вт};$$

$$R_\Sigma = 4,40 \text{ м}^2 \text{ }^\circ\text{C}/\text{Вт}.$$

Опір паропроникненню зовнішньої стіни та окремих її шарів:

$$R_{e\Sigma} = \sum \delta_i / \mu_i, \text{ м}^2 \text{ х год х Па}/\text{мг};$$

$$R_{e5ш} = 0,020 / 0,09 = 0,22 \text{ м}^2 \text{ х год х Па}/\text{мг};$$

$$R_{e4ш} = 0,250 / 0,16 = 1,56 \text{ м}^2 \text{ х год х Па}/\text{мг};$$

$$R_{e3ш} = 0,150 / 0,47 = 0,32 \text{ м}^2 \text{ х год х Па}/\text{мг};$$

$$R_{e\Sigma} = 2,10 \text{ м}^2 \text{ х год х Па}/\text{мг}.$$

$$\text{Січень: } t_{не} = -4,7^\circ\text{C}, \varphi_{не} = 83\%, E_{не} = 412 \text{ Па}.$$

Зам. інв. №					
	Підпис і дата				
Інв. № поділ.					
	Аркуш				
Зм.	Кільк.	Аркуш	№ док.	Підпис	Дата
					28

Значення температур в товщі конструкції:

$$\tau = t_B - (R_B + \Sigma R) \times (t_B - t_{He}) / R_{\Sigma}, \text{ } ^\circ\text{C};$$

$$\tau_{5ш} = 20 - (0,115 + 0,022) \times (20 + 4,7) / 4,40 = 19,2^\circ\text{C};$$

$$\tau_{4ш} = 20 - (0,115 + 0,022 + 0,431) \times (20 + 4,7) / 4,40 = 16,8^\circ\text{C};$$

$$\tau_{3ш} = 20 - (0,115 + 0,022 + 0,431 + 3,75) \times (20 + 4,7) / 4,40 = -4,2^\circ\text{C}.$$

Пружність водяної пари в товщі конструкції:

$$E_{5ш} = 2227 \text{ Па}, E_{4ш} = 1914 \text{ Па}, E_{3ш} = 430 \text{ Па}$$

Парціальний тиск водяної пари внутрішнього повітря:

$$e_B = 0,01 \times \phi_B \times E_B, \text{ Па};$$

$$e_B = 0,01 \times 50 \times 2338 = 1169 \text{ Па}.$$

Парціальний тиск водяної пари зовнішнього повітря:

$$e_{ze} = 0,01 \times \phi_z \times E_{ze}, \text{ Па};$$

$$e_{ze} = 0,01 \times 83 \times 412 = 342 \text{ Па}.$$

Парціальний тиск водяної пари в товщі шару матеріалу:

$$e_x = e_B - R_{ex} \times (e_B - e_{ze}) / R_{e\Sigma}, \text{ Па};$$

$$e_{5ш} = 1169 - 0,22 \times (1169 - 342) / 2,1 = 1082 \text{ Па};$$

$$e_{4ш} = 1169 - (0,22 + 1,56) \times (1169 - 342) / 2,1 = 468 \text{ Па}.$$

Виконується вимога: $e_x \leq E_x$

В самому холодному місяці (січні) в конструкції зовнішньої стіни не відбувається накопичення вологи. Дана конструкція зовнішньої стіни відповідає вимогам ДБН В:2.6-31:2021 у відношенні паропроникнення.

Аналогічно проводиться розрахунок зовнішньої стіни 2, покриття технічного поверху та консольного перекриття.

4.4. Визначення повітропроникності огорожувальних конструкцій

Зовнішня стіна 1

Необхідний опір повітропроникності:

$$R_{g_n} = \Delta p / G_n, \text{ м}^2 \times \text{год} \times \text{Па/кг}.$$

Розрахункова різниця тисків:

Зам. інв. №						Аркуш
Підпис і дата						29
Інв. № подл.						
Зм.	Кільк.	Аркуш	№ док.	Підпис	Дата	

$$\Delta p = (H - h) \times (\gamma_3 - \gamma_B) + 0,03 \times \gamma_3 \times v^2 \times \beta_v, \text{ Па};$$

$$t_3 = -22^\circ\text{C}, v = 1 \text{ м/с}, t_B = 20^\circ\text{C};$$

$$\gamma_B = 3463 / (273 + t_B) \quad \gamma_3 = 3463 / (273 + t_3);$$

$$\gamma_B = 3463 / (273 + 20) = 11,82 \text{ Н/м}^3 \quad \gamma_3 = 3463 / (273 - 22) = 13,8 \text{ Н/м}^3;$$

$$G_{KH} = 0,4 \text{ кг/ м}^2 \times \text{год.}$$

Аналогічно проводяться розрахунки повітропроникності зовнішньої стіни та світлопрозорої конструкції (віконного блоку), що розташовані на 1 та 8 поверхах.

4.5. Оцінка теплостійкості зовнішньої стіни в зимовий період

Для громадських будівель необхідно виконання умови: $A_{тв} \leq 1,5$.

До розгляду приймається фрагмент фасаду приміщення на 3 поверсі, в якому зовнішня стіна з вентиляльованим повітряним прошарком в осях 6-10 та В-Ж.

Геометричні та теплотехнічні показники типового приміщення:

- площа зовнішніх непрозорих стінових огорожувальних конструкцій $F_{нп} = 132,99 \text{ м}^2$;
- в приміщенні 13 вікон розміром 1,25x3,3м, площа світлопрозорої частини зовнішніх світлопрозорих огорожувальних конструкцій $F_{сп} = 53,63 \text{ м}^2$;
- приведений опір теплопередачі зовнішніх світлопрозорих огорожувальних конструкцій $R_{сп} = 0,75 \text{ м}^2 \text{ К/Вт}$;
- коефіцієнт нерівномірності теплопередачі системи опалення $m = 0,1$;
- коефіцієнт, що враховує неоднорідність влаштування конструкції зовнішніх стін з вентиляємим фасадом $k = 0,75$;
- площа приміщення $F = 208,08 \text{ м}^2$;
- висота приміщення $h = 3,3 \text{ м}$;
- об'єм приміщення $V = 686,66 \text{ м}^3$.

Інв. № подл.	Зам. інв. №					Аркуш
	Підпис і дата					
Зм.	Кільк.	Аркуш	№ док.	Підпис	Дата	30

Табл. 4.5.1. Склад зовнішньої стіни 1

№ п/п	Найменування шару	Товщ. шару, δ , м	Коефіцієнт теплозасвоєння, s_A , Вт/(м ² х К)	Коефіцієнт теплопровідності, λ_A , Вт/м х °С	Термічний опір шару, R_k , м ² х °С/Вт
1.	Фасадне оздоблення - панелі	-	-	-	-
2.	Повітряний прошарок	0,080	-	-	-
3.	Утеплювач на основі базальтового волокна типу «Техновент Екстра» $\rho=81,8\text{кг/м}^3$	0,150	0,53	0,0380	3,95
4.	Цегла порожниста	0,250	7,01	0,52	0,48

Термічний опір стіни:

$$R_{ст}=0,043+3,95+0,48+0,115=4,59 \text{ м}^2\text{х }^\circ\text{С/Вт}$$

Теплова інерція шарів стінової конструкції:

$$D_4=R_4 \times s_4=0,48 \times 7,01=3,36 > 1$$

$$D_3=R_3 \times s_3=3,95 \times 0,53=2,09$$

Теплова інерція шарів конструкції стіни:

$$D = D_4 + D_3 = 3,36 + 2,09 = 5,45 > 1$$

$$Y_B = (R_4 \times s_4^2 + s_3) / (1 + R_4 \times s_3)$$

$$Y_B = (0,48 \times 7,01^2 + 0,53) / (1 + 0,48 \times 0,53) = 19,2$$

Коефіцієнт теплопоглинання «В» внутрішньою поверхнею огорожувальної конструкції приміщення:

- для зовнішніх стін:

$$B_{нп} = 1 / ((1/\alpha_B) + (1/Y_B)) = 1 / ((1/8,7) + (1/19,2)) = 5,99 \text{ Вт/м}^2\text{х}^\circ\text{С};$$

- для світлопрозорих конструкцій:

$$B_{сп} = 1 / (1,08 \times R_{сп}) = 1 / (1,08 \times 0,75) = 1,23 \text{ Вт/м}^2\text{хК}.$$

Тепловтрати приміщення через теплоізоляційну оболонку складають:

$$Q_{теп} = (20+22) \times (132,99/4,59 \times 0,75 + 53,63/0,75) = 4620 \text{ Вт}.$$

Тепловтрати за рахунок інфільтрації та вентиляції:

$$Q_{інф} = 0,27 \times (t_{вн} + t_{зов}) \times V = 0,27 \times (20+22) \times 686,66 = 7790 \text{ Вт}.$$

Загальні тепловтрати:

$$Q_{пр} = Q_{теп} + Q_{інф}$$

$$Q_{пр} = 4620 + 7790 = 12410 \text{ Вт}$$

Інв. № подл.	Підпис і дата	Зам. інв. №				Аркуш
						31
Зм.	Кільк.	Аркуш	№ док.	Підпис	Дата	

Амплітуда коливань температури приміщення $A_{тв}$:

$$A_{тв} = 0,7 \times Q_{пр} \times m / (V_{нп} \times F_{нп} + V_{сп} \times F_{сп}) = 0,7 \times 12410 \times 0,1 / (5,99 \times 132,99 + 1,23 \times 53,63) = 1,0 \text{ } ^\circ\text{C} ;$$

$$1,0^\circ\text{C} < 1,5^\circ\text{C} .$$

Амплітуда коливань температури приміщення становить $1,0 \text{ } ^\circ\text{C}$, що відповідає нормативним вимогам.

Інв. № подл.	Підпис і дата	Зам. інв. №							Аркуш
									32
Зм.	Кільк.	Аркуш	№ док.	Підпис	Дата				

5.3. Сумарна теплопередача вентиляцією для охолодження

Сумарну теплопередачу вентиляцією для охолодження Q_{ve} , Вт·год, розраховують для кожного місяця за формулою:

$$Q_{ve} = N_{ve,adj} (\theta_{int,set,H,z} - \theta_e)t,$$

де $N_{ve,adj}$ - загальний коефіцієнт теплопередачі вентиляцією, Вт/К;

$\theta_{int,set,H,z}$ - задана температура зони будівлі для охолодження, °С. $\theta_{int,set,H,z} = 24^\circ\text{C}$;

θ_e – середньомісячна температура зовнішнього середовища, °С;

t – тривалість місяця, для якого проводиться розрахунок, год.

5.4. Сумарна теплопередача

Для кожного місяця сумарну теплопередачу для режиму опалення (та для режиму охолодження), Q_{ht} , Вт·год, визначають за формулою:

$$Q_{H\ ht} = Q_{tr} + Q_{ve};$$

$$Q_{C\ ht} = Q_{tr} + Q_{ve};$$

де Q_{tr} – сумарна теплопередача трансмісією, Вт·год;

Q_{ve} - сумарна теплопередача вентиляцією, Вт·год.

5.5. Теплонадходження від внутрішніх теплових джерел

у зоні будівлі

Теплонадходження від внутрішніх теплових джерел у зоні будівлі, що розглядається, Q_{int} , Вт·год, для визначеного місяця розраховують за формулою:

$$Q_{int} = \left(\sum_k \Phi_{int,mn,k} A_f \right) t$$

де $\Phi_{int,mn,k}$ - усереднений за часом тепловий потік від k-го внутрішнього джерела, Вт/м².

A_f – кондиціонована площа зони будівлі, м²;

t - тривалість періоду використання, виражена у годинах на місяць.

$\Phi_{int,mn,k} = 17 \text{ Вт/м}^2$; $A_f = 7000,57 \text{ м}^2$.

Зам. інв. №	
Підпис і дата	
Інв. № подл.	

										Аркуш
										35
Зм.	Кільк.	Аркуш	№ док.	Підпис	Дата					

5.6. Теплонадходження від сонця

Приведений опір теплопередачі:

- вітражної системи: $R=1,07\text{м}^2\text{хК/Вт}$ (потрійне скління з двома селективними низькоемісійними покриттями).

- вікон: $R=0,75\text{м}^2\text{хК/Вт}$.

Коефіцієнт загального пропускання сонячної енергії при нормальному куті падіння:

для вітражного скління $g_n = 0,5$;

для вікон $g_n = 0,75$

Відповідно загальний коефіцієнт пропускання сонячної енергії:

$$g_{gl} = F_w \cdot g_n$$

- для вітражного скління: $g_{gl} = 0,90 \times 0,5 = 0,45$;

- для вікон: $g_{gl} = 0,90 \times 0,7 = 0,68$.

де F_w – поправочний коефіцієнт для нерозсіювального скління, приймають $F_w = 0,90$.

Частка обрамлення приймається $F_F = 0,3$.

В якості рухомих засобів затінення передбачено, що використовують білі веніціанські жалюзі зсередини вікон низької ефективності (понижувальний коефіцієнт 0,45). Відповідно понижувальний коефіцієнт затінення для засобів рухомого затінення $F_{sh,gl}$ розраховують за формулою:

$$F_{sh,gl} = \frac{[(1 - f_{sh,with}) g_{gl} + f_{sh,with} g_{gl+sh}]}{g_{gl}}$$

де g_{gl} - загальний коефіцієнт пропускання сонячної енергії скління за відсутності сонячного затінення;

g_{gl+sh} – загальний коефіцієнт пропускання сонячної енергії скління за наявності сонячного затінення, визначають множенням g_{gl} на понижувальний коефіцієнт, що залежить від типу рухомого затінення;

Зам. інв. №						Аркуш
Підпис і дата						36
Інв. № подл.						
Зм.	Кільк.	Аркуш	№ док.	Підпис	Дата	

$f_{sh,with}$ – зважені інтервали часу, коли сонячне затінення використовується.

Для вітражного скління $g_{gl+sh} = 0,45 \times 0,45 = 0,20$.

Для вікон: $g_{gl+sh} = 0,68 \times 0,45 = 0,31$.

Будівля затінюється тільки від власних елементів (звисів та ребер). Кут затінення від звисів $\alpha = 40^\circ$, кут затінення від ребер зліва та справа становить $\beta = 60^\circ$.

Еквівалентна площа інсоляції світлопрозорих конструкцій

Еквівалентну площу інсоляції світлопрозорих конструкцій $A_{sol,w}$ з урахуванням понижувальних коефіцієнтів затінення зовнішніми перешкодами F_{sh} розрахована за формулою:

$$A_{sol} = F_{sh,gl} g_{gl} (1 - F_F) A_{w,p}$$

де $F_{sh,gl}$ - понижувальний коефіцієнт затінення для рухомих засобів;

g_{gl} - загальний коефіцієнт пропускання сонячної енергії скління за відсутності сонячного затінення:

$$g_{gl} = F_w \times g_n = 0,9 \times 0,75 = 0,68$$

F_F – частка площі обрамлення;

$A_{w,p}$ – загальна площа проекції заклеєного елемента, m^2 .

Розрахунок еквівалентної площі інсоляції непрозорих конструкцій

Еквівалентну площу інсоляції непрозорої частини оболонки будівлі A_{sol} , m^2 :

$$A_{sol} = \alpha_{s,c} \cdot R_{se} \cdot U_c \cdot A_c ;$$

де $\alpha_{s,c}$ – безрозмірний коефіцієнт поглинання сонячної радіації непрозорою частиною; $\alpha_{s,c} = 0,8$.

Зам. інв. №						Аркуш
Підпис і дата						37
Інв. № поділ.						
Зм.	Кільк.	Аркуш	№ док.	Підпис	Дата	

Площі стін становлять:

- на північно-східному фасаді – $A_w, Пн-Сх = 542,94 \text{ м}^2$;
- на південно-східному фасаді – $A_w, Пд-Сх = 511,85 \text{ м}^2$;
- на південно-західному фасаді – $A_w, Пд-З = 405,84 \text{ м}^2$;
- на північно-західному фасаді – $A_w, Пн-З = 25,6 \text{ м}^2$.

Еквівалентна площа інсоляції для стін:

- на північно-східному фасаді $A_{sol} = 0,8 \times 0,043 \times 0,29 \times 0,4 \times 542,94 = 2 \text{ м}^2$;
- на південно-східному фасаді $A_{sol} = 0,8 \times 0,043 \times 0,29 \times 0,4 \times 511,85 = 2 \text{ м}^2$;
- на південно-західному фасаді $A_{sol} = 0,8 \times 0,043 \times 0,29 \times 0,4 \times 405,84 = 1,6 \text{ м}^2$;
- на північно-західному фасаді $A_{sol} = 0,8 \times 0,043 \times 0,29 \times 0,4 \times 25,6 = 0,1 \text{ м}^2$.

Еквівалентна площа інсоляції для покрівлі (при площі покрівлі $A_{cc} = 792,7 \text{ м}^2$):

$$A_{sol} = 0,80 \times 0,043 \times 0,17 \times 792,7 = 4,6 \text{ м}^2.$$

Понижувальний коефіцієнт затінення F_{sh} необхідно розраховувати за формулою:

$$F_{sh} = F_{hor} F_{ov} F_{fin},$$

де F_{hor} - частковий поправочний коефіцієнт затінення горизонту, визначають за даними табл. 12 ДСТУ Б А.2.2-12:2015;

F_{ov} - частковий поправочний коефіцієнт затінення для звисів, визначають за даними табл. 13 ДСТУ Б А.2.2-12:2015;

F_{fin} - частковий поправочний коефіцієнт затінення для ребер, визначають за даними

Понижувальний коефіцієнт затінення F_{sh} :

Інв. № подл.	Підпис і дата	Зам. інв. №							Аркуш
									38
			Зм.	Кільк.	Аркуш	№ док.	Підпис	Дата	

Фасад	F_{sh}	
	Період опалення	Період охолодження
Північно-східний	0,8	0,87
Південно-східний	0,77	0,87
Південно-західний	0,75	0,85
Північно-західний	0,76	0,65
Північний	0,92	0,88
Західний	0,89	0,95

Додатковий тепловий потік за рахунок теплового випромінювання в атмосферу для відповідного елемента оболонки будівлі Φ_r , Вт, визначають за формулою:

$$\Phi_r = R_{se} \cdot U_c \cdot A_c \cdot h_r \cdot \Delta\theta_{er},$$

де R_{se} - тепловий зовнішній поверхневий опір непрозорої частини, $m^2 \cdot K / Wt$, приймають $0,043 m^2 \cdot K / Wt$;

U_c – коефіцієнт теплопередачі непрозорої частини, $Wt / (m^2 \cdot K)$;

A_c – площа проекції елемента, m^2 ;

h_r - коефіцієнт теплопередачі непрозорої частини, $Wt / (m^2 \cdot K)$;

$\Delta\theta_{er}$ – середня різниця між температурою зовнішнього повітря та увною температурою атмосфери, $^{\circ}C$, для помірних широт приймають $\Delta\theta_{er} = 11 K$.

Для стін: $h_r = 5\varepsilon = 5 \times 0,93 = 4,65 Wt / (m^2 \cdot K)$

Для покрівлі $h_r = 5\varepsilon = 5 \times 0,93 = 4,65 Wt / (m^2 \cdot K)$

де ε – коефіцієнт теплового випромінювання зовнішньою поверхнею огороження.

Отже, додатковий тепловий потік за рахунок теплового випромінювання в атмосферу дорівнює:

для стін: $\Phi_r = 0,043 \times 0,29 \times 1486,23 \times 4,65 \times 11 = 950 Wt$;

для покриття: $\Phi_r = 0,043 \times 0,17 \times 792,7 \times 4,65 \times 11 = 300 Wt$.

Зам. інв. №					
	Підпис і дата				
Інв. № подл.					
	Аркуш				
Зм.	Кільк.	Аркуш	№ док.	Підпис	Дата

Сумарні теплові надходження $Q_{H,gn}$, Вт·год, для кожного місяця визначаються за формулою:

$$Q_{H,gn} = Q_{int} + Q_{sol}$$

де Q_{int} - сума внутрішніх теплонадходжень протягом даного періоду, Вт·год;

Q_{sol} - сума сонячних теплонадходжень протягом даного періоду, Вт·год.

Отримані значення внутрішніх і сонячних теплонадходжень заносимо до таблиць 5.2 та 5.3.

Таблиця 5.2. Кліматичні дані та характеристики внутрішніх і сонячних теплонадходжень в період опалення

Місяць року	Параметр				
	θ_e , °C	t , год	Q_{sol} , кВт·год	Q_{int} , кВт·год	Q_{gn} , кВт·год
Січень	-4,7	744	11956	23802	35758
Лютий	-3,6	672	17526	23802	41328
Березень	1	744	28548	25468	54016
Квітень	9	720	32512	24635	57147
Травень	15,2	744	44891	23802	68693
Червень	18,3	720	38850	24635	63485
Липень	19,8	744	38843	26301	65144
Серпень	19	744	34049	25468	59518
Вересень	13,9	720	29828	25468	55295
Жовтень	8,1	744	18829	26301	45130
Листопад	1,9	720	9323	25468	34791
Грудень	-2,5	744	7994	26301	34296

Інв. № подл.	Підпис і дата	Зам. інв. №

Зм.	Кільк.	Аркуш	№ док.	Підпис	Дата

Таблиця 5.3. Кліматичні дані та характеристики внутрішніх і сонячних теплонадходжень в період охолодження

Місяць року	Параметр				
	θ_e , °C	t , год	Q_{sol} , кВт·год	Q_{int} , кВт·год	Q_{gn} , кВт·год
Січень	-4,7	744	13143	23802	36945
Лютий	-3,6	672	19121	23802	42923
Березень	1	744	30854	25468	56322
Квітень	9	720	34992	24635	59627
Травень	15,2	744	48017	23802	71819
Червень	18,3	720	41434	24635	66069
Липень	19,8	744	41497	26301	67798
Серпень	19	744	36639	25468	62106
Вересень	13,9	720	32352	25468	57821
Жовтень	8,1	744	20573	26301	46875
Листопад	1,9	720	10193	25468	35661
Грудень	-2,5	744	8786	26301	35087

Інв. № подл.	Підпис і дата	Зам. інв. №							Аркуш
									42
Зм.	Кільк.	Аркуш	№ док.	Підпис	Дата				

6.1. Визначення енергопотреб для опалення, охолодження та ГВП

6.1.1. Енергопотреба для опалення та охолодження

Енергопотреба для опалення $Q_{H,nd}$, кВт·год, за умови постійного опалення:

$$Q_{H,nd} = (Q_{H,ht} - \eta_{H,gn} \cdot Q_{H,gn}) / 1000$$

де $Q_{H,ht}$ – сумарна теплопередача в режимі опалення, Вт·год;

$Q_{H,gn}$ – сумарні теплонадходження в режимі опалення, Вт·год;

Енергопотреба для охолодження $Q_{C,nd}$, кВт·год:

$$Q_{C,nd} = (Q_{C,gn} - \eta_{C,ls} \cdot Q_{C,ht}) / 1000$$

де $Q_{C,ht}$ – сумарна теплопередача в режимі охолодження, Вт·год;

$Q_{C,gn}$ – сумарні теплонадходження в режимі охолодження, Вт·год;

$\eta_{C,ls}$ – безрозмірний коефіцієнт використання надходжень.

Таблиця 6.1. Енергопотреби для періоду опалення $Q_{H,nd}$, кВт·год:

Місяць року	Параметр								
	$Q_{H,gr}$ кВт·год	$Q_{H,ve}$ кВт·год	$Q_{H,ht}$ кВт·год	$Q_{H,sol}$ кВт·год	$Q_{H,int}$ кВт·год	$Q_{H,gn}$ кВт·год	γ_H	$\eta_{H,gn}$	$Q_{H,nd}$ кВт·год
1	68178	42193	110371	11956	23802	35758	0,32	1	74613
2	58838	36413	95250	17526	23802	41328	0,43	0,99	54336
3	52445	32456	84901	28548	25468	54016	0,64	0,96	33046
4	28383	18184	47568	32512	24635	57147	1,20	0,75	4708
5	13249	81995	21449	44891	23802	68693	3,20	0,31	0
6	4541	28103	7351	38850	24635	63485	8,64	0,12	0
7	552	342	8937	38843	26301	65144	72,89	0,01	0
8	2760	1708	44685	34049	25468	59518	13,32	0,08	0
9	16294	10084	26379	29828	25468	55295	2,1	0,47	0
10	32847	20328	53175	18829	26301	45130	0,85	0,89	13009
11	48349	29921	78270	9323	25468	34791	0,44	0,99	43827
12	62105	38435	100540	7994	26301	34296	0,34	1	66246
Всього за рік:									289784

Зам. інв. №	Підпис і дата	Інв. № поділ.						
			Зм.	Кільк.	Аркуш	№ док.	Підпис	Дата

Таблиця 6.2. Енергопотреби для охолодження $Q_{C,nd}$, кВт·год:

Місяць року	Параметр								
	$Q_{C,gr}$ кВт·год	$Q_{C,ve}$ кВт·год	$Q_{C,ht}$ кВт·год	$Q_{C,sol}$ кВт·год	$Q_{C,int}$ кВт·год	$Q_{C,gn}$ кВт·год	γ_c	$\eta_{c,gn}$	$Q_{C,nd}$ кВт·год
1	79219	49026	128245	13143	23802	36945	0,29	0,29	0
2	68810	42584	111394	19121	23802	42923	0,39	0,39	0
3	63486	39289	102775	30854	25468	56322	0,55	0,54	0
4	40068	24797	64865	34992	24635	59627	0,92	0,79	8384
5	24290	15032	39322	48017	23802	71819	1,83	0,98	33283
6	15226	9423	24649	41434	24635	66069	2,68	0,99	41666
7	11593	7175	18768	41497	26301	67798	3,61	1,0	49030
8	13801	8541	22342	36639	25468	62106	2,78	1,0	39764
9	26979	16697	43676	32352	25468	57821	1,32	0,92	17639
10	43888	27161	71049	20573	26301	46875	0,66	0,63	2114
11	59034	36534	95567	10193	25468	35661	0,37	0,37	0
12	73146	45268	118414	8786	26301	35087	0,30	0,30	0
Всього за рік:									191880

6.1.2. Енергопотреба гарячого водопостачання

Питомі річні енергопотреби становлять для приміщень адміністративного призначення 10 кВт·год/м².

Загальні енергопотреби ГВП дорівнюють:

$$Q_{DWH,nd} = 10 \times A_f = 10 \times 7000,57 = 70006 \text{ кВт·год}$$

6.1.3. Визначення питомої енергопотреби

Розрахункове значення енергопотреби:

$$EP = (Q_{H,nd} + Q_{C,nd} + Q_{DWH,nd}) / V_f$$

де $Q_{H,nd}$ – річна енергопотреба для опалення, кВт·год;

$Q_{C,nd}$ – річна енергопотреба для охолодження, кВт·год;

$Q_{DWH,nd}$ – енергопотреби ГВП, кВт·год;

V_f – кондиціонований (опалюваний) об'єм будівлі, м³.

Зам. інв. №					
	Підпис і дата				
Інв. № подл.					
	Аркуш				
Зм.	Кільк.	Аркуш	№ док.	Підпис	Дата
					45

Розрахункове значення енергопотребы для данного жилого будинку:

$$EP = (289784+191880+70006)/24960,4=22 \text{ кВт}\cdot\text{год}/\text{м}^3$$

Загальний показник енергоефективності будівлі EP визначається за умовою:

$$EP \leq EP_{\max} ,$$

де EP – розрахункова або фактична питома річна енергопотреба будівлі;

EP_{\max} – максимально допустиме значення питомої річної енергопотребы будівлі, кВт·год/м².

Максимально допустиме значення питомої енергопотребы для данної будівлі становить 38,3 кВт х год/м³.

Визначення класу енергетичної ефективності будинку:

$$[(EP-EP_{\max})/ EP_{\max}] \cdot 100\% = [(22-38)/38] \cdot 100\% = -42\%.$$

Згідно ДБН В.2.6-31:2021 «Теплова ізоляція будівель» розрахунковий клас енергетичної ефективності данної будівлі за питомою енергопотребою становить «В».

Але в зв'язку з тим, що технічне оснащення, рішення по автоматизції та моніторингу за деякими параметрами відповідають класу «С», то даній будівлі присвоюється клас енергоефективності «С», що відповідає діючим нормам.

6.2. Розрахунок енергоспоживань

6.2.1. Енергоспоживання при опаленні

Енергоспоживання при опаленні визначається за формулою:

$$Q_{H,use,ls} = Q_{H,gen,out} + Q_{H,gen,ls}$$

Загальні тепловтрати підсистеми тепловіддачі:

$$Q_{H,em,ls} = (f_{hydr} \times f_{im} \times f_{rad}/\eta_{em}) - 1) \times Q_{H,em,out} ,$$

f_{hydr} – коефіцієнт, що враховує гідравлічне налагодження системи; $f_{hydr} = 0,98$;

f_{im} – коефіцієнт, що враховує застосування періодичного теплового режиму;
 $f_{im} = 0,97$;

Інв. № поділ.	Підпис і дата	Зам. інв. №							Аркуш
									46
			Зм.	Кільк.	Аркуш	№ док.	Підпис	Дата	

f_{rad} - коефіцієнт, що враховує променеву складову теплового потоку;

η_{em} – загальний рівень ефективності для тепловіддавальної системи у приміщенні;

$Q_{\text{H,em,out}}$ – енергопотреба для опалення, кВт х год.

Загальний рівень ефективності для тепловіддавальної системи у приміщенні: $\eta_{\text{em}}=0,87$.

Загальні тепловтрати підсистеми тепловіддачі:

$$Q_{\text{H,em,ls}} = ((0,98 \times 0,97 \times 1) / 0,87) - 1 \times 289784 = 26850 \text{ кВт х год.}$$

Енергія входу для підсистеми тепловіддачі:

$$Q_{\text{H,em,in}} = Q_{\text{H,em,out}} + Q_{\text{H,em,ls}}$$

$$Q_{\text{H,em,in}} = 289784 + 26850 = 316634 \text{ кВт х год.}$$

Загальне енергоспоживання при опаленні підсистеми розподілення:

$$Q_{\text{H,dis,ls}} = \sum \psi_{L,j} \times L_j \times (\theta_{j,m,i} - \theta_{i,j,j}) \times t_{\text{op,an},i} / 1000$$

$$L_s = 180 \times 2 = 360 \text{ м ;}$$

$$L_A = 0,55 \times 42,6 \times 19,5 \times 9 = 4100 \text{ м ;}$$

$$Q_{\text{H,dis,ls}} = (0,3 \times (57 - 20) \times 360 \times 5088 + 0,4 \times (57 - 20) \times 4100 \times 5088) / 1000 = 340000$$

кВт·год .

Утилізовані тепловтрати:

$$Q_{\text{H,dis,ls,rvd}} = Q_{\text{H,dis,ls}} \times 0,9 \times \eta_{\text{H}} = 340000 \times 0,9 \times 0,63 = 192780 \text{ кВт·год.}$$

Неутилізовані тепловтрати:

$$Q_{\text{H,dis,ls,nrvd}} = 340000 - 192780 = 147220 \text{ кВт х год.}$$

Енергія входу підсистем розподілення:

$$Q_{\text{H,dis,in}} = Q_{\text{H,dis,out}} + Q_{\text{H,dis,ls,nrvd}}$$

$$Q_{\text{H,dis,out}} = Q_{\text{H,em,in}}$$

$$Q_{\text{H,dis,in}} = 316634 + 147220 = 463854 \text{ кВт·год.}$$

Зам. інв. №	
Підпис і дата	
Інв. № подл.	

										Аркуш
										47
Зм.	Кільк.	Аркуш	№ док.	Підпис	Дата					

Енергія виходу від підсистем виробництва теплоти:

$$Q_{H,gen,out} = Q_{H,dis,in} = 463854 \text{ кВт}\cdot\text{год.}$$

Тепловтрати підсистеми виробництва:

$$Q_{H,gen,ls} = Q_{H,gen,out} \times (1 - \eta_{h,gen}) / \eta_{h,gen} = 463854 \times (1 - 0.96) / 0.96 = 19330 \text{ кВт}\cdot\text{год.}$$

Споживання теплової енергії при опаленні:

$$Q_{H,use,is} = Q_{H,gen,out} + Q_{H,gen,ls} = 459524 + 19330 = 478854 \text{ кВт}\cdot\text{год.}$$

Питоме енергоспоживання при опаленні:

$$EP_{H,use} = Q_{H,use,is} / V;$$

$$EP_{H,use} = 478854 / 24960,4 = 20,1 \text{ кВт}\cdot\text{год}/\text{м}^3.$$

6.2.2. Енергоспоживання при охолодженні

$$Q_{C,use} = Q_{C,gen,out} + Q_{C,gen,ls}.$$

Загальні тепловтрати підсистеми розподілення охолодження:

$$Q_{C,dis,ls} = Q_{C,nd} \times ((1 - \eta_{C,ce}) + (1 - \eta_{C,ce,sens}) + (1 - \eta_{C,d}));$$

$$Q_{C,dis,ls} = 191880 \times ((1 - 1) + (1 - 0,87) + (1 - 0,9)) = 44130 \text{ кВт}\cdot\text{год.}$$

Енергія входу для підсистеми тепловіддачі:

$$Q_{C,dis,in} = Q_{C,nd} + Q_{C,dis,ls};$$

$$Q_{C,dis,in} = 191880 + 44130 = 236010 \text{ кВт}\cdot\text{год.}$$

Енергія виходу з підсистеми виробництва холоду:

$$Q_{C,gen,out} = Q_{C,dis,in} / \eta_{C,ac}$$

$$Q_{C,gen,out} = 236010 / 0.99 = 238390 \text{ кВт}\cdot\text{год.}$$

Тепловтрати підсистеми виробництва:

$$Q_{C,gen,ls} = Q_{C,gen,out} \times (1 - \eta_{C,gen}) / \eta_{C,gen} = 238390 \times (1 - 2,25) / 2,25 = 132430 \text{ кВт}\cdot\text{год.}$$

Зам. інв. №	
Підпис і дата	
Інв. № подл.	

Зм.	Кільк.	Аркуш	№ док.	Підпис	Дата

Додаткова енергія для підсистем тепловіддачі/виділення при охолодженні:

$$W_{C,em,aux} = f_{C,em,aux} \times Q_{C,gen,out} \times t_{C,exp}/1000 \text{ год}$$

$f_{C,em,aux}$ – питома потреба в енергії вентиляторів системи охолодження;

$t_{C,exp}$ – тривалість часу на охолодження, год.

$$W_{C,em,aux} = 0,04 \times 238390 \times 740 / 1000 = 7060 \text{ кВт х год.}$$

Споживання енергії при охолодженні:

$$Q_{C,use} = Q_{C,gen,out} + Q_{C,gen,ls} = 238390 + 132430 = 370820 \text{ кВт х год.}$$

Питоме енергоспоживання при охолодженні:

$$EP_{C,use} = Q_{C,use,ls} / V$$

$$EP_{C,use} = 370820 / 24960,4 = 14,9 \text{ кВт х год/м}^3.$$

6.2.3. Енергоспоживання при ГВП

Загальні енергопотреби ГВП дорівнюють:

$$Q_{DHW,nd} = 10 \times A_f = 10 \times 7000,57 = 70006 \text{ кВт} \cdot \text{год.}$$

Тепловтрати розподільними трубопроводами від циркуляційного контуру до водорозбору гарячої води:

- в період опалення: $Q_{W, dis,ls, hp} = 0,4 \times 90 \times (55-20) \times 4336 / 1000 = 5500 \text{ кВт} \cdot \text{год.}$

- в неопалювальний період: $Q_{W, dis,ls, cp} = 0,4 \times 90 \times (55-22) \times 4424 / 1000 = 5250 \text{ кВт х}$

год ;

$$Q_{W, dis,ls} = 5500 + 5250 = 10750 \text{ кВт х год.}$$

Тепловтрати циркуляційним контуром складаються з тепловтрат протягом періоду циркуляції та тепловтрат в періоди відсутності циркуляції.

Тепловтрати трубопроводів протягом періодів циркуляції:

$$Q_{W, dis, ls, col,m} = Q_{W, dis, ls, col,on} + Q_{W, dis, ls, col, off}.$$

В період опалення: $Q_{W, dis, ls, col,on, hp} = (0,3 \times 80 \times (55-20)) \times 4336 / 1000 = 3640 \text{ кВт} \cdot \text{год}$

Зам. інв. №						Аркуш
Підпис і дата						49
Інв. № подл.						
Зм.	Кільк.	Аркуш	№ док.	Підпис	Дата	

В неопалювальний період: $Q_{W, dis, ls, col, on, cp} = (0,3 \times 80) \times (55 - 22) \times 4424 / 100 = 3500$

кВт·год

$$Q_{W, dis, ls, col, on} = 3640 + 3500 = 7140 \text{ кВт·год.}$$

Тепловтрати трубопроводів протягом періодів відсутності циркуляції:

Тепловтрати протягом опалювального періоду:

$$Q_{W, dis, ls, col, off, hp} = (0,02 \times (55 - 20)) \times 1150 \times 181 / 1000 = 145 \text{ кВт·год.}$$

Тепловтрати поза періоду опалення:

$$Q_{W, dis, ls, col, off, cp} = (0,02 \times (55 - 22)) \times 1150 \times 184 / 1000 = 140 \text{ кВт·год.}$$

Загальні тепловтрати трубопроводів циркуляційного контуру протягом відсутності циркуляції:

$$Q_{W, dis, ls, col, off} = 145 + 140 = 285 \text{ кВт·год.}$$

Загальні тепловтрати циркуляційним контуром:

$$Q_{W, dis, ls, col, m} = 7140 + 285 = 7425 \text{ кВт·год.}$$

В проекті «ВК» передбачена система ГВП з автоматично збалансованими за температурою води циркуляційними стояками – додаткові втрати теплоти при зливанні непрогрітої води з системи ГВП становлять $Q_{W, em, ls} = 0$.

Річний обсяг енергоспоживання на потреби ГВП:

$$Q_{DHW, use} = Q_{DHW, nd} / \eta_{gen} = (70006 + 10750 + 7425 + 0) / 0,96 = 91860 \text{ кВт·год.}$$

Споживання додаткової енергії для насоса:

$$W_{W, DIS, AUX} = P_{pmp} \times t_{pmp} \times N$$

$$W_{W, DIS, AUX} = 0,2 \times 24 \times 365 = 1750 \text{ кВт·год.}$$

Річне енергоспоживання на потреби ГВП:

Інв. № подл.	Підпис і дата	Зам. інв. №							Аркуш
									50
			Зм.	Кільк.	Аркуш	№ док.	Підпис	Дата	

$$DHW_{total\ use}=91860+1750=93610 \text{ кВт}\cdot\text{год} .$$

Питоме енергоспоживання ГВП:

$$EP_{DHW,use} = Q_{DHW, use} / V$$

$$EP_{DHW,use}=91860/24960,4=3,7 \text{ кВт} \times \text{год}/\text{м}^3.$$

Загальний показник питомого енергоспоживання

$$EP = EP_{H,use} + EP_{C,use} + EP_{DHW,use} = 20,1 + 14,9 + 3,7 = 39 \text{ кВт} \times \text{год}/\text{м}^3 .$$

Для данної будівлі на данному етапі проектування клас енергетичної ефективності будівлі за показником енергоспоживання - «С».

Енергоспоживання при освітленні :

$$W = W_L + W_p ,$$

W_L – енергія, що необхідна для використання функції штучного освітлення вбудованих приміщеннях, кВтхгод

W_p – паразитна енергія, що необхідна для забезпечення заряду акумуляторів світильників аварійного освітлення та енергія управління освітленням в будівлі, кВтхгод .

$$W_L = (P_n \times F_c) \times ((t_d \times F_o \times F_d) + (t_n \times F_o)) \times A_f / 1000 ;$$

$$W_L = (26 \times 0,9) \times ((2250 \times 0,9 \times 0,9) + (250 \times 0,9)) \times 7000,57 / 1000 = 47940 \text{ кВт} \times \text{год};$$

$$W_p = (P_{em} + P_{pc}) \times A_f ;$$

$$W_p = (1 + 5) \times 7000,57 = 42000 \text{ кВт} \times \text{год};$$

$$W = 47940 + 42000 = 89940 \text{ кВт} \times \text{год} .$$

6.2.4. Енергоспоживання систем вентиляції

Енергоспоживання вентиляторами:

$$Q_{V, sys, fan} = P_{el} \times t_v, \text{ кВт} \times \text{год},$$

P_{el} – електрична потужність вентилятора, кВт;

t_v - час роботи систем вентиляції, год;

$$P_{el} = SFP \times V_L / 3600,$$

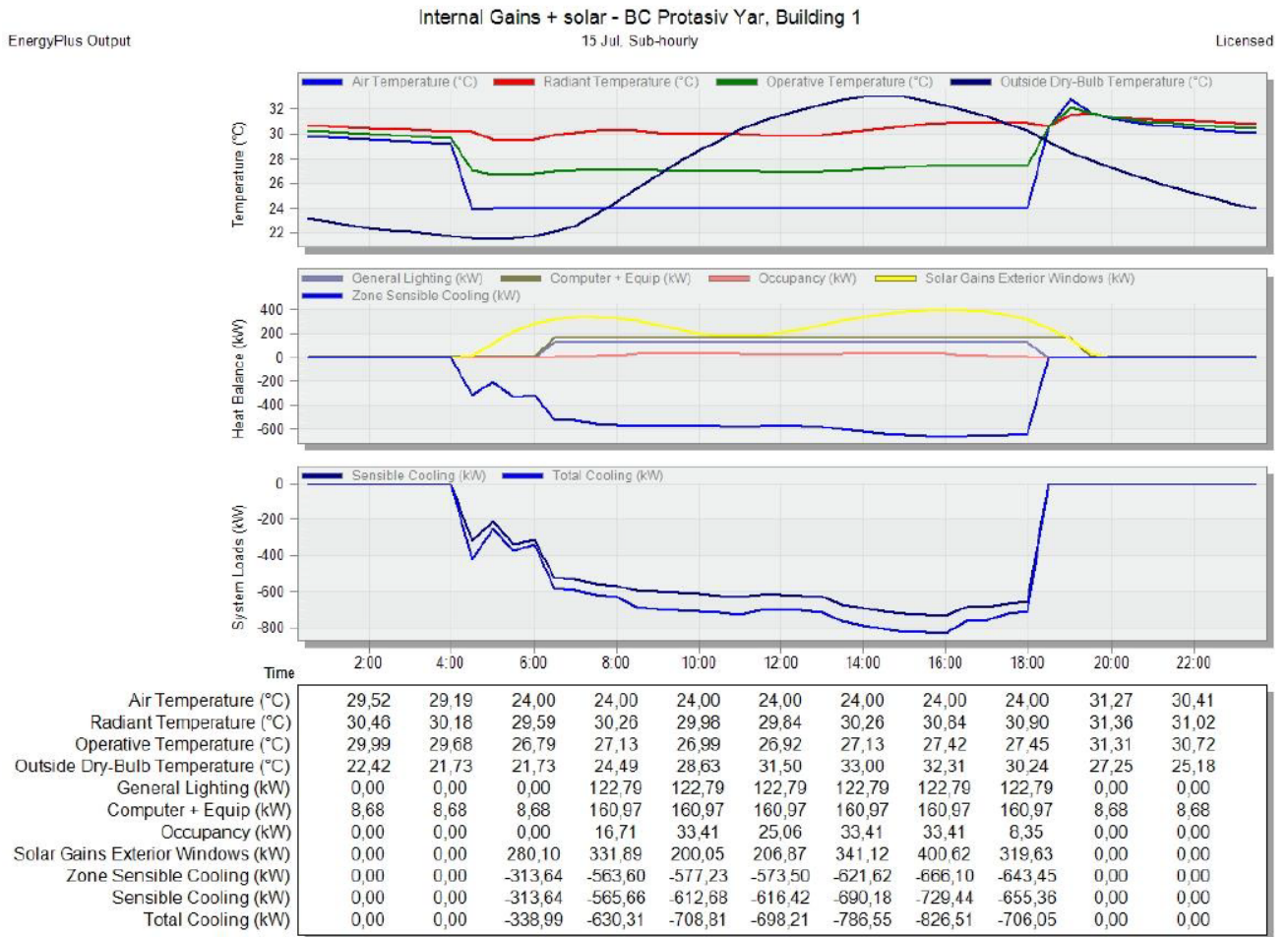
Зам. інв. №					
	Підпис і дата				
Інв. № подл.					
	Зм. Кільк. Аркуш № док. Підпис Дата				
					Аркуш
					51

7. Розрахунок навантажень

Зам. інв. №	
Підпис і дата	
Інв. № подл.	

Зм.	Кільк.	Аркуш	№ док.	Підпис	Дата
-----	--------	-------	--------	--------	------

7.2. Навантаження на систему охолодження протягом типового літнього дня



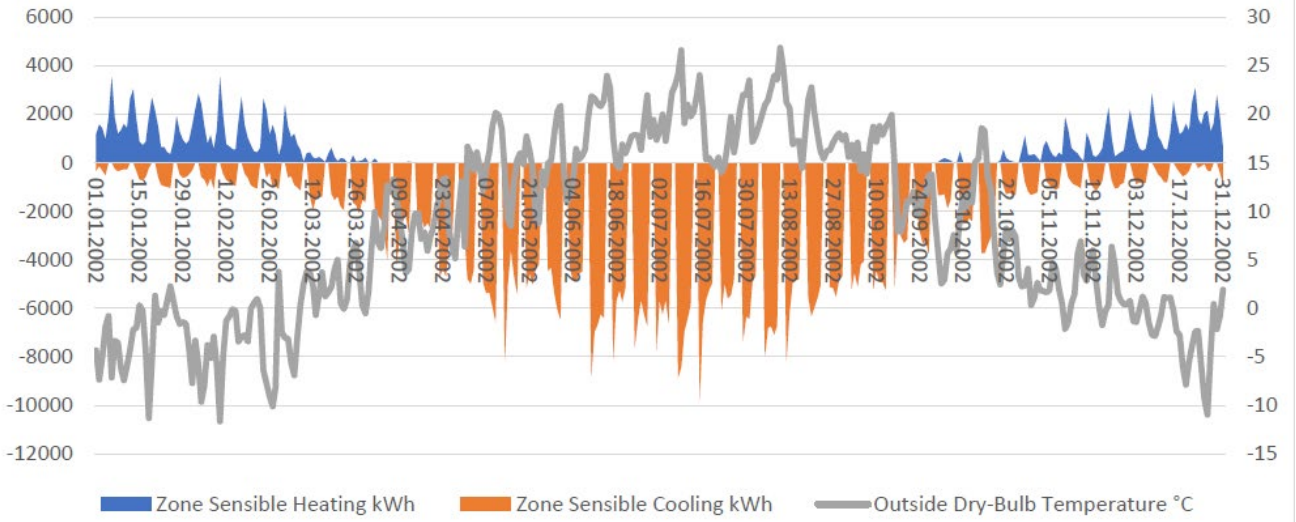
Розрахункова потужність по кожній окремій зоні системи охолодження складає **897,44 кВт**

7.3. Річний енергетичний баланс будівлі

Найбільша енергопотреба припадає на літні місяці та зумовлена впливом сонячної інсоляції на будівлю. Також в холодні місяці має місце потреба в додатковому охолодженню через внутрішні теплонадходження та вплив сонячної радіації.

Поденний енергетичний баланс будівлі наведений нижче на діаграмі:

Зам. інв. №					
Підпис і дата					
Інв. № подл.					
Зм.	Кільк.	Аркуш	№ док.	Підпис	Дата



Зам. інв. №	
Підпис і дата	
Інв. № подл.	

Зм.	Кільк.	Аркуш	№ док.	Підпис	Дата

**8. Моделювання енергоспоживання компоновок
інженерних систем**

Зам. інв. №	
Підпис і дата	
Інв. № подл.	

Зм.	Кільк.	Аркуш	№ док.	Підпис	Дата

8. Моделювання енергоспоживання компонок інженерних систем

Енергоспоживання залежить від конструктиву будівлі, її орієнтації та набору інженерних систем. В даній роботі було змодельовано 3 різних набори систем, а саме:

№ варіанту системи	Джерело теплопостачання	Джерело холодопостачання
1	Газова котельня	Чилер-фанкойл
2	Тепловий насос* до -10 °С	Тепловий насос
3	Тепловий насос* до -20 °С	Тепловий насос* + VRF

Є можливість опціонального використання електродіодного котла або передбачення подачі теплоносія від існуючої газової котельні для перекриття теплопотребі при зовнішній температурі нижче зазначеної.

8.1. Моделювання режиму роботи варіанту 1

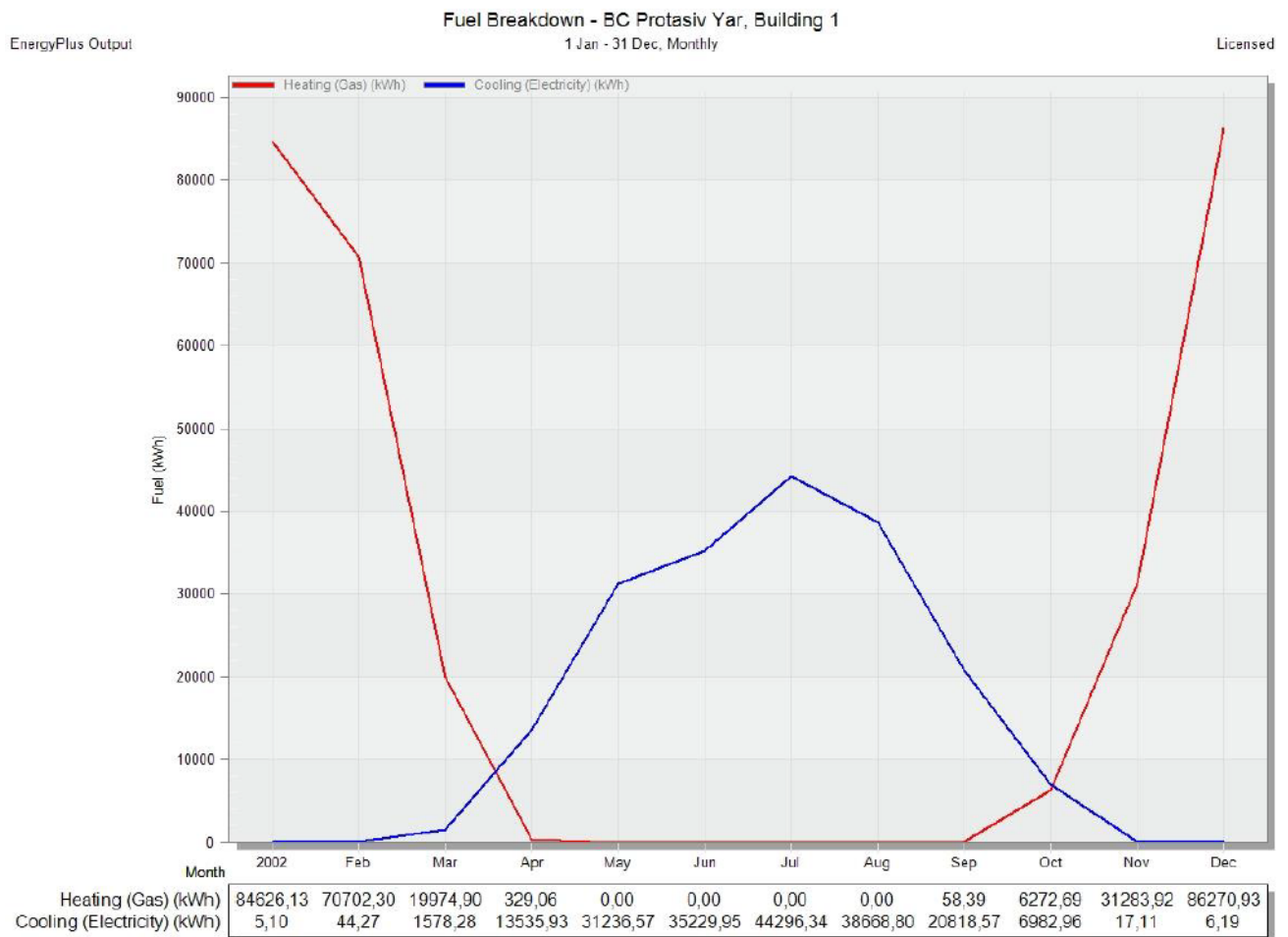
Розрахунок енергоспоживання будівлі за рік.

На графіку показаний тепловий баланс будівлі (нижчий графік) та споживання енергоресурсів (вищий графік). Всі величини зведені до МВт*год. В якості джерела опалення газовий котел. Система чилер-фанкойл забезпечує кондиціонування приміщень. Гаряче водопостачання через свою нерівномірність краще забезпечувати за рахунок бойлерів з електротенами у всіх варіантах. Вентиляція механічна припливно-витяжна з рекуперацією.

Інв. № поділ.	Підпис і дата	Зам. інв. №							Аркуш
									58
			Зм.	Кільк.	Аркуш	№ док.	Підпис	Дата	

Споживання енергоресурсів на опалення та охолодження в залежності від

місяця:



8.2. Моделювання режиму роботи варіанту 2

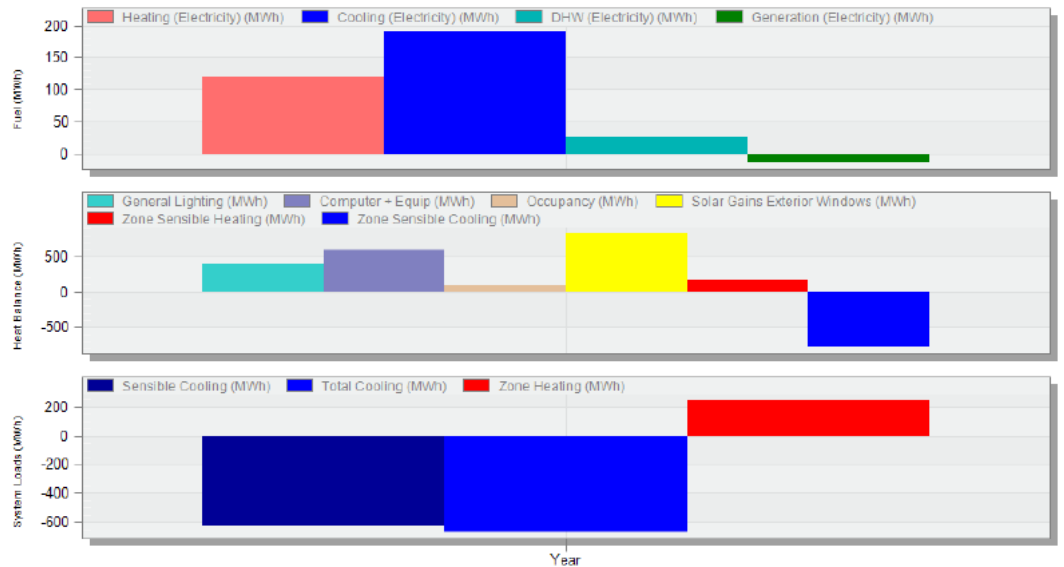
Розрахунок енергоспоживання будівлі за рік.

На графіку показаний тепловий баланс будівлі (нижчий графік) та споживання енергоресурсів (вищий графік). Всі величини зведені до МВт*год. В якості джерела опалення тепловий насос, що перекриває теплову потребу будівлі до -10°C з використанням газової котельні для покриття теплопотреби при нижчих температурах. Тепловий насос забезпечує кондиціонування приміщень. Гаряче водопостачання через свою нерівномірність краще забезпечувати за рахунок бойлерів з електротенами у всіх варіантах. Вентиляція механічна припливно-витяжна з рекуперацією.

Інв. № подл.	Підпис і дата					Зам. інв. №
Зм.	Кільк.	Аркуш	№ док.	Підпис	Дата	Аркуш
						60

Temperatures, Heat Gains and Energy Consumption - BC Protasiv Yar, Building 1

1 Jan - 31 Dec. Run period



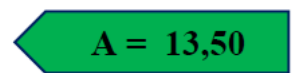
Heating (Electricity) (MWh)	120,46
Cooling (Electricity) (MWh)	189,95
DHW (Electricity) (MWh)	26,48
Generation (Electricity) (MWh)	-13,03
General Lighting (MWh)	384,87
Computer + Equip (MWh)	503,24
Occupancy (MWh)	85,60
Solar Gains Exterior Windows (MWh)	832,41
Zone Sensible Heating (MWh)	164,59
Zone Sensible Cooling (MWh)	-782,97
Sensible Cooling (MWh)	-628,03
Total Cooling (MWh)	-664,84
Zone Heating (MWh)	240,93

При даній конфігурації інженерної системи будівля буде споживати 120,46 МВт*год (з яких 23,56 МВт*год спожито газовою котельнею) на рік для забезпечення опалення та вентиляції, 189,95 МВт*год на рік для потреб охолодження та на потреби ГВП 26,48 МВт*год. Генерація електроенергії складає 13,03 МВт*год на рік. Енергоспоживання відносно площі складе 13,50 кВт*год/м³ на рік, що відповідає класу «А» енергоефективності будівлі відповідно до ДБН 2.6-31-2021 «Теплова ізоляція будівель».

Зам. інв. №	Зам. інв. №						Аркуш	
	Підпис і дата	Підпис і дата						61
		Підпис і дата						
Інв. № подл.	Інв. № подл.						Аркуш	
	Інв. № подл.							
Зм.	Кільк.	Аркуш	№ док.	Підпис	Дата			



< 15 кВт*год/м³

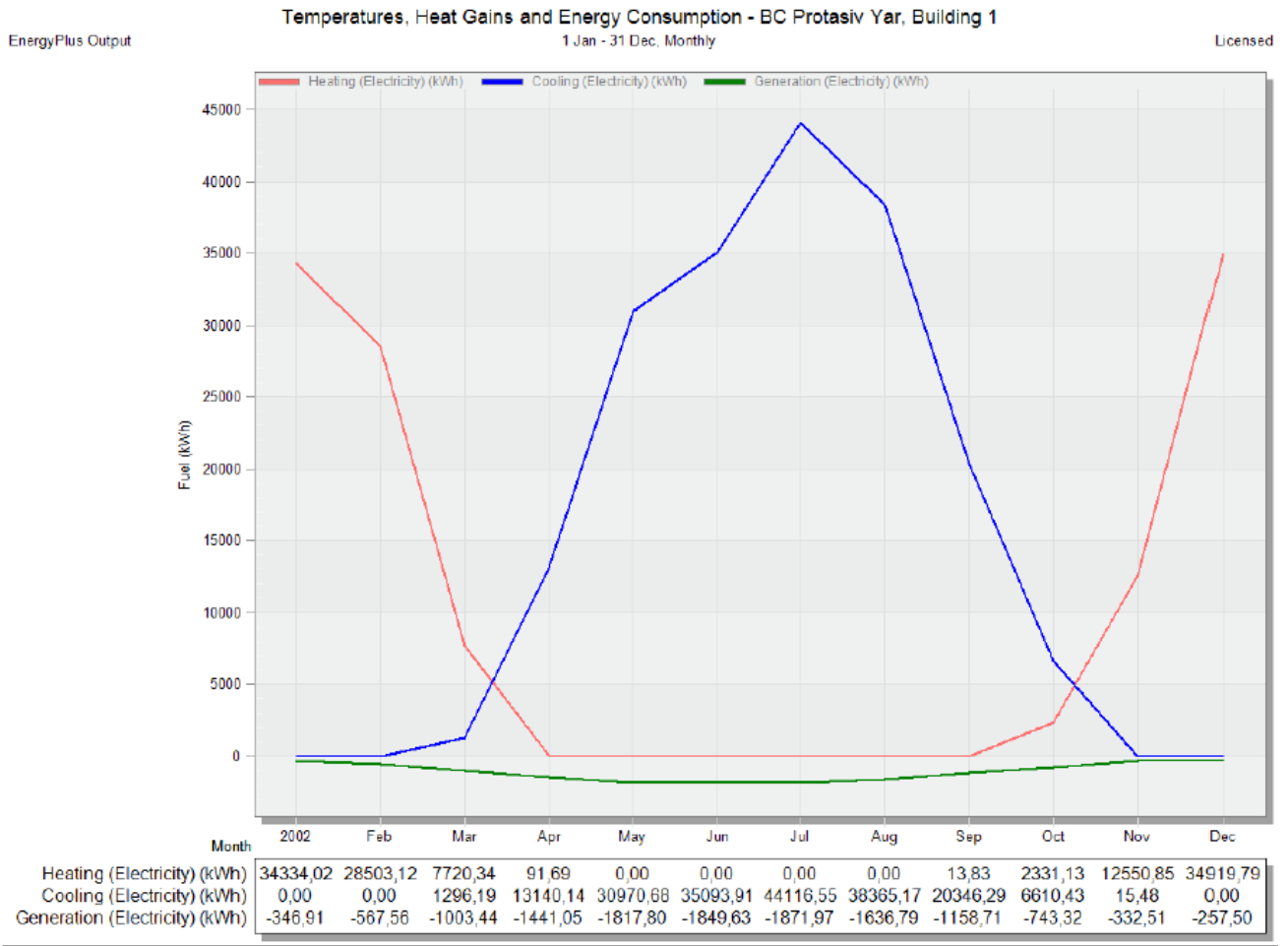


< 24 кВт*год/м³



< 30 кВт*год/м³

Споживання енергоресурсів на опалення та охолодження в залежності від місяця:



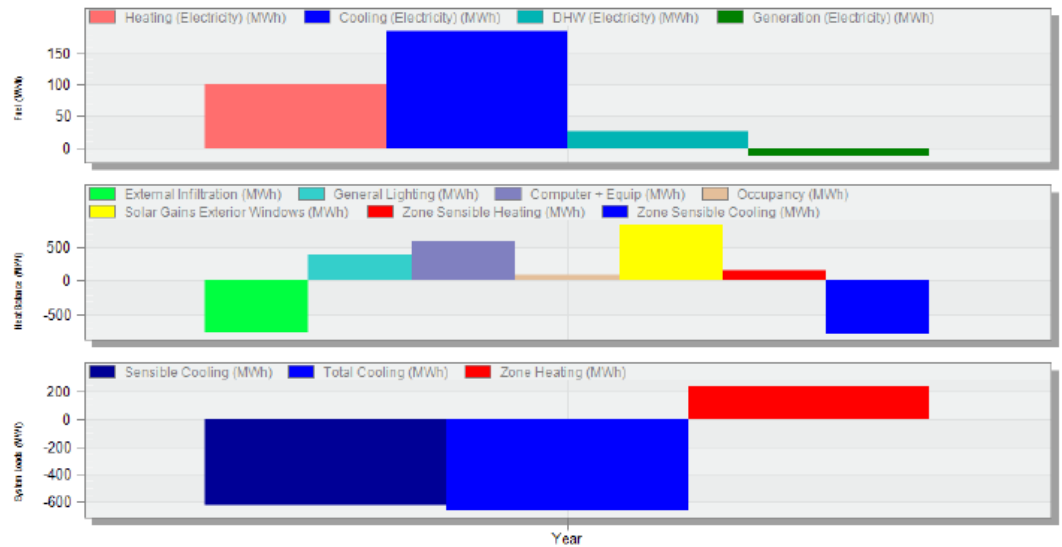
8.3. Моделювання режиму роботи варіанту 3

Розрахунок енергоспоживання будівлі за рік.

На графіку показаний тепловий баланс будівлі (нижчий графік) та споживання енергоресурсів (вищий графік). Всі величини зведені до МВт*год. В якості джерела опалення тепловий насос з додатковим внутрішнім тепловим насосом для підвищення параметрів теплоносія з резервуванням від газової котельні для покриття теплотреби при екстремально низьких температурах. Тепловий насос забезпечує кондиціювання основних приміщень приміщень, а система VRF забезпечує кондиціювання переговорних кімнат (10% від загальної корисної площі). Вентиляція механічна припливно-витяжна з рекуперацією.

Зам. інв. №
Підпис і дата
Інв. № подл.

Зм.	Кільк.	Аркуш	№ док.	Підпис	Дата



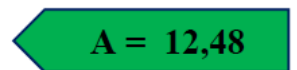
Heating (Electricity) (MWh)	100,39
Cooling (Electricity) (MWh)	184,68
DHW (Electricity) (MWh)	26,48
Generation (Electricity) (MWh)	-13,03
External Infiltration (MWh)	-777,46
General Lighting (MWh)	384,87
Computer + Equip (MWh)	593,24
Occupancy (MWh)	85,60
Solar Gains Exterior Windows (MWh)	832,41
Zone Sensible Heating (MWh)	164,59
Zone Sensible Cooling (MWh)	-782,97
Sensible Cooling (MWh)	-628,03
Total Cooling (MWh)	-664,84
Zone Heating (MWh)	240,93

При даній конфігурації інженерної системи будівля буде споживати 100,39 МВт*год на рік для забезпечення опалення та вентиляції, 184,68 МВт*год на рік для потреб охолодження та на потреби ГВП 26,48 МВт*год. Генерація електроенергії складає 13,03 МВт*год на рік. Енергоспоживання відносно площі складе 12,48 кВт*год/м³ на рік, що відповідає класу «А» енергоефективності будівлі відповідно до ДБН 2.6-31-2021 «Теплова ізоляція будівель».

Зам. інв. №						Аркуш
Підпис і дата						63
Інв. № подл.						Аркуш
Зм.	Кільк.	Аркуш	№ док.	Підпис	Дата	



< 15 кВт*год/м³



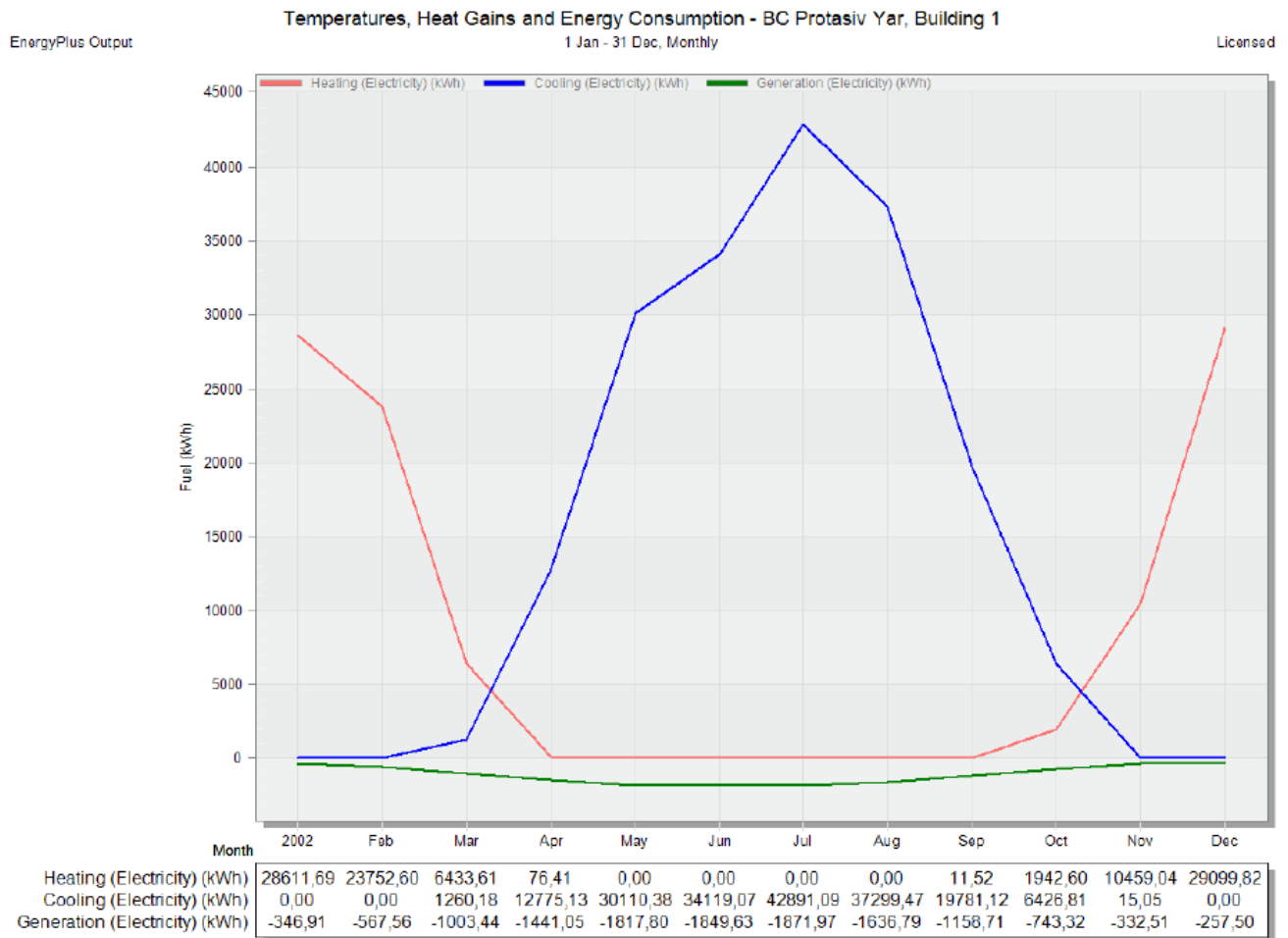
< 24 кВт*год/м³



< 30 кВт*год/м³

Споживання енергоресурсів на опалення та охолодження в залежності від

місяця:



Зведемо результати трьох систем в таблицю 8.1.

Таблиця 8.1. Результати розрахунків енергоспоживання будівлі за рік для трьох варіантів

Система	Споживання на опалення, МВт*год/рік	Споживання на охолодження, МВт*год/рік	Споживання на ГВП, МВт*год/рік	Енергопотреба, кВт*год/(м ³ *рік)	Клас енергоефективності будівлі
1	299,52	192,42	26,46	20,76	B
2	120,46	189,95	26,48	13,50	A
3	100,39	184,68	26,48	12,48	A

Зам. інв. №	
Підпис і дата	
Інв. № подл.	

Зм.	Кільк.	Аркуш	№ док.	Підпис	Дата

Таблиця 8.2. Капітальні витрати на впровадження інженерної системи:

№ варіанту системи	Опис	Капіталовкладення, грн
1	Чиллер тільки холод 897 кВт; Теплопостачання від існуючої газової котельні	8 585 022,00
2	Тепловий насос: холод 897 кВт, тепло 795 кВт	9 955 020,00
3	Тепловий насос: холод 839 кВт, тепло 744 кВт; Система VRF холод 58 кВт, тепло 51 кВт;	18 500 705,00

Тариф на електроенергію для розрахунку зафіксований на рівні 5 грн/кВт*год, а газопостачання – 22 грн/м³. Теплота згорання природного газу прийнята на рівні 8000 ккал/м³.

Таблиця 8.3. Експлуатаційні витрати за типовий рік роботи інженерної системи та період окупності:

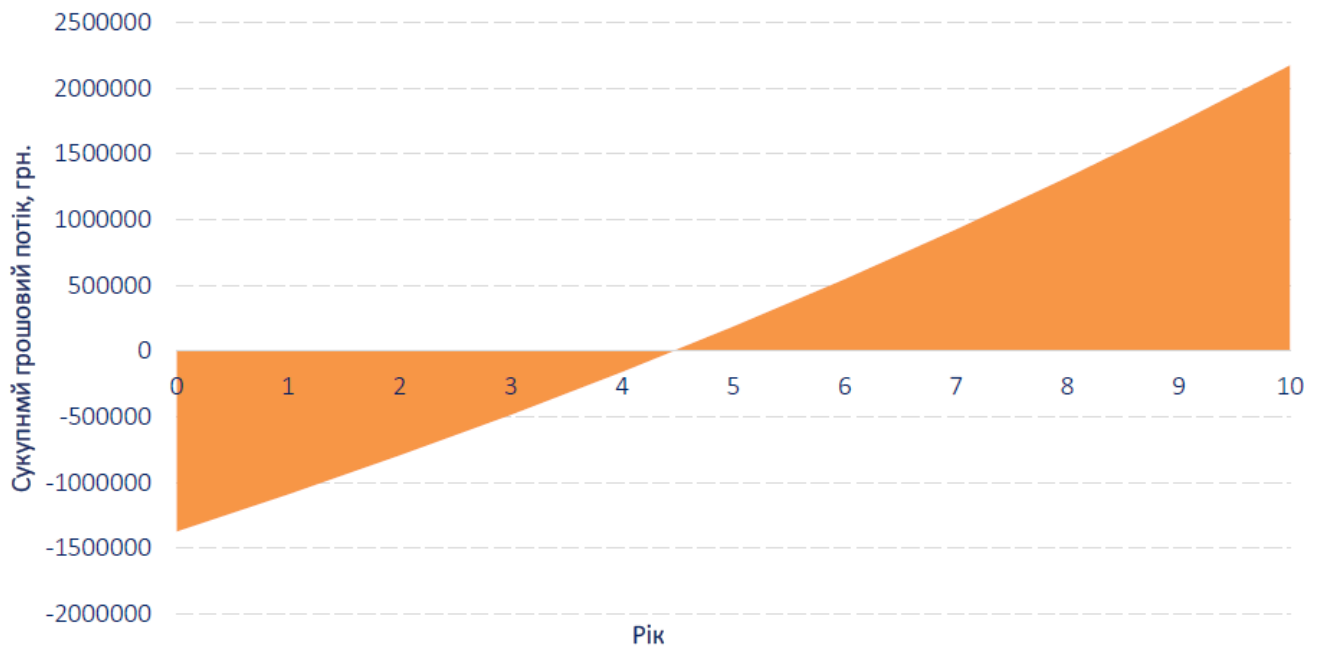
№ варіанту системи	Теплопостачання, грн	Холодопостачання, грн	Термін окупності, роки
1	803 590,25	962 100,00	базовий
2	547 709,76	949 750,00	5,1
3	501 950,00	923 400,00	29,1

Таблиця 8.4. Аналіз економічної доцільності впровадження Варіанту 2:

Показник	Позн.	Значення
Вартість експлуатації - традиційна система	грн.	1 765 690
Вартість експлуатації - альтернативна система	грн.	1 497 460
Додаткові капітальні витрати на альтернативну систему	грн.	1 369 998
Темп інфляції	%	12%
Темп зростання вартості палива	%	5%
Строк реалізації проекту	рік	10
Економічна доцільність		
Щорічний грошовий потік (CF)	грн.	268 230
Внутрішня норма рентабельності (IRR)	%	20,3
Чистий дисконтований дохід (NPV)	грн.	543 315
Індекс прибутковості (PI)	%	40%
Простий термін окупності (PP)	рік	5,1
Повернення капіталу	рік	4,5

Зам. інв. №					
	Підпис і дата				
Інв. № поділ.					
	Аркуш				
Зм.	Кільк.	Аркуш	№ док.	Підпис	Дата

Графік сукупного потоку грошових коштів Варіанту 2



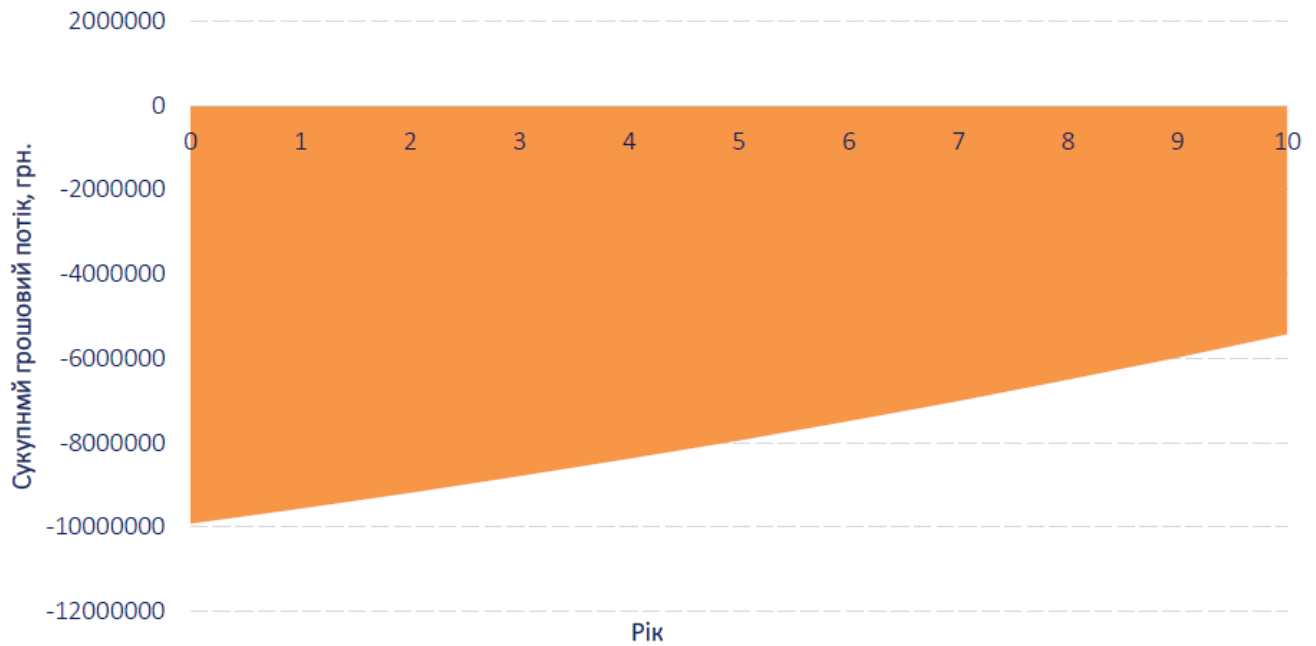
Аналіз економічної доцільності впровадження Варіанту 3:

Показник	Позн.	Значення
Вартість експлуатації - традиційна система	грн.	1 765 690
Вартість експлуатації - альтернативна система	грн.	1 425 350
Додаткові капітальні витрати на альтернативну систему	грн.	9 915 683
Темп інфляції	%	12%
Темп зростання вартості палива	%	5%
Строк реалізації проекту	рік	10
Економічна доцільність		
Щорічний грошовий потік (CF)	грн.	340 340
Внутрішня норма рентабельності (IRR)	%	-11,6
Чистий дисконтований дохід (NPV)	грн.	-7 488 004
Індекс прибутковості (PI)	%	-76%
Простий термін окупності (PP)	рік	29,1
Повернення капіталу	рік	23,3

Зам. інв. №	
Підпис і дата	
Інв. № подл.	

Зм.	Кільк.	Аркуш	№ док.	Підпис	Дата

Графік сукупного потоку грошових коштів Варіанту 3



Аналіз впровадження дахової фото-електростанції:

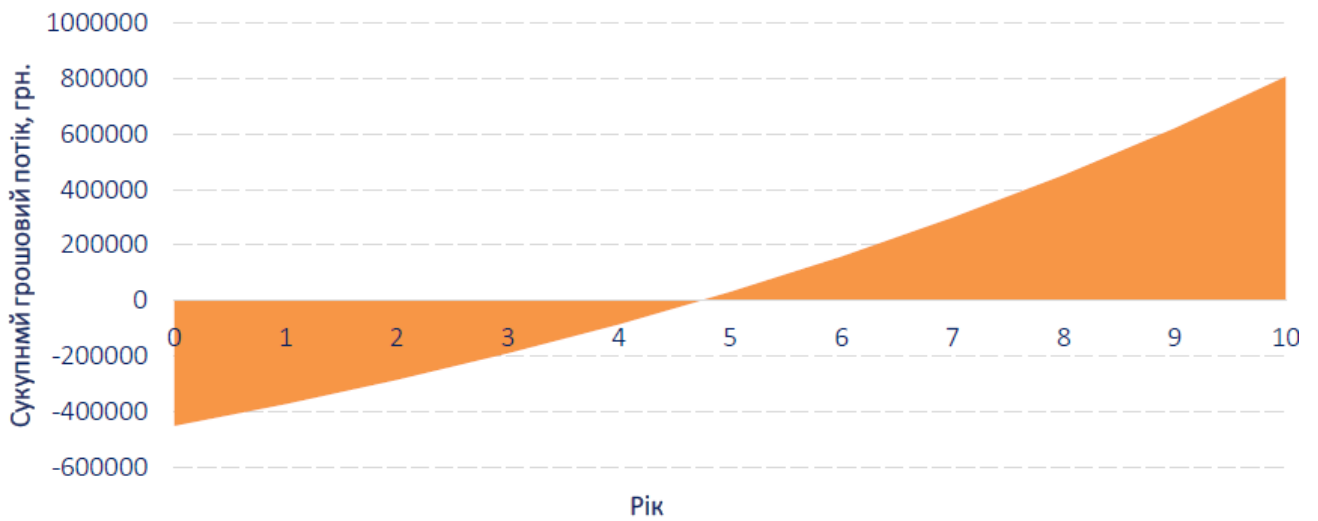
Загальна генерація ФЕС 13 030 кВт*год на рік. Щорічна економія електроенергії на 65 150 грн/рік.

Показник	Позн.	Значення
Щорічна генерація ФЕС	грн.	65 150
Додаткові капітальні витрати	грн.	449 800
Темп інфляції	%	12%
Темп зростання вартості палива	%	5%
Строк реалізації проекту	рік	10
Економічна доцільність		
Щорічний грошовий потік (CF)	грн.	65 150
Внутрішня норма рентабельності (IRR)	%	12,7
Чистий дисконтований дохід (NPV)	грн.	14 921
Індекс прибутковості (PI)	%	3%
Простий термін окупності (PP)	рік	6,9
Повернення капіталу	рік	5,9

Зам. інв. №
Підпис і дата
Інв. № подл.

										Аркуш
										67
Зм.	Кільк.	Аркуш	№док.	Підпис	Дата					

Графік сукупного потоку грошових коштів дахової фото-електростанції



Висновок: впровадження альтернативних системи тепло та холодопостачання дозволить суттєво скороти споживання енергоресурсів та підвищить рівень енергоефективності будівлі з класу В до А. Економічно доцільним є впровадження Варіанту 2: встановлення теплового насосу з режимом роботи до -10 0С для забезпечення тепло та холодопостачання будівлі. Впровадження Варіанту 3 є економічно недоцільним та не рекомендується до застосування. Встановлення дахової ФЕС є економічно доцільним, але значимого впливу на енергоспоживання будівлі не несе.

Зам. інв. №	
Підпис і дата	
Інв. № поділ.	

Зм.	Кільк.	Аркуш	№ док.	Підпис	Дата

9.Основні рішення по опаленню

Інв. №поділ.	Підпис і дата	Зам. інв. №

Зм.	Кільк.	Аркуш	№док.	Підпис	Дата

опалювальних приладів використовуються повітроводчки (фанкойли) фірми AEROSTAR (рис. 9.1, 9.2, 9.3) та внутрішньопідлогові конвектори фірми Carrega (рис. 9.5). В якості теплоносія прийнято воду з температурними параметрами 45/35 °С – основний режим (робота теплового насосу типу «повітря-вода» при температурі зовнішнього повітря до «мінус» 10 °С); та 70/60 °С – при альтернативному режимі (від центральної газової котельні комплексу), що вмикається при температурі зовнішнього повітря від «мінус» 10 °С і нижче.



Рис. 9.1.
Горизонтальний
безкорпусний фанкойл



Рис. 9.2. Касетний
фанкойл



Рис. 9.3. Фанкойл
настінного типу

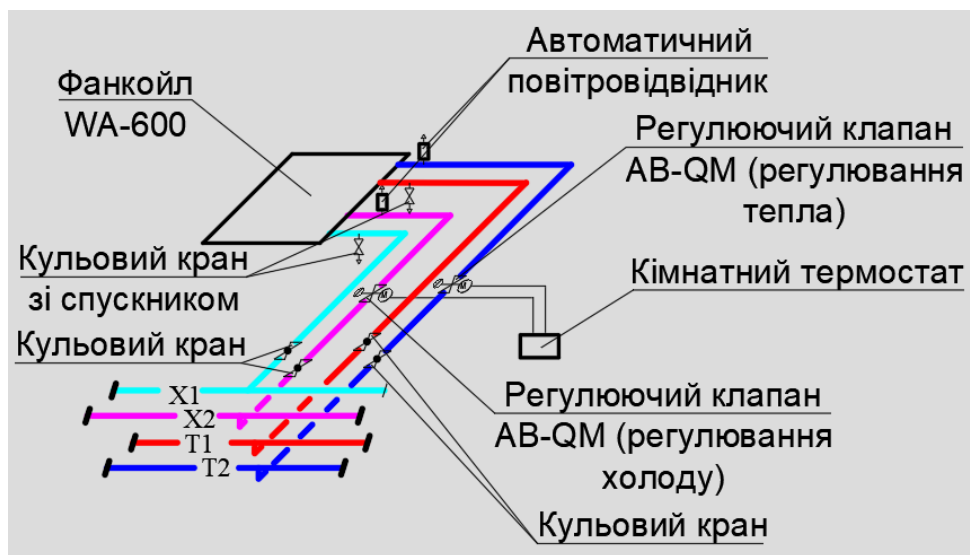


Рис. 9.4. Вузол обв'язки фанкойлів

Зам. інв. №					
	Підпис і дата				
Інв. № поділ.					
	Аркуш				
Зм.	Кільк.	Аркуш	№ док.	Підпис	Дата

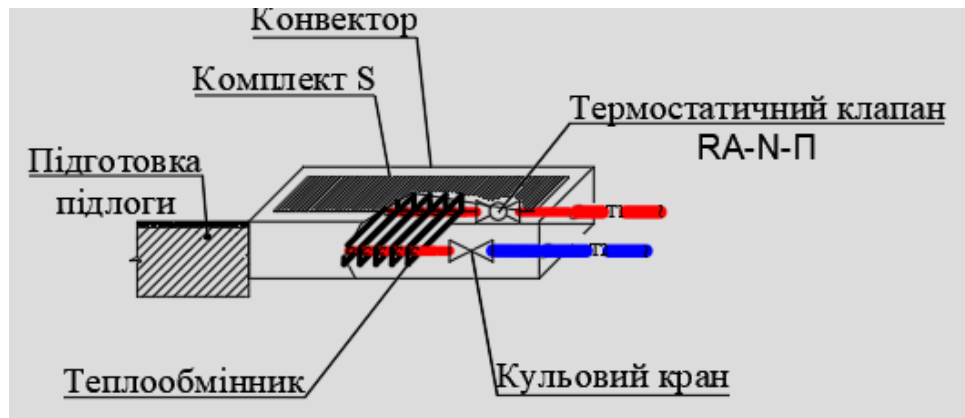


Рис. 9.5. Вузол підключення опалювального конвектора

Опалення сходових клітин виконується за рахунок радіаторного опалення. В якості теплоносія прийнято воду з температурними параметрами 45-35°C – основний режим (робота теплового насосу типу «повітря-вода» при температурі зовнішнього повітря до «мінус» 10 °C); та 70-60 °C – при альтернативному режимі (від центральної газової котельні комплексу), що вмикається при температурі зовнішнього повітря від «мінус» 10 °C і нижче. В якості опалювальних приладів використовуються опалювальні прилади фірми Romstal, розміщені на 2,2 м від рівня підлоги (рис. 9.6).

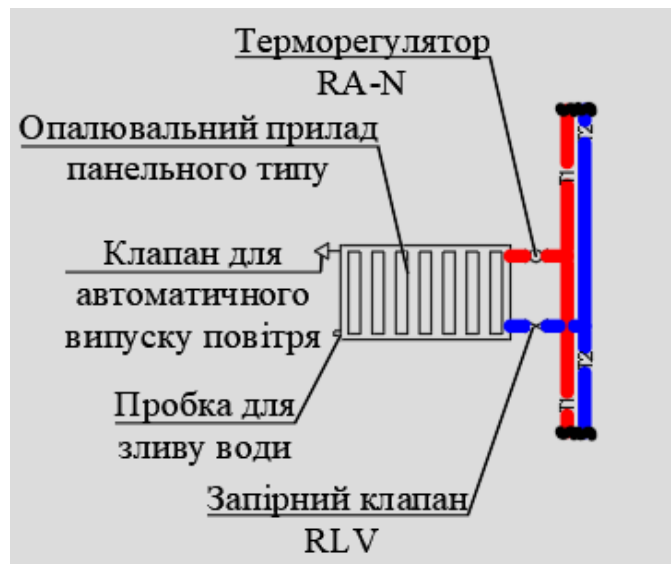


Рис. 9.6. Вузол підключення опалювального приладу сходових клітин

Система теплопостачання припливно-витяжних установок прийнята від загальної системи теплопостачання будівлі. В якості теплоносія прийнята вода з температурними параметрами 45/35 °C – основний режим (робота теплового

Інв. № поділ.	Зам. інв. №				
	Підпис і дата				

Зм.	Кільк.	Аркуш	№ док.	Підпис	Дата

сосу типу «повітря-вода» при температурі зовнішнього повітря до «мінус» 10 °С); та 70/60 °С – при альтернативному режимі (від центральної газової котельні комплексу), що вмикається при температурі зовнішнього повітря від «мінус» 10 °С і нижче.

Приміщення з розташуванням інженерного обладнання по типу електрощитових, насосних, серверних опалюються за рахунок електричних обігрівачів типу Atlantic (рис. 9.7). В приміщеннях санвузлів, конвектори прийняті в брзкозахисному виконанні.



Рис. 9.7. Електроконвектор

Магістральні трубопроводи і стояки до Ду100 передбаченні зі сталевих труб системи KAN-therm Steel, а більше Ду100 - зі сталевих електрозварних труб по ДСТУ 8943:2019 (ГОСТ 10704-91).

Підводки до опалювальних приладів виконати з труб RAUTITAN flex з антидифузійним покриттям.

Стояки прокладати в комунікаційних шахтах. Трубопроводи в місцях перетину будівельних конструкцій прокласти в гільзах з негорючих матеріалів із забезпеченням межі вогнестійкості будівельної конструкції.

Тепловій ізоляції зі спіненого каучуку підлягають всі трубопроводи, що прокладаються відкрито.

Компенсація теплових подовжень сталевих трубопроводів (стояків та магістралей) передбачається за рахунок встановлення сильфонних компенсаторів та самокомпенсації за рахунок кутів поворотів. Компенсація теплових подовжень поліетиленових трубопроводів передбачається за рахунок

Інв. № подл.	Зам. інв. №					Аркуш
	Підпис і дата					
Зм.	Кільк.	Аркуш	№ док.	Підпис	Дата	73

самокомпенсації, прокладаючи труби в підлозі не по прямій лінії, а зигзагоподібно.

Для опорожнення теплоносія з систем передбачено спускні вентиля, які розташовані в нижніх точках системи. Скид теплоносія виконано до системи побутової каналізації.

Випуск повітря з систем опалення здійснюється автоматичними спускниками випуску повітря, які встановлюються в найвищих точках систем. Для випуску повітря та можливості зливу системи магістральні трубопроводи прокладені з ухилом. Випуск повітря з горизонтальних гілок системи опалення здійснюється за допомогою спусника повітря, який встановлено в опалювальному приладі.

Принципові схеми рішень по опаленню будівлі, що проектується, наведені на листі креслень 8.

Інв. № подл.	Підпис і дата	Зам. інв. №							Аркуш
									74
Зм.	Кільк.	Аркуш	№ док.	Підпис	Дата				

10. Основні рішення по вентиляції

Зам. інв. №	
Підпис і дата	
Інв. № подл.	

Зм.	Кільк.	Аркуш	№ док.	Підпис	Дата



Рис. 10.1. Припливно-витяжна установка з рекуператором

Догрів припливного повітря для вентиляційних установок передбачено за рахунок електричних нагрівачів (калориферів) з необхідною потужністю для нагріву до 5 кВт. Для всіх інших випадків встановлені водяні теплообмінники, джерелом тепlopостачання яких є, в залежності від зовнішньої температури повітря, чилери з функцією теплового насоса та С.О.Р. не менше 1.9 при -10°C , або існуюча газова котельня ($T_{\text{зов.}} \leq -10^{\circ}\text{C}$).

З метою економії енергоресурсів в офісних приміщеннях передбачається зниження продуктивності вентиляційних систем в неробочий час.

Для приміщень санвузлів, гардеробних, електрощитових, серверних та всіх інших технічних, господарських та складських приміщень передбачені окремі витяжні системи відповідно до вимог ДБН В.2.2-16:2019 з урахуванням рекомендацій ДБН В.2.5-67:2013 р.

Повітропроводи припливних систем ізолюються ізоляцією K-FLEX товщиною 10 мм.

Повітропроводи на повітрозаборі ізолюються ізоляцією K-FLEX товщиною 10 мм та 50 мм мінераловатною фольгованою ізоляцією.

Транзитні міжповерхові повітропроводи витяжних систем (вентшахти) покрити мінераловатною фольгованою ізоляцією (групи горючості НГ), товщиною 50 мм.

Зам. інв. №						
	Підпис і дата					
Інв. № подл.						
	Зм. Кільк. Аркуш №док. Підпис Дата					
						Аркуш
						77

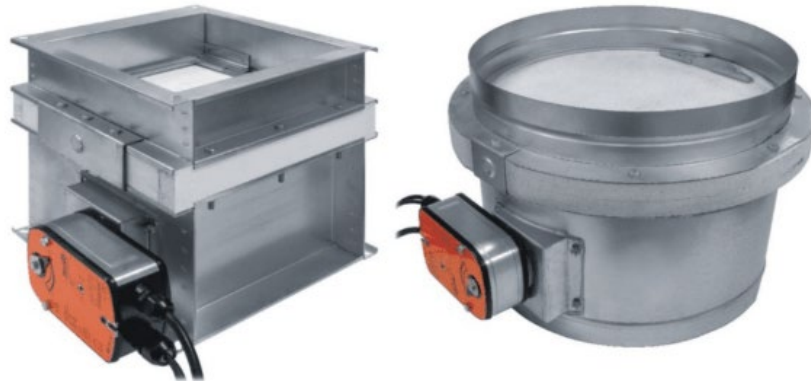


Рис. 10.2. Протипожежні, вогнезатримуючі клапани прямокутного та круглого перетину

Приплив та витяжка повітря здійснюється за допомогою регульованих вентиляційних решіток та плафонів. Для запобігання проникнення холодного повітря в приміщення на витяжних системах передбачаються зворотні клапани. Припливні системи обладнуються утепленими клапанами з електроприводами.

Принципові схеми рішень по вентиляції офісних приміщень, що обслуговуються системою вентиляції, наведені на листі креслень 9.

Інв. № подл.	Підпис і дата	Зам. інв. №

Зм.	Кільк.	Аркуш	№ док.	Підпис	Дата

11.Рішення по кондиціонуванню

Інв. №поділ.	Підпис і дата	Зам. інв. №
--------------	---------------	-------------

Зм.	Кільк.	Аркуш	№док.	Підпис	Дата
-----	--------	-------	-------	--------	------

11. Рішення по кондиціюванню

Для підтримання комфортних параметрів мікроклімату, передбачені наступні рішення по кондиціюванню:

- запроектована система кондиціювання для офісних, адміністративних приміщень, конференц-залів, холів на базі 4-х трубної системи фанкойлів, для підтримання оптимальних температурних умов в приміщеннях;
- в приміщенні серверної передбачено окрему систему кондиціювання на базі спліт-систем (1 робочий, 1 резервний).

Рішення по встановленню системи кондиціювання прийняті на основі розрахунку теплонадходжень до приміщень. В розрахунках прийняті нормовані оптимальні параметри внутрішнього повітря в приміщеннях, які мають бути обслуговані системами кондиціювання.

В якості повітропроводчиків використані повітропроводчики каналного типу.

Для виконання робіт передбачено використання матеріалів та комплектуючих, що відповідають існуючим пожежним нормам та правилам безпечної експлуатації обладнання та будівель.

Магістральні трубопроводи і стояки до Ду100 передбаченні зі сталевих труб системи KAN-therm Steel, а більше Ду100 - зі сталевих електрозварних труб за ДСТУ 8943:2019 (ГОСТ 10704-91).

Підводки до фанкойлів та припливно-витяжних систем виконати з труб PP-R (оптична) зі скловолокном SDR 7,4.

Біля кожного фанкойлу передбачено запірну та балансувальну арматуру та регулюючий клапан з електроприводом відповідно до погодженого вузла регулювання тепло/ холодоносія. В якості регулюючої арматури прийнята арматура фірми Danfoss.

Для відведення конденсату від внутрішніх блоків системи кондиціювання передбачено встановлення системи дренажу. Дренажні трубопроводи

Інв. № поділ.	Підпис і дата					Зам. інв. №
Зм.	Кільк.	Аркуш	№ док.	Підпис	Дата	Аркуш
						81

1. Загальні положення

Інв. №поділ.	Підпис і дата	Зам. інв. №

Зм.	Кільк.	Аркуш	№док.	Підпис	Дата
-----	--------	-------	-------	--------	------

відкритої установки назовні, а також виконання зі ступенем захисту корпусу двигуна не менш ніж “IP 45”.

Для захисту обладнання, яке встановлено відкрито, передбачити заходи від зовнішнього втручання сторонніх осіб та захист від дії атмосферного впливу.

Повітропроводи витяжних систем вентиляції санвузлів повинні бути виконані з оцинкованої сталі класу щільності “С”. Повітропроводи всіх інших припливних та витяжних систем вентиляції можуть бути виконані з оцинкованої сталі класу “В” за ДБН В.2.5-67 2013.

Для надходження припливу із суміжних приміщень або коридору до приміщення, для якого передбачена така подача припливу (сан.вузли, т.п.), двері або стіни повинні бути оснащені аераційними жалюзійними ґратками для перепливу повітря, а при влаштуванні ґраток у перегородках типу 1, треба ще додатково встановити вогнезатримуючий клапан, вогнетривкість якого “EI 120”.

Для вирівнювання електричних потенціалів між паралельними повітропроводами передбачено:

- установлення поперечних шунтувальних перемичок та приєднання до основної системи зрівняння потенціалів за допомогою мідного дроту перерізом 10мм²;
- установлення електроізолюючих фланців, зачищення болтів та встановлення шунтувальних перемичок із мідного дроту перерізом 10мм² в обхід цих фланців.

На магістральних трубопроводах передбачається встановлення металевих хомутів для підключення до системи вирівнювання електричних потенціалів.

Моніторинг роботи систем опалення, вентиляції та кондиціонування у висотних будівлях передбачено здійснювати з (ЦПУБ) диспетчерської.

Для забезпечення надійної та безпечної експлуатації систем опалення та вентиляції проектом повинні бути визначені служби експлуатації та ремонту систем.

Інв. № поділ.	Підпис і дата	Зам. інв. №							Аркуш
									85
			Зм.	Кільк.	Аркуш	№док.	Підпис	Дата	

Штати служби експлуатації, обслуговування й ремонту систем можуть бути змінені по потребі технології експлуатації.

12.2. Загальні рішення по шумозахисту

З метою запобігання шуму, що виникає у години праці вентиляційних систем, у проекті передбачені такі заходи:

- вентилятори монтуються до будівельних конструкцій через віброізолювані вставки;
- з'єднання вентиляторів з повітроводами здійснене на гнучких вставках;
- вентиляційне обладнання й генератори холоду установлені поза приміщеннями, які вони обслуговують;
- вентиляційні системи, які проєктовані з каналними вентиляторами і встановлені у підвісних стелях приміщень, мають рівень утворюваного ними шуму до довкілля не вище 55Дб(А), а до обслугованого приміщення не вище 45Дб(А);
- на повітропроводах систем вентиляції встановлюються глушники шуму.

Швидкість повітря в повітропроводах і в ґратках, а також води в трубопроводах не перевищують нормативні.

Всі приміщення венткамер, ІТП, ХНС звукоізолювані, фундаменти під обладнанням виконуються плаваючі. На робочій стадії проекту будуть виконані уточненні розрахунки звукового тиску та вжиті всі необхідні заходи щодо його зменшення. Після проведення пуско-налагоджувальних робіт будуть виконані вимірювання звукового тиску і при необхідності вжиті додаткові заходи для забезпечення шуму до нормативних значень.

12.3. Загальні рішення по протипожежній безпеці

В даному проекті передбачено наступні заходи по протипожежній безпеці:

Інв. № поділ.	Підпис і дата	Зам. інв. №							Аркуш
									86
Зм.	Кільк.	Аркуш	№ док.	Підпис	Дата				

- прокладання повітроводів від вентиляційних установок (припливних та витяжних) до поверхів та приміщень, що обслуговуються, виконано, як для транзитних повітропроводів, у вертикальних, захищених від вогню, шахтах. Шахти виконані з будівельних конструкцій з межею вогнетривкості, яка нормована, але не менша за EI 45 для стін шахт. Шахти для прокладання повітропроводів закладені у будівельній частині проекту.
- В місцях проходу комунікацій крізь будівельні конструкції з нормованою межею вогнестійкості проектом передбачаються вентиляційні та сантехнічні проходки з закладанням отворів негорючими матеріалами.
- транзитні повітроводи, які прокладаються поза шахтами, по всій довжині виконуються з межею вогнетривкості EI 45. На повітропроводах при перетині ними перегородок 1 типу (з венткамер та коридорів до приміщень, що обслуговуються) встановлюються вогнезатримуючі клапани з електроприводом, вогнетривкість яких нормована EI120. Магістральні трубопроводи всіх систем опалення, ізольовані спеціальними вогнетривкими конструкціями на базі виробів, що мають сертифікат груп горючості НГ.

Протипожежні нормально відкриті клапани встановлюються в прорізах протипожежної перешкоди або поза перешкодою (з будь-якої сторони) за умови забезпечення класу вогнестійкості ділянки повітропроводу від перешкоди до заслінки клапана не менше нормованого класу вогнестійкості протипожежної перешкоди, що перетинається.

12.4. Автоматизація систем опалення і вентиляції

Окремі, комплектні з імпортованим обладнанням, прилади і системи автоматизації для опалення і вентиляції можуть бути частково, або повністю поставлятися разом із замовленим обладнанням.

Системами автоматизації опалення, вентиляції і кондиціонування для комплексу проектованої споруди у проекті розділу “ОВ” слід забезпечити:

Інв. № подл.	Підпис і дата					Зам. інв. №
Зм.	Кільк.	Аркуш	№ док.	Підпис	Дата	
						Аркуш
						87

- Регулювання відпуску тепла у нагрівачах припливно-витяжних і припливних вентиляційних агрегатів з регулюванням температури припливного повітря, яке готують системи, по потрібній і заданій споживачем температурі у повітроводі або у приміщенні.
- Автоматичне блокування відкриття засувки на зовнішньому повітрі з роботою вентиляційних агрегатів систем припливної та припливно-витяжної вентиляції.
- Захист у зимовий час від замороження нагрівачів повітря систем припливної та припливно-витяжної вентиляції.
- Регулювання (у потрібному і попередньо заданому споживачем режимі) відпуску тепла звичайними місцевими опалювальними приладами й температури повітря в приміщеннях у різних режимах відповідно до періоду року та до часу доби.
- Автоматичне дистанційне відключення всіх агрегатів вентиляційних систем будівлі при надходженні сигналу про пожежу.
- Автоматичне дистанційне закриття всіх вогнезатримуючих клапанів з електромагнітним приводом на повітроводах всіх систем припливу і витяжки (основні клапани показані на принципових схемах систем) при надходженні сигналу про пожежу.

Сигналізація про роботу вентиляційних систем, по узгодженню із замовником, може бути виведена на пункти охорони або у центральні диспетчерські.

Інв. № поділ.	Підпис і дата					Зам. інв. №
Зм.	Кільк.	Аркуш	№ док.	Підпис	Дата	
						Аркуш
						88

Використана література

1. ДСТУ Б А.2.2-12:2015 «ЕНЕРГЕТИЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ БУДІВЕЛЬ. Метод розрахунку енергоспоживання при опаленні, охолодженні, вентиляції, освітленні та гарячому водопостачанні».
2. ДСТУ-Н Б А.2.2-5:2007 «Настанова з розроблення та складання енергетичного паспорта будинків при новому будівництві та реконструкції».
3. ДСТУ-Н Б В.1.1-27:2010 «Будівельна кліматологія».
4. ДСТУ Б В.2.6-189:2013 «Методи вибору теплоізоляційного матеріалу для утеплення будівель».
5. ДСТУ Н Б А.2.2-5:2007 «Настанова з розробки енергетичного паспорта».
6. ДСТУ Б А.2.4-4:2009 «Основні вимоги до проектної та робочої документації».
7. ДСТУ Б EN 13779:2011 «Вентиляція громадських будівель. Вимоги до виконання систем вентиляції та кондиціонування будівель».
8. ДБН В.2.6-31:2021 «Теплова ізоляція та енергоефективність будівель».
9. ДБН В.2.6-31:2006 «Конструкція будинків і споруд. Теплова ізоляція будівель».
10. ДБН В. 2.5-67:2013 «Опалення, вентиляція та кондиціонування».
11. ДБН В.2.5-77:2014 «Котельні».
12. ДБН В.2.2-28:2010 « Будинки адміністративного та побутового призначення».
13. Дорошенко , А., & Кириченко , М. (2024). ДОСЛІДЖЕННЯ ЛІНІЙНИХ НЕОДНОРІДНИХ ВКЛЮЧЕНЬ ЗОНИ ПРИМИКАННЯ ДО НЕСУЧОЇ ПЛИТИ ДЛЯ БУДІВЕЛЬ З МЕТАЛОКАРКАСУ. Матеріали конференцій МНЛ, (26 квітня 2024 р., м. Одеса), 288–291.
14. Шаповал, О., Чепурна, Н., & Кириченко, М. (2021). Аналіз ефективності роботи повітряного теплового насоса залежно від коливань температури

Інв. № подл.	Підпис і дата	Зам. інв. №							Аркуш
									89
Зм.	Кільк.	Аркуш	№ док.	Підпис	Дата				

зовнішнього повітря. Вентиляція, освітлення та теплогазопостачання, 37, 24–30. <https://doi.org/10.32347/2409-2606.2021.37.24-30>.

15.Пасічник, П. О., Габа, К. О., & Кириченко, М. А. (2021). Експериментальне визначення електротехнічних характеристик комбінованого сонячно-електричного повітрянагрівача. *Вентиляція, освітлення та теплогазопостачання*, 36, 15–20. <https://doi.org/10.32347/2409-2606.2021.36.15-20>.

16.Podenezhko, Y., Kirichenko, M., Cherpurna, N., & Cherpurnyi V. (2019). Дослідження опалювальних приладів на основі фазового переходу першого роду. *Вентиляція, освітлення та теплогазопостачання*, (31), 63–70. <https://doi.org/10.32347/2409-2606.2019.31.63-70>

17.Жуковецька Л. С., Слушна Н. В. CFD-моделювання руху холодоагенту по трубопроводу мультизональної системи кондиціонування повітря. *Automation of technological and business processes*. 2019. Том 11. № 4. С. 10-16.

18.Корбут В., Ткаченко Т., Мілейковський В., Вахула В., Коновалюк В. Оцінювання формування комфортних теплових умов і чистоти повітря зональними місцево-центральними системами кондиціонування повітря і санаційним фітодизайном. *Вентиляція, освітлення та теплогазопостачання*. 2023. вип. 45. С. 5-20. URL: <https://doi.org/10.32347/2409-2606.2023.45.5-20>

19.Корбут В., Мілейковський В. Повітророзподілення опуклими напівобмеженими струминами при вентиляції з постійною витратою повітря. *Вентиляція, освітлення та теплогазопостачання: науково-технічний збірник*, 2021. – Вип. 36. – С. 37-50. <https://doi.org/10.32347/2409-2606.2021.36.37-50>

20.Pohosov,O., Skochko, V., Solonnikov, V., Kyrychenko, M., & Cherpurna, N. (2024). Passive individual residential building overview and concept for a continental temperate climate. *Architectural Studies*, 10(2), 14-24. doi: 10.56318/as/2.2024.14.

Зам. інв. №						Аркуш
Підпис і дата						90
Інв. № подл.						
Зм.	Кільк.	Аркуш	№док.	Підпис	Дата	

Інв. №поділ.	Підпис і дата	Зам. інв. №

Зм.	Кільк.	Аркуш	№док.	Підпис	Дата