

**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:

«Енергоефективні системи тепло- холод постачання офісного центру»

**Битюцький Юрій Анатолійович**

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**

«Енергоефективні системи тепло- холод постачання офісного центру»

Виконав: **Битюцький Юрій Анатолійович**

144 Теплоенергетика

Енергетичний менеджмент, енергоефективні  
муніципальні та промислові теплові технології

Група ТЕ

Керівник: Кириченко М. А.,  
доцент, канд. техн. наук

*Ідентичність підтверджую*

Київ 2025 р.

**КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
БУДІВНИЦТВА І АРХІТЕКТУРИ**

Факультет: Інженерних систем та екології

Випускова кафедра: Теплотехніки

Освітній ступінь: Магістр

Спеціальність: 144 Теплоенергетика

Освітня програма: Енергетичний менеджмент, енергоефективні  
муніципальні та промислові теплові технології

**ЗАТВЕРДЖУЮ**

Завідувач кафедри

\_\_\_\_\_” \_\_\_\_\_ 2025 року

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

**БИТЮЦЬКИЙ Юрій**

1. Тема роботи «Енергоефективні системи тепло- холод постачання офісного центру», 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. Аналіз теплового режиму будівлі.
  - Р. 2. Теплопостачання
  - Р. 3. Холод постачання.
  - Р. 4. Автоматизація.

- Р. 5. Енергозбереження.
- Р. 6. Сертифікація за стандартами LEED.
- Р. 7. Перспективи розвитку енергозабезпечення офісного комплексу.

5. Графічний матеріал за розділами:

- Р. 1. Офісний центр.
- Р. 2. Схема тепло- холод постачання на базі теплових насосів типу «повітря-вода».
- Р. 3. Теплова схема котельні.
- Р. 4. План покрівлі .
- Р. 5. Режим роботи теплового насосу в залежності від пори року.
- Р. 6. Структура системи диспетчеризації існуючого комплексу.
- Р. 7. Сертифікат LEED.
- Р. 8. Генплан. Перспективи розвитку офісного комплексу.
- Р. 9. План майбутньої архітектури з урахуванням інженерних рішень.
- Р. 10. Перспективи розвитку енергозабезпечення офісно-промислового комплексу на 2025-2027 рр.
- Р. 11. Когенераційна установка.
- Р. 12. Перспективи розвитку енергозабезпечення офісно-промислового комплексу після 2030 рр.

Календарний план виконання роботи:

Види робіт та їх зміст	Дата виконання
Розділ 1. Аналіз теплового режиму будівлі.	2025
Розділ 2 Теплопостачання.	2025
Розділ 3. Холод постачання	2025
Розділ 4 Автоматизація	2025
Розділ 5. Енергозбереження	2025
Розділ 6. Сертифікація за стандартами LEED	2025
Розділ 7. Перспективи розвитку енергозабезпечення офісного комплексу	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.			

Дата видачі завдання \_\_\_\_\_

Зав. кафедри \_\_\_\_\_ Кириченко М.А.  
(підпис) (прізвище, ініціали)

Керівник \_\_\_\_\_ Кириченко М.А.  
(підпис) (прізвище, ініціали)

Здобувач \_\_\_\_\_ Битюцький Ю.А.  
(підпис) (прізвище, ініціали)

## ЗМІСТ

ВСТУП.....	3
ВИХІДНІ ДАНІ .....	7
РОЗДІЛ 1. АНАЛІЗ ТЕПЛООВОГО РЕЖИМУ БУДІВЛІ .....	15
1.1. Теплотехнічні розрахунки .....	16
1.2. Визначення тепловтрат у приміщеннях.....	19
1.3 Визначення теплонадходжень .....	223
РОЗДІЛ 2. ТЕПЛОПОСТАЧАННЯ.....	25
2.1. Розробка проєктних рішень для теплопостачання.....	26
2.2. Розрахунок розширювальних баків.....	29
2.3. Вибір та розрахунок теплолічильника.....	31
2.4. Розрахунки для забезпечення роботи газового обладнання котельні .....	34
РОЗДІЛ 3. ХОЛОДОПОСТАЧАННЯ .....	36
3.1. Розробка проєктних рішень з організації холодопостачання .....	37
3.2. Вибір типу системи та його обґрунтування .....	38
3.3. Підбір та розрахунок основного холодильного обладнання.....	39
РОЗДІЛ 4. АВТОМАТИЗАЦІЯ.....	46
РОЗДІЛ 5. ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ.....	54
РОЗДІЛ 6. СЕРТИФІКАЦІЯ ЗА СТАНДАРТОМ LEED. ПЕРСПЕКТИВНИЙ ЕТАП .....	57
РОЗДІЛ 7. ПЕРСПЕКТИВИ РОЗВИТКУ ЕНЕРГОЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ОФІСНОГО КОМПЛЕКСУ.....	65
7.1. Когенераційні установки на теплогерелах .....	66
7.2. Когенераційна установка для першого етапу модернізації даного комплексу .....	70
7.3. Перспективи розвитку .....	78
ЛІТЕРАТУРА .....	83

						ПЗ	Арк.
							2
Зм.	Кільк.	Зак.	№ док.	Підпис	Дата		

## ВСТУП

						ПЗ	Арк.
							3
Зм.	Кільк.	Зак.	№ док.	Підпис	Дата		

## Вступ

Відповідно до завдання кваліфікаційної магістерської роботи, архітектурно-планувального рішення та чинних будівельних норм, було розроблено проєкт систем тепло- і холодопостачання для офісної будівлі, розташованої в місті Києві. Проведено техніко-економічний аналіз варіантів систем постачання тепла й холоду, за результатами якого обрано найбільш ефективне рішення, а також здійснено оцінку його ефективності та подальші перспективи розвитку.

Основні джерела шкідливих факторів у громадських приміщеннях — це надлишкове тепло та волога, які утворюються внаслідок присутності людей, технологічних процесів, а також, меншою мірою, від роботи офісного обладнання. Для забезпечення комфортного перебування різних груп користувачів у приміщеннях адміністративного та офісного призначення важливо підтримувати оптимальні мікрокліматичні умови.

Внутрішні інженерні системи мають бути спроектовані таким чином, щоб забезпечувати встановлені параметри мікроклімату, дотримання допустимого рівня шуму, а також зручність керування й контролю за їхньою роботою.

Для підтримання оптимальних внутрішніх кліматичних умов у приміщеннях і для забезпечення численних споживачів холодною потужністю передбачена система холодопостачання.

Усі технічні рішення приймалися на основі діючих нормативно-правових документів, зокрема:

- ДСТУ-НБВ.1.1-27:2010 – «Будівельна кліматологія»;
- ДБН В.2.6-31:2021 – «Теплова ізоляція будівель»;

						ПЗ	Арк.
							4
Зм.	Кільк.	Зак.	№ док.	Підпис	Дата		

- ДБН В.2.5-67:2013 – «Опалення, вентиляція та кондиціонування»;
- ДБН В.2.2-9:2018 – «Громадські будівлі та споруди. Основні положення»;
- ДБН В.1.2-10:2008 – «Основні вимоги до будівель і споруд. Захист від шуму»;
- ДБН В.1.1-7:2002 – «Пожежна безпека об'єктів будівництва»;
- НАПБ А.01.001-95 – «Правила пожежної безпеки в Україні».

						ПЗ	Арк.
							5
Зм.	Кільк.	Зак.	№ док.	Підпис	Дата		

## ВИХІДНІ ДАНІ

Зм.	Кільк.	Зак.	№ док.	Підпис	Дата	ПЗ	Арк.

## Вихідні дані

Проектування ведеться для офісної будівлі, що складається з трьох блоків: А, Б, В (рис. 1). У даному проекті розглядається **блок В**, який має **сім надземних поверхів**. Цокольний рівень виконує функцію відкритого паркінгу.

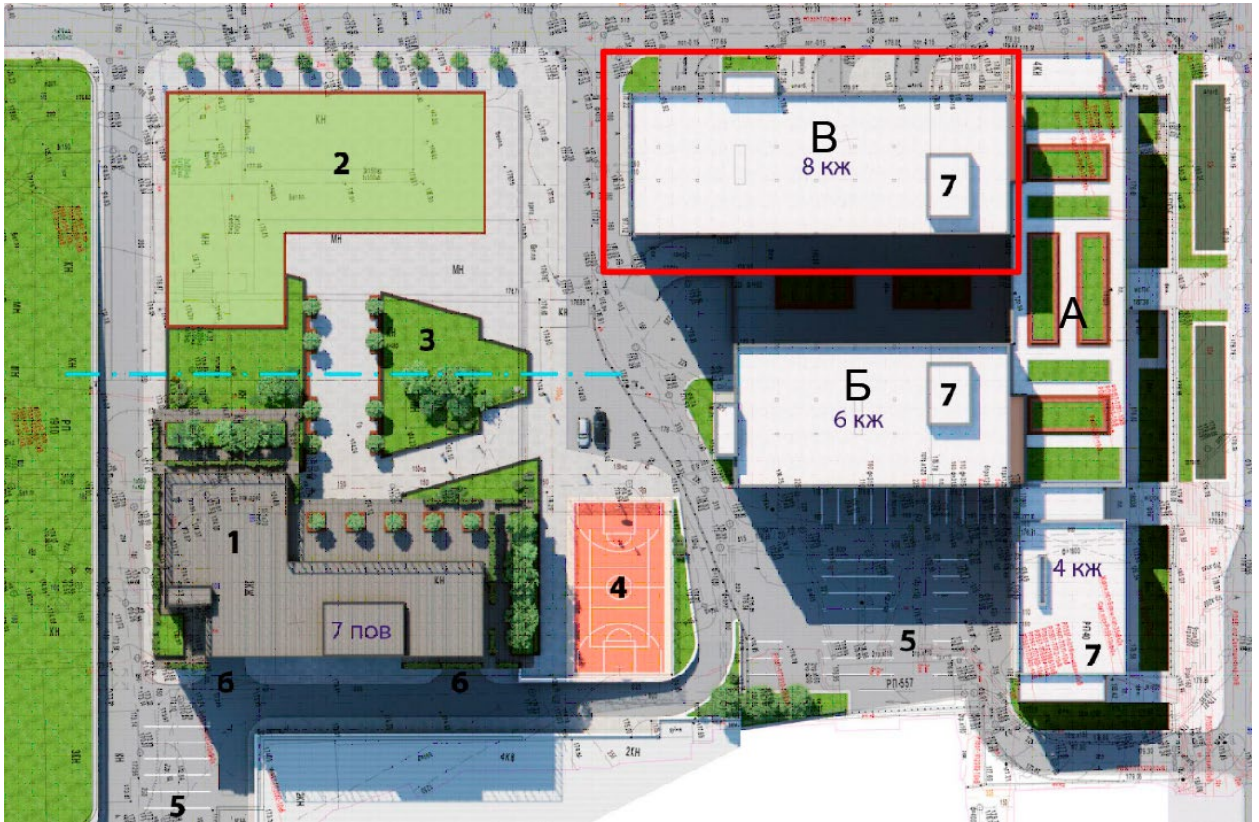


Рис. 1. Генплан

Кліматологічні дані для проекту відповідно до [2] наведені нижче:

Місце розташування об'єкту.....м. Київ;  
Географічна широта.....52 град. пн.ш.;  
Атмосферний (барометричний) тиск.....990 ГПа;  
Кліматична зона.....І;  
Тривалість опалювального періоду.....176 діб;  
Середня температура опалювального періоду.....-0,1°С.

						ПЗ	Арк.
Зм.	Кільк.	Зак.	№ док.	Підпис	Дата		7



Холодний період (ХІІ)	22 ±2	22 ±3	25–60	25–70	0,15–0,25	0,17–0,35
Теплий період (ТІІ)	24,5 ±1,5	24,5 ±2,5	25–60	25–70	0,16–0,36	0,22–0,40

Архітектурні креслення поверхів наведені нижче (рис. 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10).



Рис. 3. План паркінгу

						ПЗ	Арк.
Зм.	Кільк.	Зак.	№ док.	Підпис	Дата		9

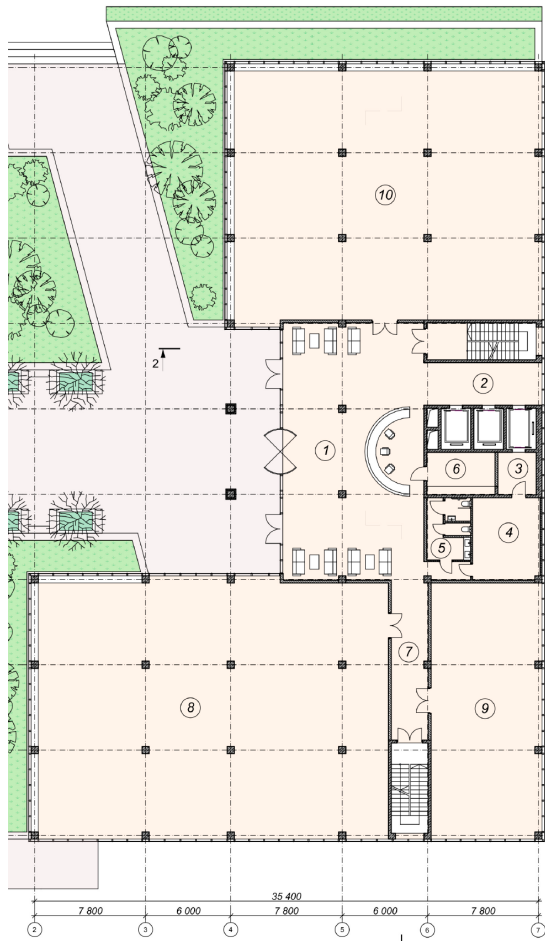


Рис. 4. План 1-го поверху

Експлікація приміщень 1-го поверху

№	Найменування приміщення	Площа/кв. м.
1	Вестибюль	178,1
2	Ліфтовий хол 1 (основний)	24,5
3	Ліфтовий хол 2	8,5
4	Технічне приміщення	27,6
5	Санвузол	14,2
6	Допоміжне приміщення	14,4
7	Коридор	28,7
8	Офісне приміщення	456,8
9	Офісне приміщення	140,4
10	Офісне приміщення	396,4
		<b>1289,6</b>

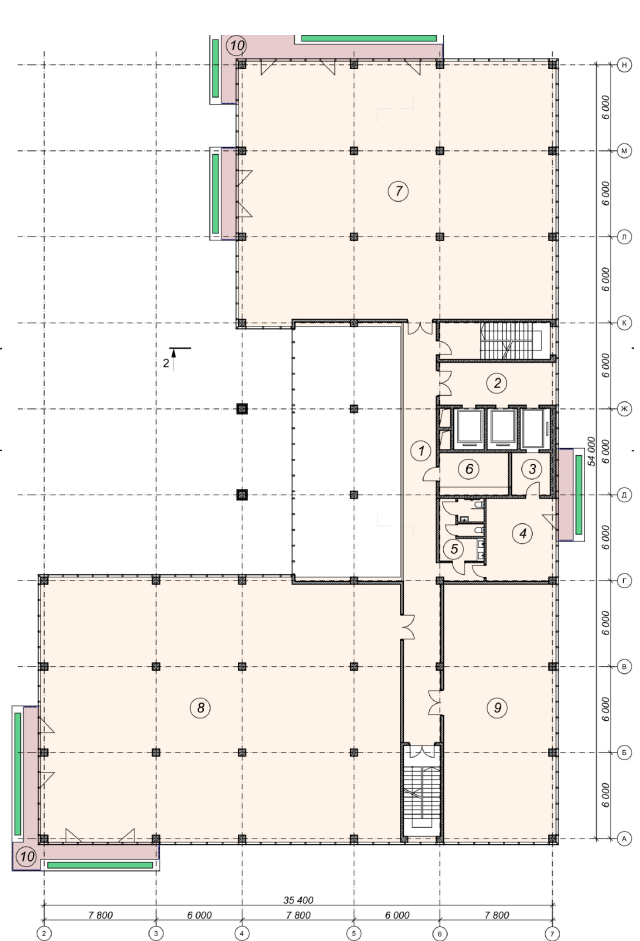


Рис. 5. План 2-го поверху

Експлікація приміщень 2-го поверху

№	Найменування приміщення	Площа/кв. м.
1	Хол, Коридор	71,1
2	Ліфтовий хол 1 (основний)	24,5
3	Ліфтовий хол 2	8,5
4	Технічне приміщення	27,6
5	Санвузол	14,2
6	Технічне приміщення	14,4
7	Офісне приміщення	396,4
8	Офісне приміщення	456,8
9	Офісне приміщення	159,6
10	Балкон	
		<b>1173,1</b>

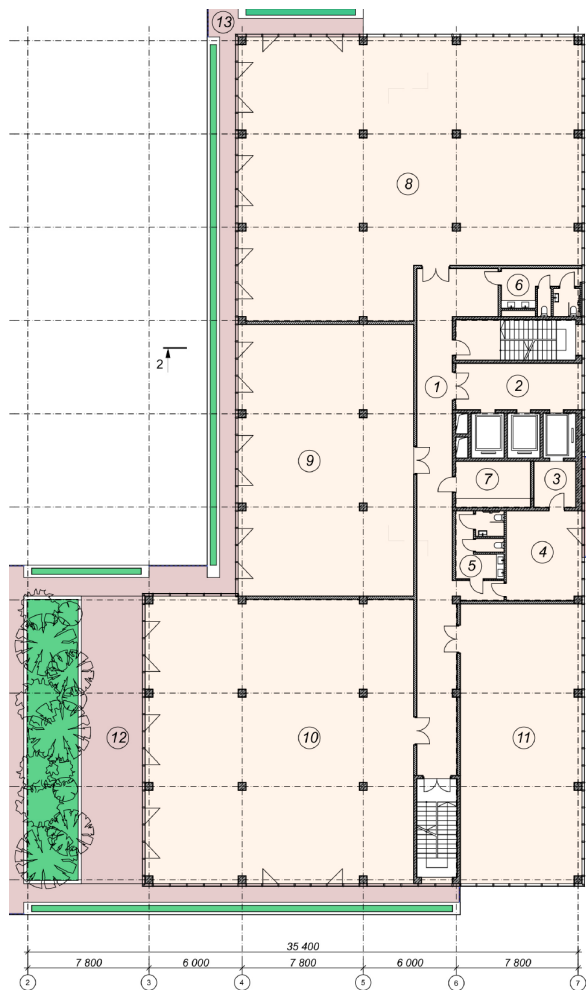


Рис. 6. План 3-го поверху

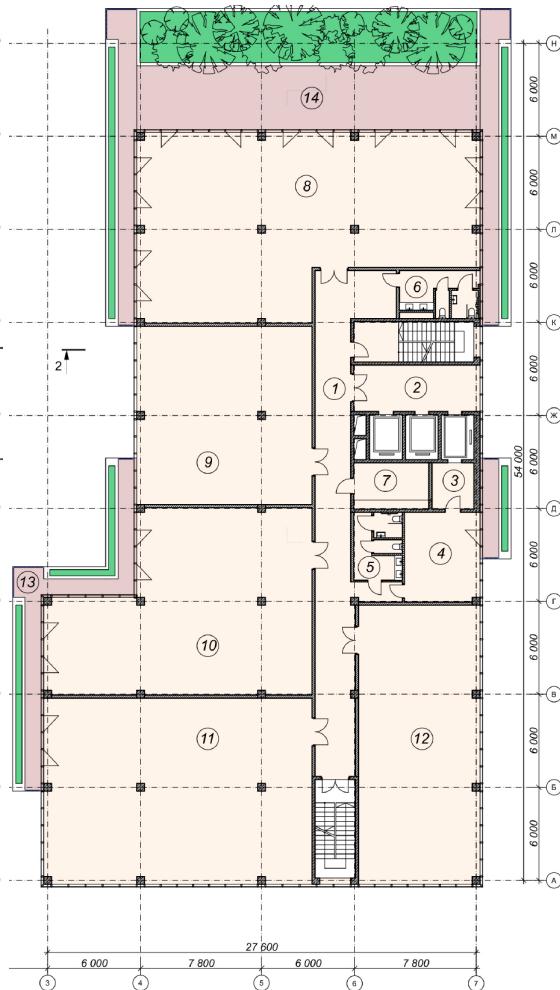


Рис. 7. План 4-го поверху

Експлікація приміщень 3-го поверху

№	Найменування приміщення	Площа/кв.м.
1	Хол, Коридор	91,1
2	Ліфтовий хол 1 (основний)	24,5
3	Ліфтовий хол 2	8,5
4	Технічне приміщення	27,6
5	Санвузол	14,2
6	Санвузол	14,2
7	Технічне приміщення	14,4
8	Офісне приміщення	362,2
9	Офісне приміщення	196,7
10	Офісне приміщення	314,9
11	Офісне приміщення	139,6
12	Тераса	
13	Балкон	
		<b>1207,9</b>

Експлікація приміщень 4-го поверху

№	Найменування приміщення	Площа/кв.м.
1	Хол, Коридор	91,1
2	Ліфтовий хол 1 (основний)	24,5
3	Ліфтовий хол 2	8,5
4	Технічне приміщення	27,6
5	Санвузол	14,2
6	Санвузол	14,2
7	Технічне приміщення	14,4
8	Офісне приміщення	230,6
9	Офісне приміщення	129,4
10	Офісне приміщення	173,0
11	Офісне приміщення	206,1
12	Офісне приміщення	139,6
13	Балкон	
14	Тераса	
		<b>1073,1</b>

Зм.	Кільк.	Зак.	№ док.	Підпис	Дата

ПЗ

Арк.

11



Рис. 8. План 5-го поверху

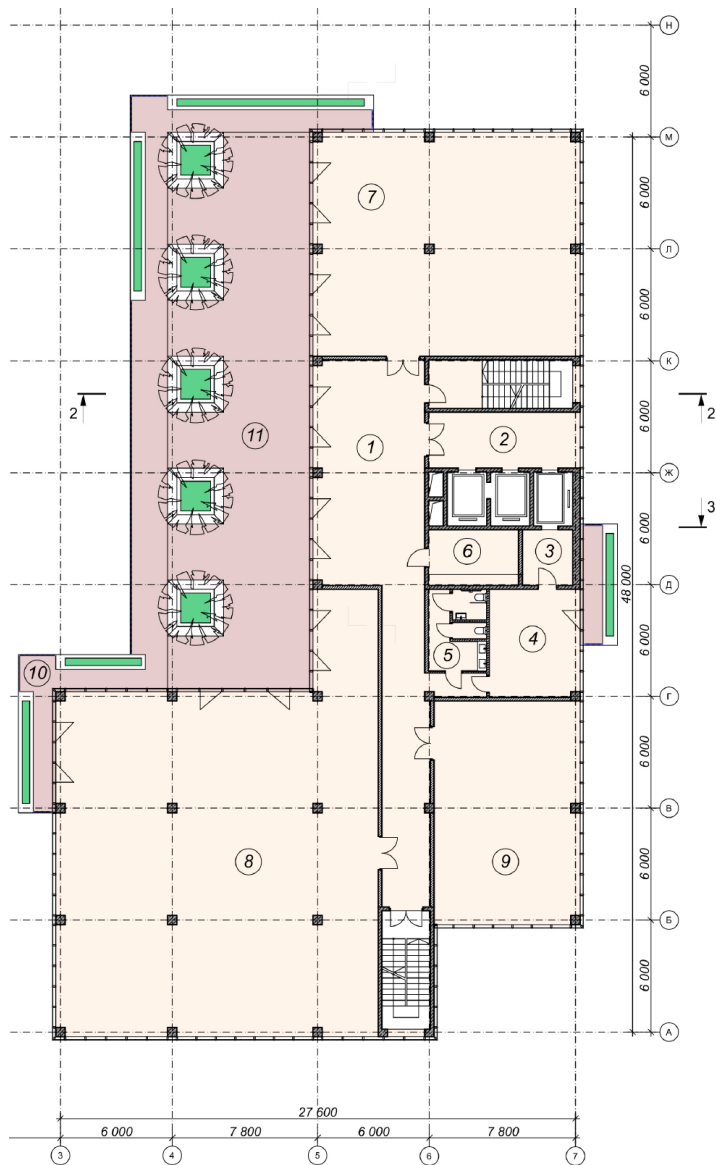
Рис. 9. План 6-го поверху

Експлікація приміщень 5-го поверху

№	Найменування приміщення	Площа/кв.м.
1	Хол, Коридор	91,1
2	Ліфтовий хол 1 (основний)	24,5
3	Ліфтовий хол 2	8,5
4	Технічне приміщення	27,6
5	Санвузол	14,2
6	Санвузол	14,2
7	Технічне приміщення	14,4
8	Офісне приміщення	230,6
9	Офісне приміщення	129,4
10	Офісне приміщення	173,0
11	Офісне приміщення	206,1
12	Офісне приміщення	139,6
13	Балкон	
		<b>1073,2</b>

Експлікація приміщень 6-го поверху

№	Найменування приміщення	Площа/кв.м.
1	Хол, Коридор	91,1
2	Ліфтовий хол 1 (основний)	24,5
3	Ліфтовий хол 2	8,5
4	Допоміжне приміщення	27,6
5	Санвузол	14,2
6	Санвузол	14,2
7	Технічне приміщення	14,4
8	Офісне приміщення	230,6
9	Офісне приміщення	129,4
10	Офісне приміщення	173,0
11	Офісне приміщення	206,1
12	Офісне приміщення	93,1
13	Балкон	
14	Тераса	
		<b>1026,7</b>



**Експлікація приміщень 7-го поверху**

№	Найменування приміщення	Площа/кв.м.
1	Хол, Коридор	119,0
2	Ліфтовий хол 1 (основний)	24,5
3	Ліфтовий хол 2	8,5
4	Технічне приміщення	27,6
5	Санвузол	14,2
6	Технічне приміщення	14,4
7	Офісне приміщення	170,1
8	Офісне приміщення	336,5
9	Офісне приміщення	93,1
10	Балкон	
11	Тераса	
		<b>807,9</b>

Рис. 10. План 7-го поверху

						ПЗ	Арк.
Зм.	Кільк.	Зак.	№ док.	Підпис	Дата		13

**РОЗДІЛ 1**  
**АНАЛІЗ ТЕПЛОВОГО РЕЖИМУ БУДІВЛІ**

						ПЗ	Арк.
							14
Зм.	Кільк.	Зак.	№ док.	Підпис	Дата		

## 1.1 Теплотехнічні розрахунки

**Кліматичні умови та теплофізичні розрахунки огорожувальних конструкцій.**

Відповідно до [2], для м. Києва у холодний період року встановлені такі кліматичні характеристики:

- середня температура найбільш холодної п'ятиденки  $t_{\text{ext}} = -22^{\circ}\text{C}$  з імовірністю 0,92;
- тривалість опалювального періоду  $Z_{\text{oc}}=176$  діб (при середньо добовій температурі зовнішнього повітря  $t_{\text{ext5}} \leq 8^{\circ}\text{C}$ );
- середня температура зовнішнього повітря  $t_{\text{o.c.}} = -0,1^{\circ}\text{C}$  протягом опалювального сезону;
- кількість градусо-діб опалювального періоду. Розраховується за формулою:

$$S = (t_{\text{вн}} - t_{\text{o.c.}}) \times Z_{\text{o.c.}} = (22 + 0,1) \times 176 = 3890 \text{ градусо-діб} \quad (1.1)$$

де  $t_{\text{вн}}$  - розрахункова температура внутрішнього повітря,  $^{\circ}\text{C}$ , в холодну пору року (ХП):

Згідно із [2, 3], місто Київ належить до **нормальної зони вологості (Н)**. Тип вологісного режиму приміщення в зимовий період визначається відповідно до параметрів внутрішнього мікроклімату — температури та відносної вологості повітря.

Якщо температура внутрішнього повітря знаходиться в межах  $12^{\circ}\text{C} < t_{\text{вн}} < 24^{\circ}\text{C}$ , а відносна вологість становить 50–60 %, згідно з таблицею В1 [3], приміщення класифікується як таке, що має **нормальний вологісний режим**. Таким чином умови експлуатації огорожувальних конструкцій слід приймати категорії Б [3].

**Приклад розрахунку зовнішньої непрозорої огорожувальної конструкції.**

Склад зовнішньої стіни:

						ПЗ	Арк.
							15
Зм.	Кільк.	Зак.	№ док.	Підпис	Дата		

- Газобетонний блок товщиною  $\delta = 310$  мм, густиною  $\rho_0 = 1000$  кг/м<sup>3</sup>,  $\lambda_0 = 0,5$  Вт/(м К):

$$R_i = \frac{\delta_i}{\lambda_{ip}} = \frac{0,31}{0,5} = 0,62 \text{ м}^2\text{С/Вт.}$$

- Утеплювач «Техноніколь» товщиною  $\delta = 100$  мм, густиною  $\rho = 35$  кг/м<sup>3</sup>,  $\lambda = 0,041$  Вт/м·К:

$$R_i = \frac{\delta_i}{\lambda_{ip}} = \frac{0,1}{0,041} = 2,44 \text{ м}^2\text{С/Вт};$$

- Утеплювач «Техноніколь» товщиною  $\delta = 50$  мм,  $\lambda = 0,041$  Вт/м·К:

$$R_i = \frac{\delta_i}{\lambda_{ip}} = \frac{0,05}{0,041} = 1,22 \text{ м}^2\text{С/Вт};$$

- плитка керамічна товщиною  $\delta = 20$  мм,  $\lambda_0 = 1,2$  Вт/(м К):

$$R_i = \frac{\delta_i}{\lambda_{ip}} = \frac{0,02}{1,2} = 0,017 \text{ м}^2\text{С/Вт.}$$

Мінімально допустимий опір теплопередачі:

$$R_{qmin} = 4 \text{ м}^2\text{С/Вт};$$

$$\alpha_b = 8,7 \text{ Вт/(м}^2\text{ С)}; \alpha_3 = 23 \text{ Вт/(м}^2\text{ С)}.$$

**Визначаємо загальний опір теплопередачі:**

$$R_{\Sigma} = \frac{1}{8,7} + 0,62 + 2,44 + 1,22 + 0,017 + \frac{1}{23} = 4,45 \text{ м}^2\text{С/Вт.}$$

$$R_{\Sigma} = 4,45 \times 0,95 = 4,23 > R_{qmin} = 4 \text{ м}^2\text{С/Вт,}$$

Це свідчить про відповідність зовнішньої стіни чинним нормативним вимогам.

Зображення зовнішньої стіни представлено на рис.1.1.

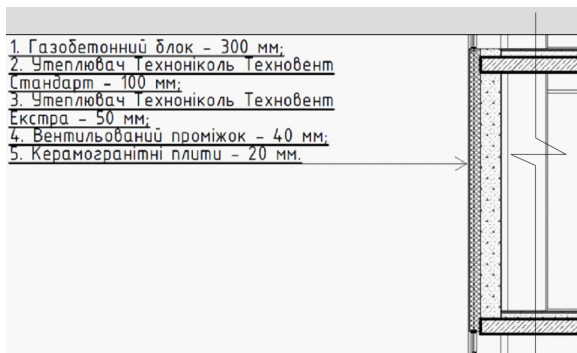


Рис.1.1 Зовнішня стіна

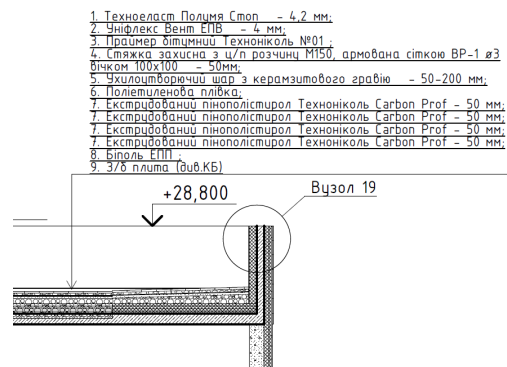


Рис.1.2. Перекриття

									Арк.
									16
Зм.	Кільк.	Зак.	№ док.	Підпис	Дата				

### Приклад розрахунку зовнішньої непрозорого перекриття.

Склад перекриття:

- Гідроізоляційний шар товщиною  $\delta = 5$  мм, теплопровідністю  $\lambda_0 = 0,17$  Вт/(м С);
- Стяжка армована товщиною  $\delta = 60$  мм, теплопровідністю  $\lambda_0$  Вт/(м С)  $= 0,93$  Вт/(м С) ;
- Шар гравію товщиною  $\delta = 50$  мм, теплопровідністю  $\lambda_0 = 0,13$  Вт/(м С);
- Пароізоляційна плівка;
- Утеплювач - 5 шари мінеральної вати Техноніколь – 50 мм;  
 $\lambda_0 = 0,041$  Вт/(м С) ;
- Залізобетонна плита товщиною  $\delta = 300$  мм; теплопровідністю  $\lambda_0 = 2,04$  Вт/(м С);

$$R_{\Sigma i} = \frac{\delta_{\Sigma i}}{\lambda_{\Sigma i p}} = \frac{0,005}{0,017} + \frac{0,060}{0,93} + \frac{0,050}{0,13} + \frac{0,25}{0,041} + \frac{0,3}{2,04} = 6,99 \text{ м}^2\text{С/Вт}$$

$$R_{\Sigma} = \frac{1}{8,7} + 6,99 + \frac{1}{23} = 7,14$$

$$R_{\Sigma} = 7,14 \times 0,95 = 6,8 \text{ м}^2\text{К/Вт} = R_{qmin}$$

Це свідчить про відповідність значення загального опору теплопередачі перекриття чинним нормативним вимогам.

Аналогічні розрахунки проводяться для:

- **розрахунок підлоги по ґрунту;**
- **розрахунок внутрішньої стіни;**
- **вікна;**
- **вхідні двері.**

Результати теплотехнічного розрахунку зводимо до таблиці 1.2 .

						ПЗ	Арк.
							17
Зм.	Кільк.	Зак.	№ док.	Підпис	Дата		

Таблиця 1.2. Характеристики огорожувальних конструкцій

Найменування огорожувальної конструкції	Опір теплопередачі, $\text{м}^2 \cdot \text{°C} / \text{Вт}$ $R_{q \text{ min}}$	Опір теплопередачі, $\text{м}^2 \cdot \text{°C} / \text{Вт}$ $R_{\text{ заг}}$	Коефіцієнт теплопередачі $K$ , $\text{Вт} / \text{м}^2 \cdot \text{°C}$	Товщина конструкції $\delta_{\text{ заг}}$ , мм
Зовнішня стіна	4	4,23	0,236	480
Переkritтя	6,0	6,8	0,15	364
Підлога по ґрунту:				
I зона	2,1	3,5	0,28	354
II зона	4,3	5,7	0,17	354
III зона	8,6	10,0	0,1	354
IV зона	14,2	15,63	0,06	354
Внутрішня стіна	-	1,06	0,94	95
Вікна	0,75	0,8	1,22	-
Вхідні двері	0,7	0,7	2,0	-

## 1.2. Визначення тепловтрат у приміщеннях

Загальні тепловтрати -  $\sum Q_{\text{втр.}} = Q_{\text{пр.оп}} + Q_{\text{інф}} R_o$ .

Теплові втрати через зовнішні огорожувальні елементи -

$$Q_{\text{огр}} = F(t_{\text{вн}} - t_{\text{з}}^{\text{Б}})(1 + \sum \beta)n / R_o.$$

Втрати тепла, пов'язані з підігрівом повітря, що потрапляє до приміщення через інфільтрацію, -  $Q_{\text{інф}} = 0,28 \cdot \sum G_i \cdot c \cdot (t_{\text{роз}} - t_{\text{зовн}})$ .

$$\text{Тепловтрати в режимі вентиляції} - Q_{\text{в.в}} = Q_{\text{оп}} \frac{t_{\text{в.в}} - t_{\text{ext}}^{\text{Б}}}{t_{\text{о.п}} - t_{\text{ext}}^{\text{Б}}}$$

Схематичне розміщення будівлі, що проектується, та його орієнтація подані на рис. 1.3.

						ПЗ	Арк.
							18
Зм.	Кільк.	Зак.	№ док.	Підпис	Дата		

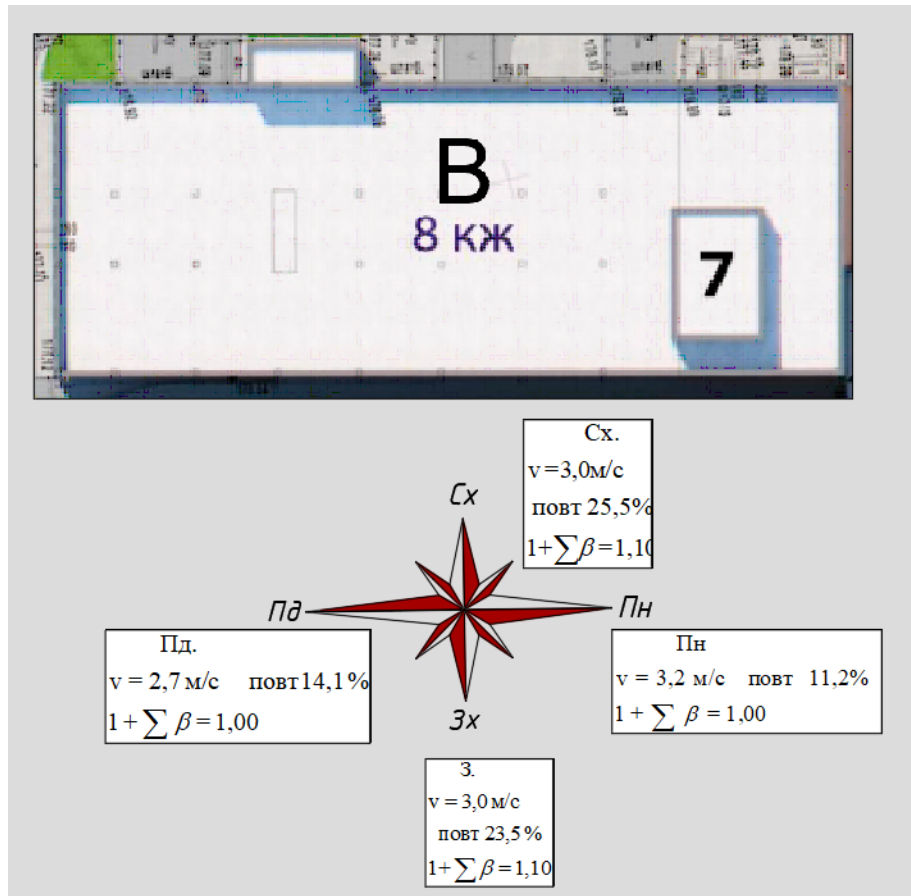


Рис. 1.3. Орієнтація будівлі, що проєктується, за сторонами світу

Розрахунок тепловтрат виконувався за допомогою ліцензійної програми **АРС-ПС** [25]. Результати розрахунку наведені в таблиці 1.3.

Таблиця 1.3. Розрахунок тепловтрат приміщень

						ПЗ	Арк.
Зм.	Кільк.	Зак.	№ док.	Підпис	Дата		19

=====  
:Поз-:Орі-:тзов.: РОЗМІРИ,м :Кіл:Коеф.: Rт : Rв : ПЛОЩА,м2 : НАДБАВКИ,% :К-ть :Тдв,:ВТРАТИ ТЕПЛА,Вт  
ПРИМІТКИ :наче:ента:пові-: X : Z :ого: n :м2.С/:м2.ч/:Огоро-:Вкля- :Орі-:Підл,:Вис :людей: ч/ :Осно-:Інфіль  
:ння :ція :тря : : Y :род: :Вт :кг :дження:чення :ент.:двері:ота : :доб.:ні :трація  
=====

Поверх=-1 ПРИМІЩЕННЯ Температура повітря в приміщенні=22С																	
Стіна газобетон	стгб	С	-22	22.5	3	1	1	4.44	9999	67.5	1.35	0	0	0	0	655.5	0
4М1-6-4М1-6-4М1(в 2Мм6	С	-22	0.9	1.5	1	1	0.78	0.2	1.35	0	0	0	0	0	0	76.15	0
Стіна газобетон	стгб	З	-22	12.5	3	1	1	4.44	9999	37.5	18.9	0	0	0	0	184.3	0
Двері зовнішні 2- дн2	З	-22	1.5	1.8	7	1	0.8	0.47	18.9	0	0	0	0	0	1040	19.25	
Стіна газобетон	стгб	Ю	-22	22.2	3	1	1	4.44	9999	66.6	0	0	0	0	0	660	0
Стіна газобетон	стгб	В	-22	12.5	3	1	1	4.44	9999	37.5	0	0	0	0	0	371.6	0
Підл по ґрунту з1+ п1+		-22	67.4	2	1	1	4.2	0	134.8	0	0	0	0	0	1580	0	
Підл по ґрунту з2+ п2+		-22	51	2	1	1	8.6	0	102	0	0	0	0	0	521.9	0	
Підл по ґрунту з3+ п3+		-22	14.1	2	1	1	17.2	0	28.2	0	0	0	0	0	72.14	0	
Ітого тепловтрати через огороження .....															5161	19.25	

Поверх=1 ПРИМІЩЕННЯ Температура повітря в приміщенні =22С																	
Стіна газобетон	стгб	С	-22	22.5	4	1	1	4.44	9999	90	0	0	0	0	0	891.9	0
Стіна газобетон	стгб	З	-22	58.7	4	1	1	4.44	9999	234.8	37.26	0	0	0	0	1958	0
4М1-6-4М1-6-4М1(в 2Мм6	З	-22	0.9	1.8	7	1	0.78	0.2	11.34	0	0	0	0	0	639.7	0	
4М1-6-4М1-6-4М1(в 2Мм6	З	-22	2.7	1.8	2	1	0.78	0.2	9.72	0	0	0	0	0	548.3	0	
4М1-6-4М1-6-4М1(в 2Мм6	З	-22	1.8	1.8	5	1	0.78	0.2	16.2	0	0	0	0	0	913.8	0	
Стіна газобетон	стгб	Ю	-22	22.2	4	1	1	4.44	9999	88.8	16	0	0	0	0	721.4	0
4М1-6-4М1-6-4М1(в 2Мм6	Ю	-22	1	2	8	1	0.78	0.2	16	0	0	0	0	0	902.6	0	
Стіна газобетон	стгб	В	-22	58.7	4	1	1	4.44	9999	234.8	38.88	0	0	0	0	1942	0
4М1-6-4М1-6-4М1(в 2Мм6	В	-22	0.9	1.8	10	1	0.78	0.2	16.2	0	0	0	0	0	913.8	0	
4М1-6-4М1-6-4М1(в 2Мм6	В	-22	2.7	1.8	2	1	0.78	0.2	9.72	0	0	0	0	0	548.3	0	
4М1-6-4М1-6-4М1(в 2Мм6	В	-22	1.8	1.8	4	1	0.78	0.2	12.96	0	0	0	0	0	731.1	0	
Підл.над проїздом пн01		-22	22.2	58.7	1	1	0.69	0	1303	0	0	0	0	0	83099	0	
Ітого тепловтрати через огороження.....															93809	0	

Поверх=2 ПРИМІЩЕННЯ Температура повітря в приміщенні =22С																	
Стіна газобетон	стгб	С	-22	22.5	4	1	1	4.44	9999	90	0	0	0	0	0	891.9	0
Стіна газобетон	стгб	З	-22	58.7	4	1	1	4.44	9999	234.8	37.26	0	0	0	0	1958	0
4М1-6-4М1-6-4М1(в 2Мм6	З	-22	0.9	1.8	7	1	0.78	0.2	11.34	0	0	0	0	0	639.7	0	
4М1-6-4М1-6-4М1(в 2Мм6	З	-22	2.7	1.8	2	1	0.78	0.2	9.72	0	0	0	0	0	548.3	0	
4М1-6-4М1-6-4М1(в 2Мм6	З	-22	1.8	1.8	5	1	0.78	0.2	16.2	0	0	0	0	0	913.8	0	
Стіна газобетон	стгб	Ю	-22	22.2	4	1	1	4.44	9999	88.8	16	0	0	0	0	721.4	0
4М1-6-4М1-6-4М1(в 2Мм6	Ю	-22	1	2	8	1	0.78	0.2	16	0	0	0	0	0	902.6	0	
Стіна газобетон	стгб	В	-22	58.7	4	1	1	4.44	9999	234.8	38.88	0	0	0	0	1942	0
4М1-6-4М1-6-4М1(в 2Мм6	В	-22	0.9	1.8	10	1	0.78	0.2	16.2	0	0	0	0	0	913.8	0	
4М1-6-4М1-6-4М1(в 2Мм6	В	-22	2.7	1.8	2	1	0.78	0.2	9.72	0	0	0	0	0	548.3	0	
4М1-6-4М1-6-4М1(в 2Мм6	В	-22	1.8	1.8	4	1	0.78	0.2	12.96	0	0	0	0	0	731.1	0	
Ітого тепловтрати через огороження.....															10710	0	



### Продовження таблиці 1.3.

Поверх=7 ПРИМІЩЕННЯ Температура повітря в приміщенні =22С																		
Стіна газобетон	стгб	С	-22	22.5	4	1	1	4.44	9999	90	0	0	0	0	0	0	891.9	0
Стіна газобетон	стгб	З	-22	58.7	4	1	1	4.44	9999	234.8	37.26	0	0	0	0	0	1958	0
4М1-6-4М1-6-4М1 (в 2Мм6	З	-22	0.9	1.8	7	1	0.78	0.2	11.34	0	0	0	0	0	0	0	639.7	0
4М1-6-4М1-6-4М1 (в 2Мм6	З	-22	2.7	1.8	2	1	0.78	0.2	9.72	0	0	0	0	0	0	0	548.3	0
4М1-6-4М1-6-4М1 (в 2Мм6	З	-22	1.8	1.8	5	1	0.78	0.2	16.2	0	0	0	0	0	0	0	913.8	0
Стіна газобетон	стгб	Ю	-22	22.2	4	1	1	4.44	9999	88.8	16	0	0	0	0	0	721.4	0
4М1-6-4М1-6-4М1 (в 2Мм6	Ю	-22	1	2	8	1	0.78	0.2	16	0	0	0	0	0	0	0	902.6	0
Стіна газобетон	стгб	В	-22	58.7	4	1	1	4.44	9999	234.8	38.88	0	0	0	0	0	1942	0
4М1-6-4М1-6-4М1 (в 2Мм6	В	-22	0.9	1.8	10	1	0.78	0.2	16.2	0	0	0	0	0	0	0	913.8	0
4М1-6-4М1-6-4М1 (в 2Мм6	В	-22	2.7	1.8	2	1	0.78	0.2	9.72	0	0	0	0	0	0	0	548.3	0
4М1-6-4М1-6-4М1 (в 2Мм6	В	-22	1.8	1.8	4	1	0.78	0.2	12.96	0	0	0	0	0	0	0	731.1	0
Покриття суміщене пн01		-22	22.2	58.7	4	1	6	0	5213	0	0	0	0	0	0	0	38225	0
Ітого тепловтрати через огороження.....																	48936	0

### 1.3. Визначення теплонадходжень

Явні теплонадходження від людей -  $Q_{л, h} = \sum(q_{л, h} \cdot n)$ .

Повні теплонадходження від людей -  $Q_{л, hf} = \sum(q_{л, hf} \cdot n)$ .

Кількість вологи, що надходить у приміщення від людей, -  $M_{в} = \sum(m_{вл} \cdot n)$ .

Кількість вуглекислого газу ( $CO_2$ ), що виділяється внаслідок життєдіяльності людей, -  $M_{co2} = \sum(M \cdot n)$ .

Надходження тепла від освітлювального обладнання -  $Q_{осв} = A \cdot E \cdot q_{ос} \cdot \eta_{ос}$ .

Кількість тепла, що надходить через заклені поверхні та перекриття, -  $Q_{с,р} = A_{вік} \cdot [q_{вік,р} \cdot k_{п} \cdot k_{забр} \cdot k_{зат} + k_o \cdot (t_z - t_b)] + (q_{перс,р} \cdot A_{пер})$ .

Тепловіддачу опалювальних приладів за розрахункових внутрішніх і зовнішніх параметрів, що враховуються під час вентиляції, -

$$Q_{оп,в} = Q_{пр,оп} (t_{wz} - t_n) \cdot \left( \frac{t_{сер,оп} - t_{в,в}}{t_{сер,оп} - t_{wz}} \right)^{1+n}$$

Результати розрахунку теплонадходжень зведені до таблиці 1.4.

						ПЗ	Арк.
Зм.	Кільк.	Зак.	№ док.	Підпис	Дата		22

Таблиця 1.4. Теплонадходження в приміщення

Поверх	Джерело	Теплонадходження, Вт, в теплий період (явні/повні)	Теплонадходження, Вт, в холодний період (явні/повні)	Вологонадходження, г/год	CO <sub>2</sub> , г/год
-1	Сонячна радіація	12 560/12560	—	—	—
	Штучне освітлення	3 760/3760	—	—	—
	Люди	0	0	0	0
	<b>Всього</b>	16 320/16320	0	0	0
1-6	Сонячна радіація	38 580x6=231480/ 38 580x6=231480	—	—	—
	Штучне освітлення	11 890x6=71340/ 11 890x6=71340	—	—	—
	Люди	13 590x6=81540 / 22 197x6=133182	15 100x6= 90600/ 22 650x6=13590 0	23 858x6= 143148	6 795x6 = 40770
	<b>Всього</b>	384360 / 436002	90600 / 135900	143148	40770
7	Сонячна радіація	237 600/237600	—	—	—
	Штучне освітлення	11 890/11890	—	—	—
	Люди	13 590 / 22 197	15 100 / 22 650	23 858	6 795
	<b>Всього</b>	251 190 / 259 797	15 100 / 22 650	23 858	6 795
<b>Разом по будівлі</b>		<b>652370 / 712619</b>	<b>105700 / 158550</b>	<b>167006</b>	<b>47565</b>

						ПЗ	Арк.
							23
Зм.	Кільк.	Зак.	№ док.	Підпис	Дата		

**РОЗДІЛ 2.**  
**ТЕПЛОПОСТАЧАННЯ**

						ПЗ	Арк.
							24
Зм.	Кільк.	Зак.	№ док.	Підпис	Дата		

## 2.1. Розробка проєктних рішень для теплопостачання

Теплопостачання фанкойлів і припливно-витяжних установок у корпусах А, Б, В, із сумарною потребою в тепловій потужності 500,0 кВт, передбачено від чиллера Х1 при температурі зовнішнього повітря до  $-5^{\circ}\text{C}$ . За нижчих температур теплозабезпечення здійснюється від індивідуального теплового пункту (ІТП).

Для потреб гарячого водопостачання (ГВП) проєктом передбачено встановлення двох бойлерів накопичувального типу об'ємом по  $2\text{ м}^3$  кожен. Нагрів води в бойлерах забезпечується теплом від контурів рекуперації чиллерів Х1 і Х3, а також від основного контуру теплопостачання Х2.

Кожен бойлер оснащений теплообмінником потужністю 100 кВт. При спільній роботі контурів Х1, Х2 та Х3 середня теплова потужність становить  $Q_{\text{сер}} = 200\text{ кВт}$ . У разі роботи одного бойлера або за пікового водорозбору додаткове нагрівання передбачене через пластинчастий теплообмінник, який підключено до ІТП з параметрами теплоносія  $80/60^{\circ}\text{C}$  і тепловою потужністю 470 кВт.

Ізоляція трубопроводів виконується згідно з додатком Б ДБН В.2.5-67:2013. Для зниження рівня шуму та запобігання вібраціям з'єднання чиллерів і циркуляційних насосів виконуються за допомогою гнучких вставок.

Температурні деформації труб компенсуються колінами на  $45^{\circ}$  та  $90^{\circ}$ , а також сифонними компенсаторами.



						ПЗ	Арк.
							25
Зм.	Кільк.	Зак.	№ док.	Підпис	Дата		

Рис. 3.1. Осьовий сільфонний компенсатор для поглинання вібрацій і деформаційних навантажень трубопроводу

В приміщенні насосної станції передбачена електрична система опалення за допомогою електрокалориферів загальною потужністю 4 кВт.

На подаючих лініях усіх опалювальних приладів встановлюються автоматичні терморегулятори для підтримання температури та зниження енергоспоживання. Регулювання подачі теплоносія на фанкойли й водяні калорифери ПВУ здійснюється за допомогою комбінованих регулюючих клапанів Herz 4006M і 4006R Smart (рис.3.2), встановлених у контурі кожного блоку.



Застосування:

- комбі-клапан регулятор витрати призначений для регулювання температури повітря в системах тепло- та холодопостачання, поєднує в собі функції регулюючого клапану з можливістю обмеження витрати

P <sub>max.роб.</sub>	16 бар
DN	15 – 20
Kvs	1,75 – 3,54 м³/год
V	0,16 – 2,00 м³/год
ΔP <sub>max</sub>	6 бар
T <sub>max.роб.</sub>	130 °C

Рис. 3.2. Комбі-клапан 4006 R SMART (Herz)

Для теплопостачання корпусів А–В запроєктовано будівництво дахової котельні. У її складі — два газові конденсаційні котли Viessmann Vitoplex 200, по 700 кВт кожен. Система є закритою, двотрубною, з примусовою циркуляцією.

Параметри теплоносія:

						ПЗ	Арк.
							26
Зм.	Кільк.	Зак.	№ док.	Підпис	Дата		

- зі сторони котлів — 90/70 °С;
- зі сторони споживачів — відповідно до температурного графіка та режимів роботи обладнання.

Для гідравлічного розділення та балансування котлового і споживчого контурів передбачено встановлення термогідравлічного розподільника Ø450 (гідравлічна «стрілка»), який також виконує функції повітровідводчика та фільтра-відстійника. У верхній частині встановлено автоматичний повітровідвідник, у нижній — кран для видалення осаду. «Стрілка» виготовляється зі сталевих фасонних елементів і теплоізолюється згідно зі специфікацією.

На кожному котлі встановлюється котловий насос (1 робочий + 1 резервний). Гаряча вода та циркуляційний трубопровід обладнані вузлами обліку з крильчастими лічильниками.

Для захисту від утворення накипу на трубопроводі ТЗ встановлюється електромагнітна установка "Anti Ca<sup>++</sup>" EUV 40D, яка працює в автоматичному режимі. В межах котельні трубопроводи системи ГВП виконуються зі сталевих оцинкованих труб згідно ГОСТ 3262-75\* або емальованих.

Для захисту котлів від перевищення тиску кожен з них обладнаний:

- пружинним запобіжним клапаном Ду80 (спрацьовування при 0,3 МПа),
- розширювальним мембранним баком "Reflex" NG 200/6 (20 л, тиск під мембраною — 0,15 МПа).

Для компенсації об'єму та підтримання тиску встановлено два мембранних баки "Reflex" N 1000/6 об'ємом по 1000 л.

						ПЗ	Арк.
							27
Зм.	Кільк.	Зак.	№ док.	Підпис	Дата		

У верхніх точках трубопроводів розміщуються автоматичні повітровипускники.

Димові гази від газових котлів відводяться через металеві газоходи Ø450 мм у димову трубу Ø300 мм, висотою 15 м. Для твердопаливного котла також передбачено газохід Ø300 мм і окрема димова труба тієї ж висоти. На газоходах встановлюються вибухові клапани й глухі шибери для відключення на час ремонту чи простою.

Скидні, переливні та дренажні трубопроводи виведені до дощової каналізації з розривом струменя і підключенням до внутрішньої мережі котельні.

Проектні теплові навантаження системи теплопостачання:

На вентиляцію – 419 кВт (блок А, В) та 293 кВт (блок А, Б)

На фанкойли – 280 кВт (блок А, В) та 235 кВт (блок А, Б).

## 2.2. Розрахунок розширювальних баків

Щоб зкомпенсувати температурне розширення теплоносія в незалежній системі опалення, яке функціонує в складі ІТП, проектом передбачено встановлення закритого мембранного розширювального баку.

**Вихідні дані** для підбору розширювального баку:

- Початковий тиск теплоносія у системі:  $P = 2,0$  бар;
- Максимальний робочий тиск у системі:  $P_e = 6,0$  бар;
- Робоча температура теплоносія:  $T_{роб} = 55$  °С;
- Об'єм теплоносія в системі:  $V_{system} = 2500$  л.

						ПЗ	Арк.
							28
Зм.	Кільк.	Зак.	№ док.	Підпис	Дата		



Цей тиск визначається за формулою:

$$V_{a.min} \geq \frac{V_{exp}(P_0+1)}{V_{exp}-V_{WR}} - 1 = \frac{500(2.0+1)}{500-12.5} - 1 = 3,1 \text{ бар} \quad (3.4)$$

Для компенсації передбачено встановлення мембранного розширювального бака типу Reflex об'ємом 350 л, з допустимим робочим тиском PN16.

### 2.3. Вибір та розрахунок теплотічильника

Вихідні дані, необхідні для підбору теплотічильника:

- Теплове навантаження на систему опалення:  $Q_{\text{оmax}} = 0,5$  Гкал/год;
- Максимальне теплове навантаження на систему ГВП:  $Q_{\text{hmax}} = 0,41$  Гкал/год;
- Середнє теплове навантаження на систему ГВП:  $Q_{\text{hcp}} = 0,240$  Гкал/год;
- Розрахунковий температурний графік для системи тепlopостачання в опалювальний період: 80/60 °С;
- Розрахунковий температурний графік для системи тепlopостачання в неопалювальний період: 70/30 °С;
- Тиск у подавальному трубопроводі: 2,0 кг/см<sup>2</sup>;
- Тиск у зворотному трубопроводі: 4,0 кг/см<sup>2</sup>.

#### 1. Витрата теплоносія

Загальна витрати мережної води  $G_{\Sigma \text{ max}}$  складається з витрат на опалення  $G_{\Sigma o \text{ max}}$  та витрат на гаряче водопостачання  $G_{\Sigma h \text{ max}}$ . За формулою (3.5) знаходимо  $G_{\Sigma \text{ max}}$ :

$$G_{\Sigma \text{ max}} = G_{\Sigma o \text{ max}} + G_{\Sigma h \text{ max}} \quad (3.5)$$

$$V_{\Sigma \text{ max}} = V_{\Sigma o \text{ max}} + V_{\Sigma h \text{ max}} \dots \dots \dots (3.6)$$

						ПЗ	Арк.
							30
Зм.	Кільк.	Зак.	№ док.	Підпис	Дата		

**Знаходимо максимальну витрату мережної води на систему опалення:**

$$G_{\text{оmax}} = Q_{\text{оmax}} \cdot 10^3 / (c \cdot (t_1 - t_2)), \text{ т/год}; \quad (3.7)$$

Отже, отримуємо наступні значення витрати для системи опалення:

$$G_{\text{оmax } 1} = 0,544 \cdot 10^3 / (1 \cdot (80 - 60)) = 28,2 \text{ т/год};$$

**Визначаємо максимальну витрату мережної води для системи ГВП в холодний період року за формулою:**

$$G_{\text{hmax}} = 0,86 \cdot Q_{\text{hmax}} \cdot 10^3 / (c \cdot (t'_1 - t'_3)), \text{ т/год}; \quad (3.8)$$

Отже, отримуємо наступні значення витрати для системи ГВП:

$$G_{\text{h max}} = 0,349 \cdot 10^3 / (1 \cdot (70 - 30)) = 8,8 \text{ т/год},$$

**Тоді загальні витрати мережної води в опалювальний період становлять:**

$$G_{\Sigma \text{ max}} = G_{\text{о max}} + G_{\text{h max}} + G_{\text{фанкойли max}} = 28,2 + 8,8 + 33,3 = 71,3 \text{ т/год};$$

**Визначаємо витрату мережної води у неопалювальний період:**

$$G_{\text{нл max}} = 0,8 \cdot Q_{\text{h max}} \cdot 10^3 / (c \cdot (t'_1 - t'_3)), \text{ т/год}; \quad (3.9)$$

Отже, отримуємо наступні значення витрати для системи ГВП в літній період:

$$G_{\text{нл max}} = 0,8 \cdot 0,406 \cdot 10^3 / (1 \cdot (70 - 30)) = 8,2 \text{ т/год};$$

**Розрахунок мінімальної витрати теплоносія для системи ГВП.**

Найменша витрата теплоносія у системі ГВП спостерігається в літній період, коли функціонує лише система гарячого водопостачання з метою підігріву циркуляційної води - тобто в періоди відсутності водорозбору.

						ПЗ	Арк.
							31
Зм.	Кільк.	Зак.	№ док.	Підпис	Дата		



## 2.4. Розрахунки для забезпечення роботи газового обладнання котельні

### Проводимо розрахунок газопроводу

Проектом передбачаються монтаж комерційного обліку газу, підключення внутрішнього газопроводу котельні до зовнішнього газопроводу середнього тиску, із влаштуванням шафного газорегуляторного пункту (ШРП). Розрахункова витрата газу в котельні є 85 нм<sup>3</sup>/год.

Для зниження тиску природного газу котлів до робочого рівня (0,0045 МПа) у системі газопостачання встановлюється ШГРП.

Технічні характеристики шафного газорегуляторного вузла (ШГРП)

Тип ШГРП	Тиск на вході, бар	Тиск на виході, мбар	Типорозмір регулятора	Номінальна пропускна здатність, м <sup>3</sup> /год
ШП 01.02.РЕ8	0,15–8,6	13–180	Ре50	50

Постачання газу до котлів здійснюється через внутрішній газопровід котельні.

Розрахунковий діаметр внутрішнього газопроводу визначається за формулою:

$$d_{\text{тр}} = 0,036238 \sqrt{\frac{Q(273+t)}{p_m V_{\text{тр}}}} = 0,036238 \sqrt{\frac{84,8(273+10)}{0,1045 \cdot 7}} = 6,5 \text{ см} \quad (3.16)$$

Газопровід та обладнання

						ПЗ	Арк.
Зм.	Кільк.	Зак.	№ док.	Підпис	Дата		33

За результатами гідравлічного розрахунку для підведення газу до котлів прийнято трубу діаметром  $\text{Ø}76 \times 5$  мм.

Робочий тиск газу на вході в пальник становить 0,0045 МПа.

Для забезпечення безпечної експлуатації передбачено газопроводи продувки, які виводяться за межі котельні. Вони використовуються як для продувки перед пуском, так і для скидання газу при його просочуванні через нещільну арматуру в період простою котлів. Проходи газопроводів через стіни котельні виконані в сталевих гільзах, з ущільненням бітумною масою та сальниковою набивкою для забезпечення герметичності та вогнестійкості.

### Проводимо аеродинамічний розрахунок димової труби

Таблиця 3.3. Результати аеродинамічного розрахунку в зимовий період

№	Діаметр мм	Довжина, м	Витрата, м <sup>3</sup> /год	Швидкість, м/с	Площа перерізу, м <sup>2</sup>	Т зовн. Повітря, °С	T1, °С	T1-T2, °С	T2, °С	Середня температура, °С	Тяга ділянки, Па	Лінійні втрати, Па	Місцеві втрати, Па	Розрідження перед котлом, Па
Од. вим.	мм	м	м <sup>3</sup> /год	м/с	м <sup>2</sup>	°С	°С	°С	°С	°С	Па	Па	Па	Па
1-2	400	2	1223	2,7	2,51	-22	195	2,88	192,1	193,56	0	0,81	16,2	-17,77
2-3	400	6	1223	2,7	7,54	-22	192,1	8,43	183,7	187,91	37,18	2,4		
Сума по ділянках, Па											-37,2	3,21	16,2	

Таблиця 3.4. Результати аеродинамічного розрахунку в літній період

№	Діаметр мм	Довжина, м	Витрата, м <sup>3</sup> /год	Швидкість, м/с	Площа перерізу, м <sup>2</sup>	Т зовн. Повітря, °С	T1, °С	T1-T2, °С	T2, °С	Середня температура, °С	Тяга ділянки, Па	Лінійні втрати, Па	Місцеві втрати, Па	Розрідження перед котлом, Па
Од. вим.	мм	м	м <sup>3</sup> /год	м/с	м <sup>2</sup>	°С	°С	°С	°С	°С	Па	Па	Па	Па
1-2	400	2	489	1,08	2,51	25	195	5,59	189,4	192,2	0	0,13	2,58	-20,89
2-3	400	6	489	1,08	7,54	23,7	189,1	15,8	173,5	181,5	23,98	0,38		
Сума по ділянках, Па											-24	0,51	16,2	-20,89

						ПЗ	Арк.
Зм.	Кільк.	Зак.	№ док.	Підпис	Дата		34

**РОЗДІЛ 3**  
**ХОЛОДОПОСТАЧАННЯ**

						ПЗ	Арк.
							35
Зм.	Кільк.	Зак.	№ док.	Підпис	Дата		

#### 4.1. Розробка проєктних рішень з організації холодопостачання

Станція холодопостачання включає три холодильні агрегати (чилери X1–X3):

- чиллер NRB3000 з контуром рекуперації виробництва AERMES (Італія),
- чиллер SBS.930/SP з контуром рекуперації та виносним випарником виробництва HITEMA,
- чиллер типу «тепло/холод» NRB1100, також виробництва AERMES (Італія).

Обладнання розміщене на даху будівлі блоку «В» у межах осей 3–6 та Ж–Н, де також знаходиться насосна станція.

У зовнішніх контурах холодильних установок як холодоносій застосовуються 40% розчини пропіленгліколю та етиленгліколю з параметрами 5/10 °С (для X1–X3), а у внутрішніх контурах – вода з температурним графіком 7/12 °С.

Параметри теплоносія:

- X1: зовнішній контур – 43/48 °С, внутрішній – 50/45 °С, контур рекуперації – 55/50 °С;
- X2: контур рекуперації для ГВП – 50/45 °С;
- X3: контур теплопостачання (ГВП) – 55/50 °С.

Тепло конденсації, що відбирається у конденсаторах чиллерів, використовується для підігріву води в системі гарячого водопостачання у режимі охолодження.

Чиллери підтримують режим теплового насоса, забезпечуючи теплопостачання фанкойлів, а також можуть використовуватись як резервне джерело теплоти для ГВП у випадку відключення центрального теплопостачання.

						ПЗ	Арк.
							36
Зм.	Кільк.	Зак.	№ док.	Підпис	Дата		

Згідно з даними замовника (розділ «ОВ»), холодильні машини Х1–Х3 забезпечують холодопостачання фанкойлів та припливно-витяжних установок корпусів А, Б, В із сумарною потужністю 1846,4 кВт.

Ізоляція трубопроводів передбачена відповідно до додатку Б ДБН В.2.5-67:2013. Для зменшення шумів і уникнення вібрацій на з'єднаннях чиллерів і насосів встановлюються гнучкі вставки.

Трубопроводи, що транспортують холодоносій, підлягають фарбуванню та утепленню ізоляцією типу K-Flex:

- товщиною 50 мм у приміщеннях
- товщиною 100 мм на відкритому повітрі.

Подача холодоносія регулюється витратомірами-комбі клапанами, що встановлені в обв'язці кожного фанкойла.

## 4.2. Вибір типу системи та його обґрунтування

Покращення техніко-економічних показників системи опалення досягнуто завдяки таким рішенням:

### 1. Функціональні можливості системи:

Застосований тип системи дозволяє реалізувати додаткові енергоефективні режими – зокрема режим теплового насосу та теплову регенерацію, що сприяють зниженню енергоспоживання при збереженні комфортних умов у приміщеннях.

### 2. Гідравлічна та теплова незалежність контурів:

Така організація забезпечує стійку роботу обладнання, стабільність параметрів системи та підвищує надійність експлуатації.

### 3. Відсутність необхідності зливу холодоносія у зимовий період:

						ПЗ	Арк.
							37
Зм.	Кільк.	Зак.	№ док.	Підпис	Дата		

Використання незамерзаючих сумішей у зовнішніх контурах дозволяє уникнути додаткових операцій зі зливу, що підвищує зручність обслуговування.

#### 4. Оптимізація експлуатаційних витрат:

Завдяки можливості гнучкого регулювання режимів роботи з урахуванням реального теплового/холодильного навантаження, зменшуються витрати на енергоносії.

#### 5. Застосування енергоефективних насосів:

Використання циркуляційних насосів з ЕС-двигунами дозволяє зберігати високий ККД навіть у режимах часткового навантаження. Насоси забезпечують підтримку стабільного перепаду тиску за умов змінного гідравлічного режиму теплоносія або холодоносія.

### 4.3. Підбір та розрахунок основного холодильного обладнання

Розрахункові витрати холодоносія за проектом наведені в таблиці 4.1.

Таблиця 4.1.

Споживачі холодопостачання	Кількість холоду що споживається, кВт		Розрахункова температура холодної води в системі холод-ння, С	Розрахункова витрата тиску в системі, Па
	розрахункова	споживачам		
П1, П2, П5, П6, П9...П28	526,4	526,4	7-12	136800
Фанкойли (блок "А" м/в 1-10, блок"В")	1070	$1070 \cdot 0,7 = 750$	7-12	71700
Фанкойли (блок "А" м/в 11-20, блок"В")	812,8	$812,8 \cdot 0,7 = 570$	7-12	78300

Відповідно до гідравлічного розрахунку, наданого суміжними проектними організаціями, магістральні трубопроводи від насосного приміщення до споживачів забезпечують подачу холодоносія та теплоносія до фанкойлів корпусів А і В. ( х.п.-50/45°C т.п.-7/12°C) - Dn200; холодо/теплопостачання фанкойлів корпусів А і Б ( х.п.-50/45°C т.п.-7/12°C) - Dn200;

						ПЗ	Арк.
							38
Зм.	Кільк.	Зак.	№ док.	Підпис	Дата		

холодо/теплопостачання вентустановок корп.А, Б і В ( х.п.-50/45°С т.п.-7/12°С)- Dn150.

Обране обладнання та його характеристики наведені в таблиці 3.2

Таблиця 4.2. Характеристики обладнання тепло/холодопостачання

N обоз.	Кол.	Модель	Потужність Qх/Qt, кВт	Споживч. потужн., кВт	Ном. напруга, В	Габаритні розміри, мм	Вага, порожн. кг	Примітки
X1		NRB3000XHDA***00S&T	738,7/819,7	304,7	400 V	2223x2236x3070	7470	"Аермес"
X2	3	SBS.930/SP	824	235	400 V	2223x2236x3070	6500	"Нітема"
X3	1	NRB1100XH*A***00S&T	262,9/300,3	118,1	400 V	1150x2195x4710	3240	"Аермес"

### Підбір циркуляційних насосів

Масова витрата холодоносія, що перекачується циркуляційним насосом, визначається за формулою:

$$G = \frac{3.6 \cdot 1.1 \cdot Q}{\rho_x \cdot c_x \cdot (t_{жк} - t_{жн})} \quad (4.1)$$

Гідравлічний напір визначається за формулою:

$$H = SL^2 \quad (4.2)$$

						ПЗ	Арк.
							39
Зм.	Кільк.	Зак.	№ док.	Підпис	Дата		

Для вибору циркуляційного насосу будується характеристика гідравлічної мережі у вигляді параболи. Вона наноситься на графік характеристики насоса, при цьому визначається робоча точка з заданими параметрами витрати та напору (рис. 4.1). Робоча точка - це точка перетину, яка повинна відповідати паспортним характеристикам насоса.

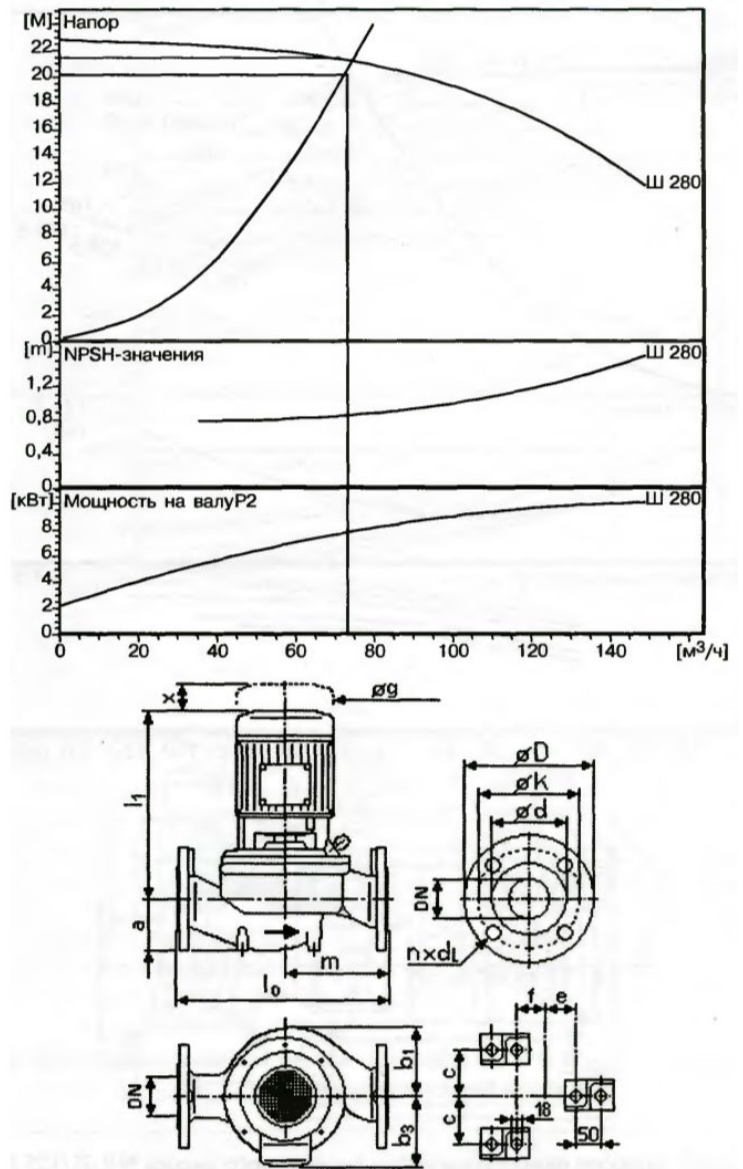


Рис.4.1 Підбір циркуляційних насосів

Зм.	Кільк.	Зак.	№ док.	Підпис	Дата

Таблиця 4.3. Технічні характеристики підібраних насосів

Позначення системи	Кількість	Резервування %	Найменування системи	Модель	Номер замовл.	L, м³/год.	H, кПа	Густина теплоносія, кг/м³	Електродвигун				Діодкл, мм	Вага, кг
									Тип виконання по вибухобезпеці	N, кВт	ток, А	п, об/хв		
H1.1/H1.2	2	100	первин. контур Х1 (етиленгліколь 40%)	TPE 100-310/2 A-F-A-BQQE	96110297	153.4	205	1040	IP55	15	26	2945	100	254
H1.3	1	0	контур Х1 до буферу теплостац. (вода)	TPE 125-95/4 A-F-A-BQQE	99113655	137	196	1065	IP55	4	6	1460	125	153
H1.4	1	0	контур Х1 до буферу холодостац. (вода)	TPE 125-80/4 A-F-A-BQQE	99113654	127.1	59	1000	IP55	3	5,8	1450	125	150
H1.5	1	0	контур рекуперації Х1 до ГВП (пропіленгліколь 40%)	TPE 80-150/4 A-F-A-BQQE	99113698	39	115	1015	IP55	3	5,8	1740	80	103
H2.1	1	0	контур випарника Х2 до буферу холодостац. (вода)	TPE 125-130/4 A-F-A-BQQE	99113709	142	80	1000	IP55	5.5	10,5	1455	125	222
H2.2-H2.4	3	0	контур рекуперації Х2 до ГВП (пропіленгліколь 40%)	MAGNA3 50-80 F 340 1x230V PN6/10	97924282	8.8	60	1030	-	0.4	1,6	-	50	20
H2.5	1	0	контур рекуперації Х2 до ГВП (пропіленгліколь 40%)	MAGNA3 80-80 F 450 1x230V PN10	97924318	26.4	47	1000	-	0.7	3,2	-	80	32
H3.1/H3.2	2	100	первинний контур Х3 (пропіленгліколь 40%)	TPE 80-150/4 A-F-A-BQQE	99113698	55	118	1015	IP55	3	5,8	1455	80	104
H3.3	1	0	контур Х2 до буферу холодопостачання (вода)	TPE 80-150/4 A-F-A-BQQE	97924299	48.7	112	1040	-	1.4	6,18	-	65	26.8
H4	1	0	контур холодопостачання загальний (вода)	MAGNA3 65-150 F 340 1x230V PN6/10	99113662	45.1	29	1000	IP55	7.5	14,1	1460	200	380
H5	1	0	контур теплопостачання загальний (вода)	TPE 200-90/4 A-F-A-BQQE	99113702	317.5	49	1000	IP55	1.5	2,9	1445	100	108
H6	1	0	контур теплопостачання від контура з котельної	TPE 100-70/4 A-F-A-BQQE	99113655	88.6	38	1000	IP55	4	7,7	1460	125	153
H7	1	0	тепло/холодопостачання фанкойлів корп. А,В (вода)	TPE 125-95/4 A-F-A-BQQE	99113709	48.3	128	1000	IP55	5.5	10,5	1455	125	222
H8	1	0	тепло/холодопостачання фанкойлів корп. А,Б (вода)	TPE 125-130/4 A-F-A-BQQE	99114260	129	110	1000	IP55	7.5	14,1	1460	125	268
H9	1	0	тепло/холодопостачання вентиляторів А,Б,В (вода)	TPE 125-150/4 A3-F-O-DQQE	96110403	40.3	146	1000	IP55	11	21,2	1460	100	315
H10	1	0	вузол заправки/ підживлення етиленгліколю 40%	CR 1S-5	96515670	90.6	204	1000	-	0.37	2,95	2770	BP 25	22,6
H11	1	0	вузол заправки/ підживлення пропіленгліколю 40%	CR 1S-5	96515564	1.0	150	1060	-	0.37	2,95	2770	BP 25	22,6

## Гідравлічний розрахунок трубопроводів

Розрахункова витрата холодоносія визначається за формулою (4.3):

$$G_{FC} = \frac{Q_{FC}}{c_s \cdot (t_n - t_o)} \quad (4.3)$$

де  $Q$  — кількість переданої (необхідної) холодопродуктивності, кВт (або кДж/с);

$c_s$  – питома теплоємність холодоносія; для 40% розчину пропіленгліколю приймається  $c_B = 3,7 \text{ кДж / (кг} \cdot \text{К)}$ ;

$t_n$  – температура прямого потоку холодоносія,  $t_n = 5^\circ \text{C}$  ;

$t_o$  – температура зворотного потоку холодоносія,  $t_o = 10^\circ \text{C}$  .

У режимі охолодження витрата холодоносія визначається за формулою:

$$G_{FC} = \frac{Q_{FC}^1}{c_s \cdot (t_n - t_o)} = \frac{738000}{3700 \cdot (10 - 5)} = 39,89 \text{ кг/с} \quad (4.4)$$

де:  $G_{FC}$  - витрата холодоносія у режимі охолодження, кг/с;

$Q_{FC}$  - теплове (холодильне) навантаження в режимі охолодження, кВт;

$c_B$ - питома теплоємність холодоносія (для 40% розчину пропіленгліколю - 3,7 кДж/(кг·К));

$t_n$ - температура прямого потоку холодоносія (наприклад, 7 °С);

$t_o$  - температура зворотного потоку холодоносія (наприклад, 12 °С).

У режимі теплопостачання (опалення або ГВП) витрата холодоносія розраховується аналогічно:

$$G_{FC} = \frac{Q_{FC}^2}{c_s \cdot (t_n - t_o)} = \frac{738000}{3850 \cdot (58 - 43)} = 38,34 \text{ кг/с} \quad (4.5)$$

де  $G_{FC}$ - витрата холодоносія в режимі опалення, кг/с;

						ПЗ	Арк.
							42
Зм.	Кільк.	Зак.	№ док.	Підпис	Дата		

$Q_{FC}$ - теплове навантаження в режимі опалення, кВт;

$t_{пр}$ - температура подачі в системі опалення (наприклад, 50 °С);

$t_0$ - температура зворотного потоку (наприклад, 45 °С).

Діаметр трубопроводу визначається за формулою:

$$d = 1.13 \cdot \sqrt{\frac{G_i}{\rho_i \cdot g_i}}, \text{ м} \quad (4.11)$$

де  $G$  - масова витрата теплоносія, кг/с;

$\rho_i$  - густина теплоносія, кг/м<sup>3</sup> (визначається при середній температурі подача/зворот,  $\rho=1040$  кг/м<sup>3</sup>);

$g_i$  - швидкість руху теплоносія, м/с (приймається орієнтовно 0,9 м/с).

Підставляємо всі значення та отримуємо значення діаметру:

$$d = 1,13 \cdot \sqrt{\frac{38,89}{1040 \cdot 0,9}} = 0,23 \text{ м} .$$

За результатами розрахунку вибираємо найближчий стандартний типорозмір трубопроводу - 219×6,0 мм.

Фактична швидкість уточнюється за формулою:

$$g = \frac{1.13^2 \cdot 0,24}{0,2^2 \cdot 1040 \cdot 3600} = 1,22 \text{ м/с} .$$

Аналогічні розрахунки проводяться для всіх основних магістралей від насосної станції до гребінки холодопостачання блоків.

						ПЗ	Арк.
							43
Зм.	Кільк.	Зак.	№ док.	Підпис	Дата		

Результати розрахунків занесені до таблиці 3.4

Таблиця 3.4. Гідравлічні характеристики магістралей

Ділянка магістралі	Витр-та води, кг/с	Швидкість води, м/с	Розрахунковий даметр трубопроводів, мм	Прийнятий даметр, мм	Уточнена швидкість, м/с
ХС – ХМ1	38,89	0,9	233	219х6,0	1,22
ХС – ХМ2	44,5	0,9	225	219х6,0	0,77
ХС – ХМ3	14,22	0,9	172	159х4,5	1,35
ХС – ТО1.1	38,89	0,9	233	219х6,0	1,22
ХС – ТО1.2	44,5	0,9	225	125х4,5	1,11
ХС – ТО1.3	14,22	0,9	172	159х4,5	1,35

						ПЗ	Арк.
Зм.	Кільк.	Зак.	№ док.	Підпис	Дата		44

**РОЗДІЛ 5.**  
**АВТОМАТИЗАЦІЯ**

						ПЗ	Арк.
							45
Зм.	Кільк.	Зак.	№ док.	Підпис	Дата		

Всі технологічно-виробничі процеси потребують постійного моніторингу ключових показників. Відхилення параметрів від заданих значень може порушити хід технологічного процесу, а в окремих випадках створити загрозу для людей.

У громадських будівлях, обладнаних складними інженерними системами, необхідність постійного контролю численних параметрів ускладнює роботу обслуговуючого персоналу. Єдиним ефективним способом зменшення впливу людського фактора та забезпечення точного й безперервного контролю є впровадження систем автоматизації.

Система автоматизації охоплює:

- дистанційне та автоматичне керування електроприводами й регулюючими механізмами;
- технічне та захисне блокування;
- обробку та передачу даних у централізовану диспетчерську систему;
- світлову та звукову сигналізацію.

Основні функції автоматизації:

- Вимірювання необхідних параметрів (локально, дистанційно, з автоматичним записом на діаграми та у цифрові журнали).
- Управління (локальне, дистанційне, автоматичне, зблоковане з іншими системами).
- Сигналізація (роботи обладнання, досягнення граничних значень, несправності, обслуговування).
- Автоматичне регулювання (стабілізація, програмне та спостерігаюче, адаптивне).

						ПЗ	Арк.
							46
Зм.	Кільк.	Зак.	№ док.	Підпис	Дата		

Елементи автоматизації включають в себе: реле, підсилювачі сигналів, індикатори, дзвінки, табло, сенсори, виконавчі механізми та контролери. Керування санітарно-технічними системами поділяється на:

- місцеве (керування на невеликій відстані від механізму);
- дистанційне (керування з віддаленого пункту);
- автоматичне (керування без участі оператора);
- централізоване (з інтеграцією до BMS або SCADA-систем).

Місьцеве керування передбачено для контролю таких параметрів, як температура зовнішнього та внутрішнього повітря, температура припливного повітря, теплоносія на вході та виході з калорифера, а також тиск або перепад тиску в повітроводах і приміщеннях, де необхідне підтримання стабільного тиску чи його перепаду.

Дистанційне керування доцільно застосовувати лише для основних параметрів, які визначають загальну ефективність роботи системи. Необхідно передбачити систему сигналізації, що інформує про відхилення параметрів, які можуть спричинити аварійні ситуації у вентиляційному обладнанні або призвести до зниження якості технологічного процесу.

У разі індивідуального дистанційного керування кожен електродвигун запускається та зупиняється окремим перемикачем або ключем, при цьому також вимикаються повітряні клапани. Сигналізація здійснюється за допомогою світлових індикаторів.

Автоматичне керування призначене для підтримання стабільної температури припливного або внутрішнього повітря. Окрім регулювання температури, автоматичне управління також забезпечує узгоджену роботу виконавчих механізмів, які контролюються одним регулятором.

						ПЗ	Арк.
							47
Зм.	Кільк.	Зак.	№ док.	Підпис	Дата		

Під час автоматизації санітарно-технічного обладнання силові пристрої та виконавчі механізми мають так звані блокувальні зв'язки, які можуть керуватися локально, автоматично або дистанційно — залежно від умов і режиму роботи.

Експлуатація котелень без застосування автоматичних засобів заборонена.

Залежно від функцій, які виконують автоматичні пристрої, автоматизація поділяється на такі основні типи: вимірювання і контроль; керування; захист; сигналізація; регулювання.

Автоматизоване вимірювання та контроль дозволяють за допомогою відповідних приладів здійснювати постійний або періодичний моніторинг кількісних та якісних параметрів технологічного процесу.

Автоматична (технологічна) сигналізація виконує функцію передачі інформаційних сигналів, що сповіщають обслуговуючий персонал (оператора, диспетчера) про поточний стан обладнання та про відхилення від контрольованих параметрів.

За способом подачі сигналів сигналізація поділяється на:

- світлову;
- звукову.

За інформаційним призначенням сигналізація класифікується на:

- попереджувальну - повідомляє про запуск обладнання, початок технологічного процесу тощо;
- виконавчу - фіксує факт виконання команд, які надає персонал;
- аварійну - сповіщає про порушення або збої у виробничому процесі.

						ПЗ	Арк.
							48
Зм.	Кільк.	Зак.	№ док.	Підпис	Дата		

Автоматичне керування використовується для запуску та зупинки котлів, насосів, вентиляторів, димососів тощо. За рівнем участі людини в процесі ввімкнення або вимкнення пристроїв автоматичного керування розрізняють:

- напівавтоматичне керування;
- повністю автоматичне керування.

У разі напівавтоматичного керування запуск системи здійснюється вручну — натисканням кнопки або поворотом ключа з пульта керування (дистанційне керування) чи безпосередньо біля обладнання (місцеве керування).

У випадку повної автоматизації імпульси надаються автоматично від датчиків, які фіксують поточні режими роботи. Наприклад, автоматичне вмикання підживлювального насоса при виявленні втрати води в мережі.

Автоматичне регулювання забезпечує підтримання заданих параметрів технологічного процесу протягом певного часу без втручання людини з необхідною точністю.

У проєкті застосовано систему автоматизації "Siemens". Контролери приймають всі сигнали (аналогові й дискретні), виконують керування, регулювання та сигналізацію роботи обладнання. Дані зчитуються і відображаються в централізованому диспетчерському пункті з можливістю оперативного реагування.

Циркуляційні насоси можуть працювати в робочому або резервному режимі відповідно до заданої програми. У разі несправності робочого насоса автоматично активується резервний. Насоси з частотним регулюванням підтримують стабільний перепад тиску, забезпечуючи енергоефективну експлуатацію протягом всього опалювального сезону. Циркуляційні насоси систем опалення, ФС та повітряних завіс функціонують безперервно протягом усього опалювального сезону.

						ПЗ	Арк.
							49
Зм.	Кільк.	Зак.	№ док.	Підпис	Дата		

Підживлення системи опалення здійснюється автоматично за допомогою регуляторів тиску прямої дії.

Для забезпечення стабільної роботи котельні проєктом передбачено використання цифрової багатофункціональної системи автоматичного управління та регулювання.

Ця система дозволяє:

- регулювати температуру теплоносія згідно з заданим значенням;
- здійснювати температурне регулювання залежно від часу доби та дня тижня;
- підтримувати температуру теплоносія відповідно до температурного графіка з урахуванням температури зовнішнього повітря.

Багатофункціональна система вирізняється високою гнучкістю як апаратної, так і програмної частини, що забезпечує її легку адаптацію до широкого спектра теплових процесів.

Система автоматичного управління котельні оснащена джерелом безперебійного живлення, яке забезпечує її працездатність навіть у разі повного зникнення основного енергопостачання на деякий час.

Крім того, передбачена автоматична подача сигналу на відсічення газопостачання до котельні у разі отримання команди «ПОЖЕЖА» від системи пожежного контролю.

Схема автоматизації наведена на рисунку 5.1. На рисунку 5.2 наведена структура системи диспетчеризації існуючого комплексу.

						ПЗ	Арк.
							50
Зм.	Кільк.	Зак.	№ док.	Підпис	Дата		

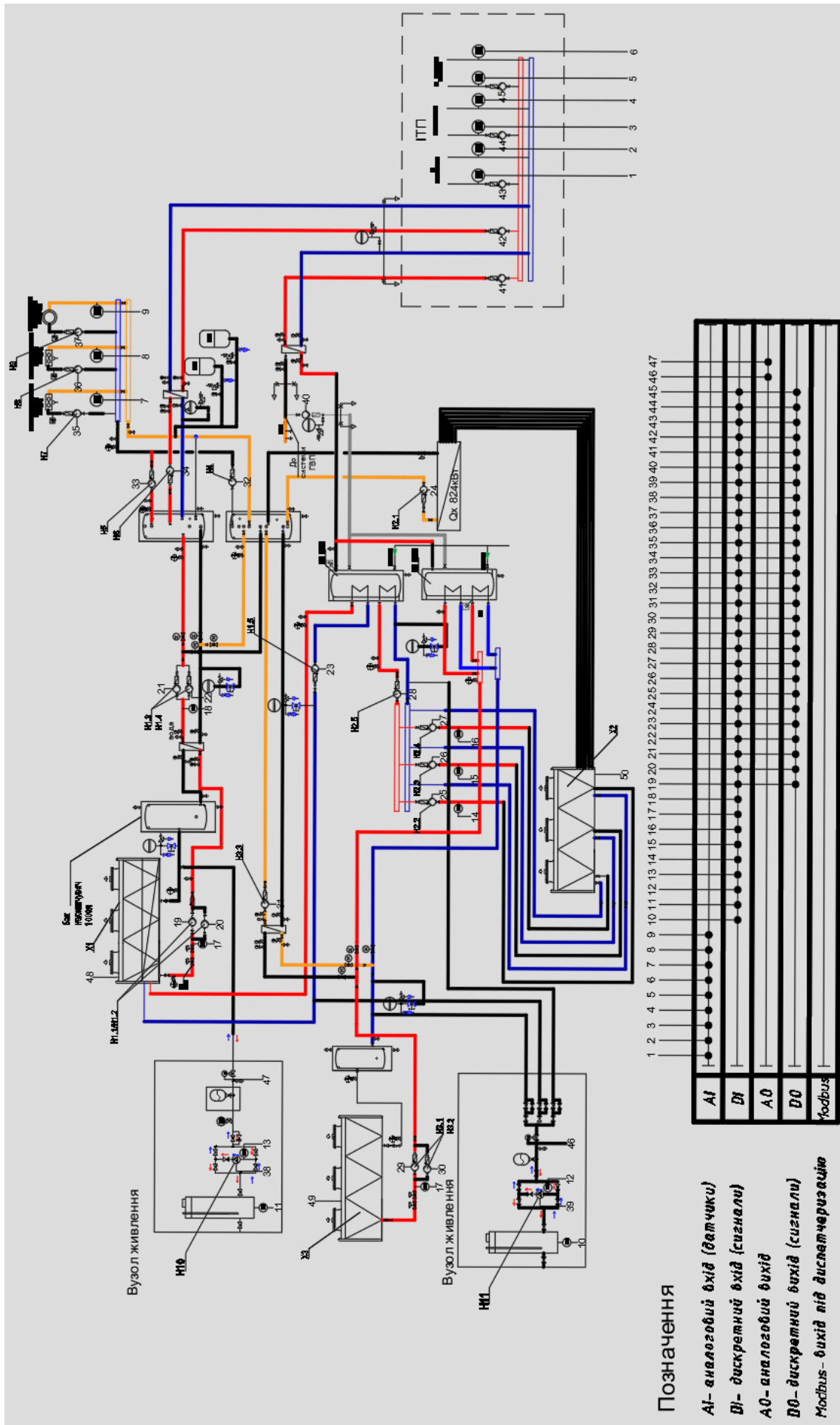


Рис.5.1. Схема автоматизації чилерної

Зм.	Кільк.	Зак.	№ док.	Підпис	Дата

Зм.	Кільк.	Зак.	№ док.	Підпис	Дата

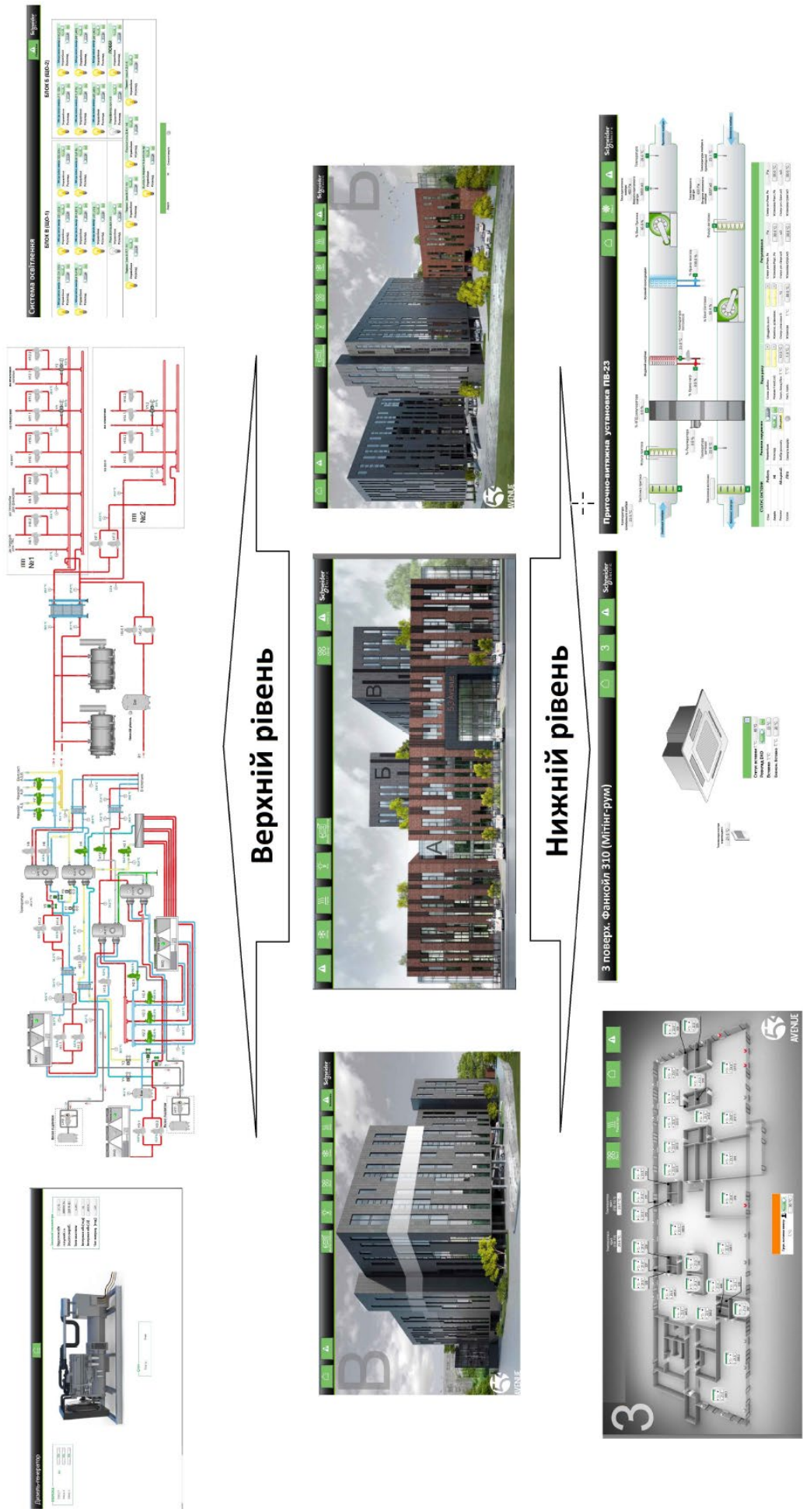


Рис. 5.2. Структура системи диспетчеризації існуючого комплексу

**РОЗДІЛ 6.**  
**ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ**

						ПЗ	Арк.
							53
Зм.	Кільк.	Зак.	№ док.	Підпис	Дата		

## Основні енергозберігаючі заходи, передбачені в проєкті:

**1. Організація обліку та контролю енергоспоживання:** З метою забезпечення ефективного використання енергоресурсів передбачено впровадження приладів обліку споживання теплової енергії, що дозволяє здійснювати постійний моніторинг, аналіз фактичного споживання та своєчасне виявлення нераціональних витрат.

### 2. Архітектурно-планувальні та конструктивно-будівельні рішення:

- Використання сонцезахисних пристроїв для зменшення теплового навантаження на системи кондиціонування в літній період;
- Оптимізація освітлення шляхом максимально можливого використання природного світла та зниження потреб у штучному освітленні;
- Раціональний вибір характеристик скління (тип, площа, коефіцієнт теплопередачі);
- Застосування сучасних теплоізоляційних матеріалів для зовнішніх огорожувальних конструкцій, що знижує тепловтрати будівлі.

### 3. Технічні енергозберігаючі рішення в інженерних системах:

- Впровадження системи холодопостачання типу «чиллер–фанкойл», яка дозволяє не лише ефективно забезпечувати мікроклімат, а й мінімізувати витрати на традиційні джерела енергії.
- Передбачено можливість використання тепла, що відводиться у процесі охолодження, для нагріву води в системі гарячого водопостачання (ГВП), що дозволяє зменшити річне споживання природного газу.
- Застосування конденсаційних газових котлів з ККД до 97% дозволяє ефективно використовувати приховану теплоту парів конденсації, знижуючи витрати палива до 30% у порівнянні з традиційними котлами, та скорочуючи шкідливі викиди CO<sub>2</sub> і NO<sub>x</sub>.

**4. Енергоефективність в системах ОВіК (опалення, вентиляції та кондиціонування):**

						ПЗ	Арк.
							54
Зм.	Кільк.	Зак.	№ док.	Підпис	Дата		

- Теплоізоляція трубопроводів, арматури та обладнання відповідно до вимог ДБН В.2.5-67:2013;
- Мінімізація теплових навантажень на інженерні системи за рахунок використання рекуперації та розумного керування;
- Впровадження сучасних рішень автоматики для підтримки оптимальних режимів роботи з урахуванням реального теплового/холодового навантаження;
- Застосування енергоефективних рішень у проектуванні систем вентиляції та кондиціонування з можливістю повторного використання енергії (рекуперація тепла витяжного повітря);
- Використання циркуляційних насосів з електронним регулюванням частоти обертів (ЕС-технологія) виробництва Wilo, Grundfos тощо, що забезпечують:
  - автоматичну адаптацію до гідравлічних умов мережі,
  - стабільність перепадів тиску в системі,
  - зниження споживання електроенергії до 70% і теплової – до 40%.

#### **5. Спеціалізовані заходи з енергозбереження в котельні:**

- Встановлення сучасних автоматизованих конденсаційних водогрійних котлів;
- Якісна ізоляція трубопроводів, газоходів і арматури;
- Автоматичне регулювання витрат природного газу відповідно до змін теплового навантаження;
- Мережеві насоси з частотними перетворювачами для плавного регулювання подачі теплоносія;
- Встановлення вузла комерційного обліку газу для точного вимірювання та обліку споживання ресурсу.

						ПЗ	Арк.
							55
Зм.	Кільк.	Зак.	№ док.	Підпис	Дата		

## РОЗДІЛ 7.

### Сертифікація за стандартом LEED. Перспективний етап

						ПЗ	Арк.
							56
Зм.	Кільк.	Зак.	№ док.	Підпис	Дата		





Загальна оцінка даного комплексу становить 73 бали на основі сертифікації LEED v.4.1 O+M, що відповідає LEED Gold. Оцінка була проведена шляхом аналізу 12-місячного споживання електроенергії, газу, води, утворення відходів, вимірювання якості повітря в приміщеннях та обстеження транспортної інфраструктури. Загальна оцінка ефективності представлена на графіку нижче.

### Overall Performance Score

for 12 month performance period ending Mar 29, 2024

 **73/100**



Енергоспоживання, яке об'єднує електроенергію та опалення від газового джерела, оцінена в 30 балів з 33 можливих. Що свідчить про дуже хороші енергетичні показники будівлі.

Водовикористання демонструє задовільні показники ефективності використання води, які можна покращити, використовуючи аератори води на змішувачах для туалету та кухні, а також зменшивши витрату води в туалетах з

						ПЗ	Арк.
Зм.	Кільк.	Зак.	№ док.	Підпис	Дата		58

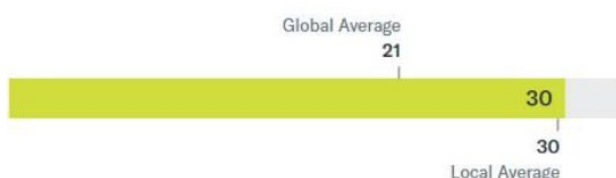
3/6 літрів на змив до 2/4 літрів на змив, якщо сантехнічні прилади дозволяє це зробити. Ще одним шляхом для покращення є використання дощової води для поливу зелених насаджень будівлі.

#### Current Energy Score

for 12 month performance period ending Mar 29, 2024

 30/33

[Breakdown](#)



#### Current Water Score

for 12 month performance period ending Mar 29, 2024

 10/15



Утилізація відходів показує кращі, ніж середні показники. Покращення даного показнику можливе за рахунок більшого сортування та застосування практик з скорочення відходів.

Було проведено опитування більше 220 респондентів, щодо їх маршрутів проїзду до будівлі. Опитування показало високий рівень користування громадським транспортом. Додатково можна покращити ситуацію, встановивши розетки для електросамокатів, створивши додаткові роздягальні та душові для велосипедистів.

#### Current Waste Score

for 12 month performance period ending Mar 29, 2024

 5/8



#### Current Transportation Score

for 12 month performance period ending Mar 29, 2024

 13/14



Оцінка якості повітря в приміщенні ґрунтується на опитуванні орендарів та вимірюванні CO<sub>2</sub>, як правило, показує рівень задоволеності орендарів якістю повітря та умовами теплового комфорту. Вимірювання CO<sub>2</sub> показують хороші

						ПЗ	Арк.
							59
Зм.	Кільк.	Зак.	№ док.	Підпис	Дата		

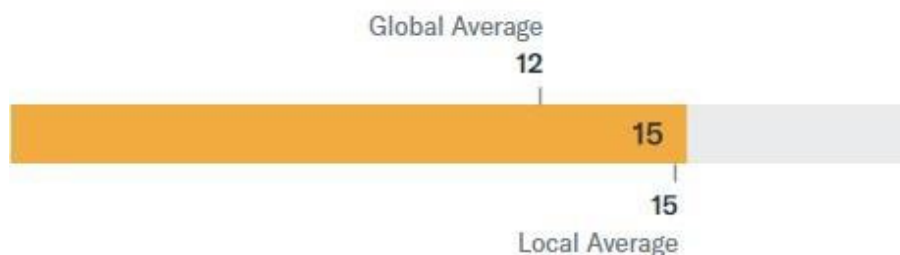
показники вентиляції, що безпосередньо екстраполюється на результати CO<sub>2</sub>.  
Здебільшого ми виявляємо рівні CO<sub>2</sub> нижче 600 ppm.

### Current Human Experience Score

for 12 month performance period ending Mar 29, 2024

 **15/20**

[Breakdown](#)



На основі Паризької угоди 2015 року про плани скорочення викидів парникових газів та обмеження потенціалу глобального потепління будівля тепер може визначати свій глобальний вуглецевий вплив протягом року. Загальні викиди CO<sub>2</sub> будівлі становлять 185 метричних тонн еквівалента CO<sub>2</sub> на рік, що відповідає 8 кгCO<sub>2</sub>e/м<sup>2</sup>/рік. Майбутнє скорочення цих викидів включає використання відновлюваної електроенергії та, за можливості, біогазу.

### Scope 1 and 2 emissions

Cumulative GHG emissions from Mar 30, 2023 - Mar 29, 2024

— Scope 1 — Scope 2

**184.66** MTCO<sub>2</sub>e



### ПОДАЛЬШІ РЕКОМЕНДАЦІЇ:

Для отримання сертифікату максимального рівня PlatinumPlatinum, є необхідність в додаткових дослідженнях та вимірах які дадуть змогу отримати додаткові бали під час проходження сертифікації, а саме:

						ПЗ	Арк.
							60
Зм.	Кільк.	Зак.	№ док.	Підпис	Дата		

а)Тестування зовнішнього освітлення;

б)Тестування ґрунту;

с)Інвентаризація та модернізація обладнання для догляду за територією;

д)Екологічна боротьба зі шкідниками;

						ПЗ	Арк.
							61
Зм.	Кільк.	Зак.	№ док.	Підпис	Дата		

# Сертифікація за стандартом LEED. Перспективний етап

1000209672, Kyiv



## Business Centre AVENUE53

LEED O+M: Existing Buildings (v4.1)

PLATINUM, AWARDED APR 2025



### SUSTAINABLE SITES

AWARDED: 1 / 4

Credit	Rainwater Mgmt	0/1
Credit	Heat Island Reduction	0/1
Credit	Light Pollution Reduction	1/1
Credit	Site Mgmt	0/1



### WATER EFFICIENCY

AWARDED: 11 / 15

Credit	Water Performance	11 / 15
--------	-------------------	---------



### ENERGY & ATMOSPHERE

AWARDED: 30 / 35

Prereq	Energy Efficiency Best Mgmt Practices	0/0
Prereq	Fundamental Refrigerant Mgmt	0/0
Credit	Energy Performance	30/33
Credit	Enhanced Refrigerant Mgmt	0/1
Credit	Grid Harmonization	0/1



### MATERIAL & RESOURCES

AWARDED: 6 / 9

Prereq	Purchasing Policy	0/0
Prereq	Facility Maintenance and Renovations Policy	0/0
Credit	Waste Performance	6/6
Credit	Purchasing	0/1



### INDOOR ENVIRONMENTAL QUALITY

AWARDED: 22 / 22

Prereq	Minimum IAQ	0/0
Prereq	Environmental Tobacco Smoke Control	0/0
Prereq	Green Cleaning Policy	0/0
Credit	Indoor Environmental Quality Performance	22/22
Credit	Integrated Pest Mgmt	1/1
Credit	Green Cleaning	1/1



### INNOVATION

AWARDED: 0 / 1

Credit	Innovation	0/1
--------	------------	-----



### LOCATION & TRANSPORTATION

AWARDED: 13 / 14

Credit	Transportation Performance	13/14
--------	----------------------------	-------

**TOTAL** 83 / 100

45-49 Points CERTIFIED      50-59 Points SILVER      60-79 Points GOLD      80+ Points PLATINUM



# BUSINESS CENTRE AVENUE53

Kyiv, Ukraine

HAS FULFILLED THE REQUIREMENTS OF THE LEED GREEN BUILDING RATING SYSTEM CERTIFICATION ESTABLISHED BY THE U.S. GREEN BUILDING COUNCIL AND VERIFIED BY GREEN BUSINESS CERTIFICATION INC.

LEED v4.1  
OPERATIONS AND MAINTENANCE: EXISTING BUILDINGS

# PLATINUM

April 2025

PETER TEMPLETON, PRESIDENT & CEO  
U.S. GREEN BUILDING COUNCIL & GREEN BUSINESS CERTIFICATION INC.

									Арк.
Зм.	Кільк.	Зак.	№ док.	Підпис	Дата				62

ПЗ



## **РОЗДІЛ 8.**

### **Перспективи розвитку енергозабезпечення офісного комплексу**

						ПЗ	Арк.
							64
Зм.	Кільк.	Зак.	№ док.	Підпис	Дата		

## 8.1. Когенераційні установки на теплджерелах

Когенерація (або комбіноване виробництво енергії, зокрема тепла та електроенергії) - це енергетична технологія, що забезпечує одночасне виробництво теплової та електричної енергії з єдиного джерела [16]. Згідно з Директивою Європейського Співтовариства щодо розвитку когенерації [17], під цим поняттям мається на увазі «одночасне виробництво теплової та електричної і/або механічної енергії в межах одного технологічного процесу». Як правило, джерелом енергії в таких установках виступає котел або інше теплогенеруюче обладнання, а також генератор для виробництва електроенергії.

Когенераційний підхід полягає в максимально ефективному використанні тепла, що виникає як побічний продукт під час виробництва електроенергії. На відміну від традиційних електростанцій, де значна частина теплової енергії викидається в атмосферу, когенераційні системи використовують це тепло для обігріву приміщень, забезпечення гарячого водопостачання, у виробничих технологічних процесах тощо.

### Системи з турбінами протитиску

Один із найпростіших способів реалізації когенерації — використання турбіни протитиску. У цьому випадку одночасне виробництво тепла та електроенергії відбувається завдяки роботі парової турбіни (див. рис. 8.1). Співвідношення виробленої електричної енергії до теплової, як правило, становить в межах від 0,3 до 0,5.

Когенераційні установки на основі газових турбін зазвичай мають нижчу потужність порівняно з паровими системами. Проте, показники ефективності, зокрема коефіцієнт використання енергії та теплопродуктивність, можуть сягати значень до 0,5.

Потужність когенераційних установок з турбінами протитиску, які застосовуються в промисловості, визначається енергоємністю виробничого процесу та параметрами пари високого, середнього і зворотного тиску. Однією

										Арк.
										65
Зм.	Кільк.	Зак.	№ док.	Підпис	Дата				ПЗ	



пари спрямовується з турбіни для подальшого використання як теплового джерела (див. рис. 8.2).

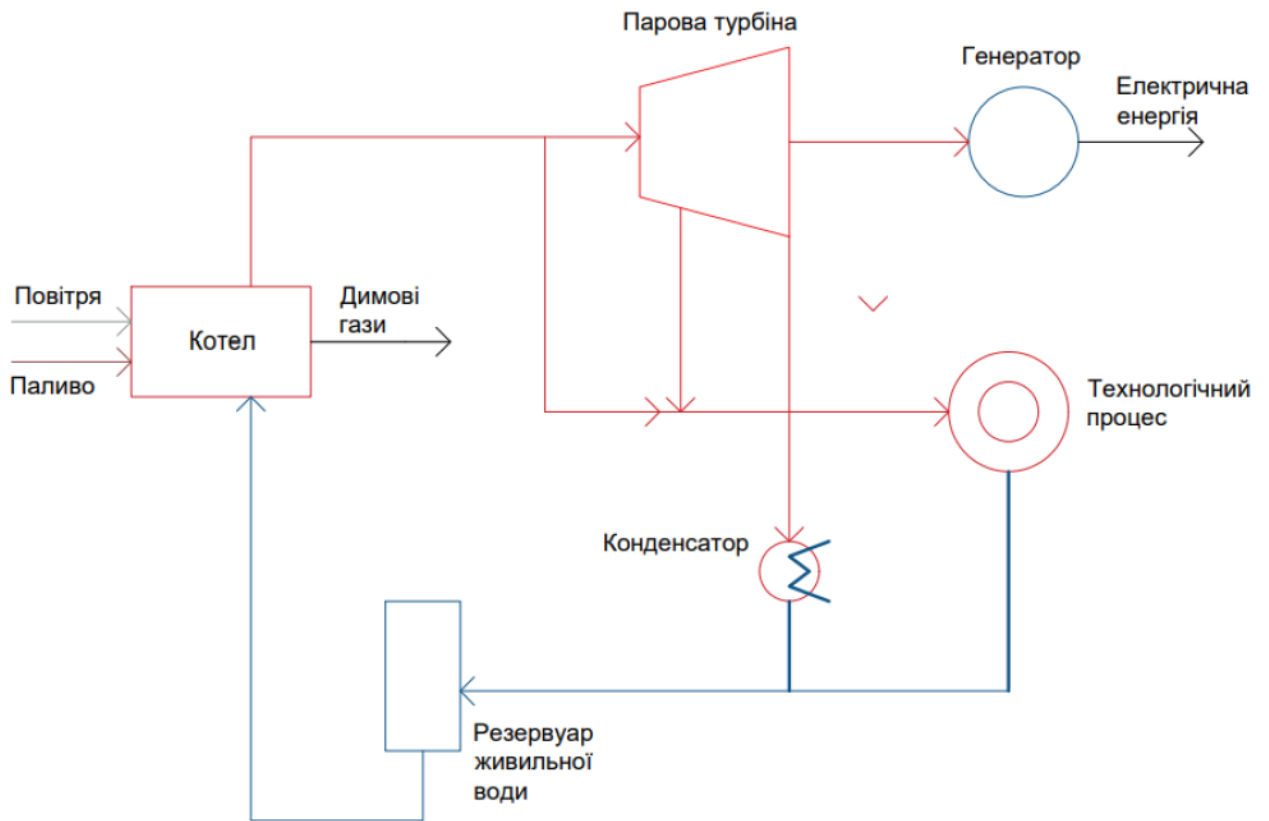


Рисунок 8.2. Когенераційна установка з відбором пари  
Газотурбінні системи з утилізацією тепла

У газотурбінних установках з утилізацією тепла теплова енергія гарячих відпрацьованих газів, що виходять із турбіни, використовується в котлі для виробництва тепла (див. рис. 8.3). Як паливо, в таких системах, зазвичай, застосовують природний газ, нафтопродукти або їх комбінацію. Окрім того, у якості палива можуть використовуватися продукти газифікації твердих чи рідких видів палива.

						ПЗ	Арк.
Зм.	Кільк.	Зак.	№ док.	Підпис	Дата		67

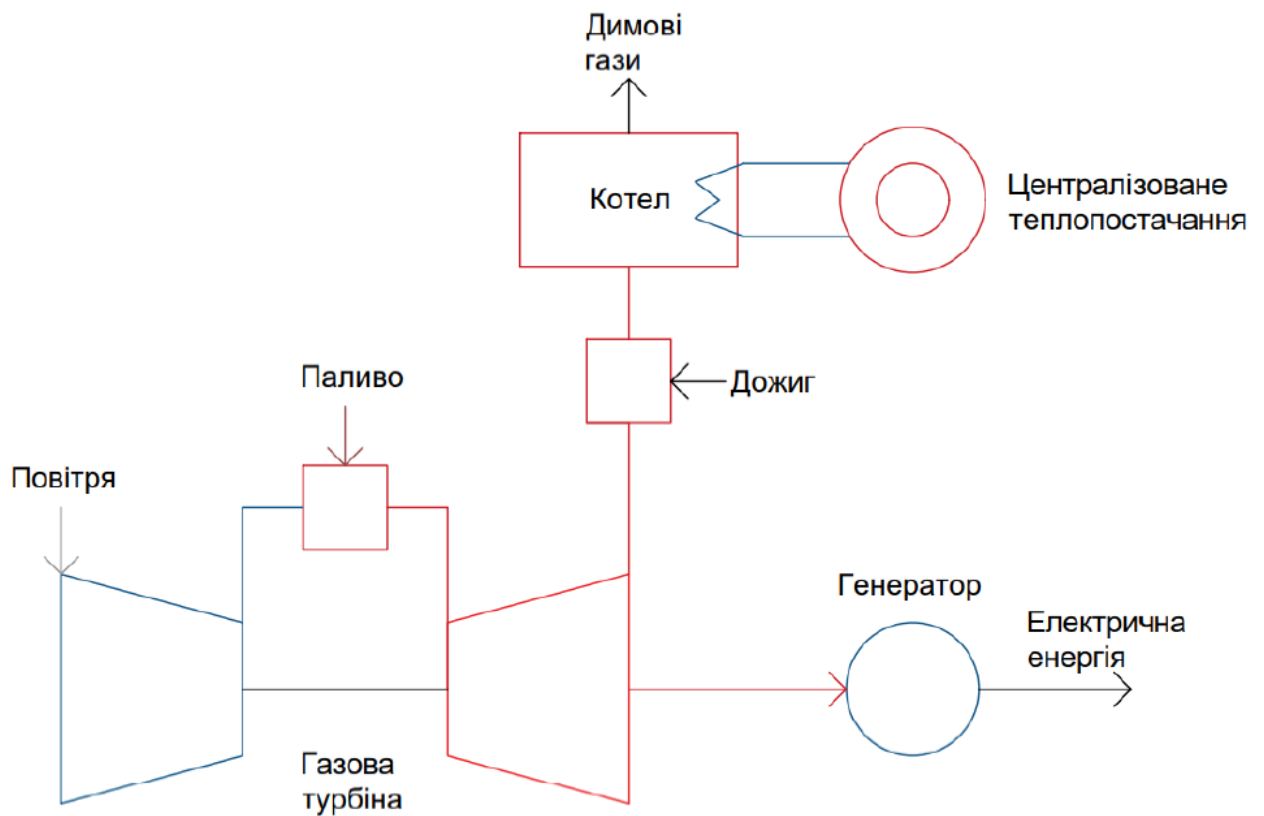


Рисунок 8.3. Газотурбінна когенераційна установка з утилізацією тепла Парогазові системи

Парогазова електростанція, або електростанція комбінованого циклу, включає одну чи кілька газових турбін, які працюють у поєднанні з однією або кількома паровими турбінами (див. рис. 8.4). Такі системи використовуються для когенерації — одночасного виробництва теплової та електричної енергії. Тепло, що міститься у вихлопних газах газової турбіни, рекуперується і використовується для утворення пари, яка далі обертає парову турбіну.

Зазвичай тепла енергія, що утворюється, спрямовується на виробництво додаткової електроенергії, і не йде на потреби опалення чи гарячого водопостачання. Основними перевагами таких систем є високе співвідношення виробленої електроенергії до теплової енергії та високий коефіцієнт корисної дії (ККД).

Одним із перспективних напрямів розвитку парогазових технологій є газифікація твердого палива, яка може застосовуватись у комбінації з комбінованими теплоенергетичними системами. Такий підхід дозволяє суттєво

знизити викиди оксидів сірки та азоту порівняно з традиційним спалюванням твердого палива, оскільки газ очищується після газифікації, але до подачі в турбіну [18].

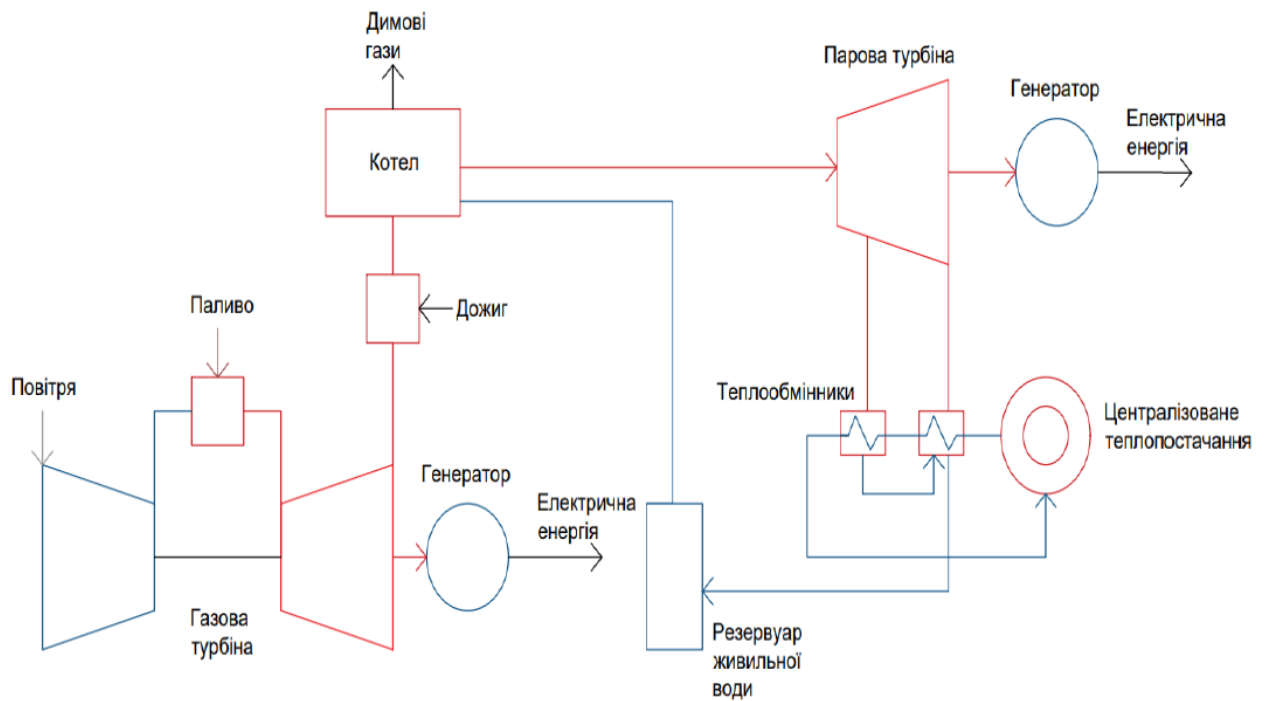


Рисунок 8.4. Когенераційна парогазова установка

## 8.2. Когенераційна установка для першого етапу модернізації даного комплексу

Нижче наведена технічна документація підбору когенераційної установки та креслення.

						ПЗ	Арк.
Зм.	Кільк.	Зак.	№ док.	Підпис	Дата		69



Technical Data Sheet

mtu 12V4000 GS

vt.2025.1.00.00.00

023300142\_300154\_Q01\_1\_12L64\_1521\_50\_500\_EN\_SI\_V1

(GG12V4000D1 from 1197994)

Application		Power Generation		
Operation mode		Grid Parallel		
Engine type		12V4000L64FNER TR		
Voltage / Frequency	V / Hz	400		50
Cooling water temperature (in / out)	°C		77 / 91	
NOx emissions (dry, 5 % O <sub>2</sub> )	mg/m <sup>3</sup> i.N.		< 500	
Mixture cooler 1st stage water temperature (in)	°C			
Mixture cooler 2nd stage water temperature (in)	°C		58	
Exhaust gas temperature	°C		417	
Catalytic converter			not included	
Special equipment				
Elevation above sea level	m / mbar	100		1000
Combustion air temperature	°C		35	
Maximum ambient air dew point on site	°C		26.0	
Standard specifications and regulations				

<b>Energy balance</b>				
Electrical Power <sup>2) 3)</sup>	%	100	75	50
Energy input <sup>4) 5)</sup>	kW	1521	1140	760
Thermal output total <sup>6)</sup>	kW	3428	2618	1822
Thermal output engine (block, lube oil, 1st stage mixture cooler) <sup>6)</sup>	kW	1566	1224	875
Thermal output mixture cooler 1st stage <sup>6)</sup>	kW	849	619	421
Thermal output mixture cooler 2nd stage	kW	79	49	29
Exhaust heat optional ( 120 °C ) <sup>6)</sup>	kW	( 717 )	( 605 )	( 454 )
Engine power ISO 3046-1 <sup>2)</sup>	kW	1560	1170	783
Generator efficiency at power factor = 1	%	97.5	97.5	97.1
Electrical efficiency <sup>4)</sup>	%	44.4	43.6	41.7
Total efficiency	%	90.1	90.3	89.7
Power consumption <sup>7)</sup>	kW			

<b>Combustion air / Exhaust gas</b>				
Combustion air volume flow <sup>1)</sup>	m <sup>3</sup> i.N./h	5700	4252	2900
Combustion air mass flow	kg/h	7363	5492	3747
Exhaust gas volume flow, wet <sup>1)</sup>	m <sup>3</sup> i.N./h	5990	4473	3055
Exhaust gas volume flow, dry <sup>1)</sup>	m <sup>3</sup> i.N./h	5354	3988	2718
Exhaust gas mass flow, wet	kg/h	7615	5685	3881
Exhaust temperature after turbocharger	°C	417	455	487

<b>Reference fuel <sup>8)</sup></b>				
Natural gas			CH <sub>4</sub> >95 Vol.%	
Sewage gas			not applicable	
Biogas			not applicable	
Landfill gas			not applicable	
Propane HD 5			not applicable	

<b>Fuel requirements <sup>9)</sup></b>				
Nominal rated methane number	MN		80	
Range of heating value: design / operation range without power derating	kWh/m <sup>3</sup> i.N.		10.0 - 10.5 / 8.0 - 11.0	
<b>Exhaust gas emissions <sup>9) 8)</sup> Compliance with emissions standards only for ≥ 760 kWel</b>				<b>Raw emissions</b>
NOx, stated as NO <sub>2</sub> (dry, 5 % O <sub>2</sub> )	mg/m <sup>3</sup> i.N.		< 500	
CO (dry, 5 % O <sub>2</sub> )	mg/m <sup>3</sup> i.N.		< 1000	
HCHO (dry, 5 % O <sub>2</sub> )	mg/m <sup>3</sup> i.N.		< 120	
VOC (dry, 5 % O <sub>2</sub> )	mg/m <sup>3</sup> i.N.			

<b>Otto-gas engine, lean burn operation with turbocharging</b>				
Number of cylinders / configuration		12	/	v
Engine type			12V4000L64FNER TR	
Engine speed	1/min		1500	
Bore	mm		170.0	
Stroke	mm		210.0	
Displacement	dm <sup>3</sup>		57.2	
Mean piston speed	m/s		10.5	
Compression ratio			12.5	
BMEP at nominal engine speed min-1	bar	21.8		
Lube oil consumption <sup>10)</sup>	dm <sup>3</sup> /h	0.27		
Exhaust back pressure min. - max. after module	mbar - mbar		30 - 60	
Turbocharger setting			H66-TA60	

<b>Generator</b>				
Generator type			LSA 52.3 L9 C6S4	
Rating power (temperature rise class F) <sup>11)</sup>	kVA		2152	
Insulation class / temperature rise class			H / F	
Winding pitch			2/3	
Protection			IP 23	
Max. allowable p.f. inductive (overexcited) / capacitive (underexcited) <sup>12)</sup>			0.8 / 1.0	
Voltage tolerance / frequency tolerance	%		± 5 / ± 5	
Sustained Short Circuit I <sub>k</sub> / Initial Short Circuit Current I <sub>k1</sub> (Phase-Earth) - I <sub>k2</sub> (Phase-Phase) - I <sub>k3</sub> (3 Phase)	kA		9.3 / 34.8 - 21.9 - 25.3	
Arclash withstand capability	KA-s		80-1.0	

<b>Engine cooling water system</b>				
Coolant temperature (in / out), design	°C		77 / 91	
Coolant flow rate, constant <sup>13) 14)</sup>	m <sup>3</sup> /h		60.0	
Pressure drop, design <sup>14)</sup>	Cv value <sup>13) 15)</sup>	bar / m <sup>3</sup> /h	2.5	38.1
Max. operation pressure (coolant before engine)	bar		6	
<b>Mixture cooler 1st stage, external</b>				
Coolant temperature (in / out), design	°C			
Coolant volumetric flow, design, constant <sup>13) 14)</sup>	m <sup>3</sup> /h			
Pressure drop, design <sup>14)</sup>	Cv value <sup>13) 15)</sup>	bar / m <sup>3</sup> /h		
Min. coolant flow rate / min. operation gauge pressure	m <sup>3</sup> /h / bar			
Max. operation pressure before mixture cooler	bar			

										Арк.
Зм.	Кільк.	Зак.	№ док.	Підпис	Дата					70



Technical Data Sheet

mtu 12V4000 GS

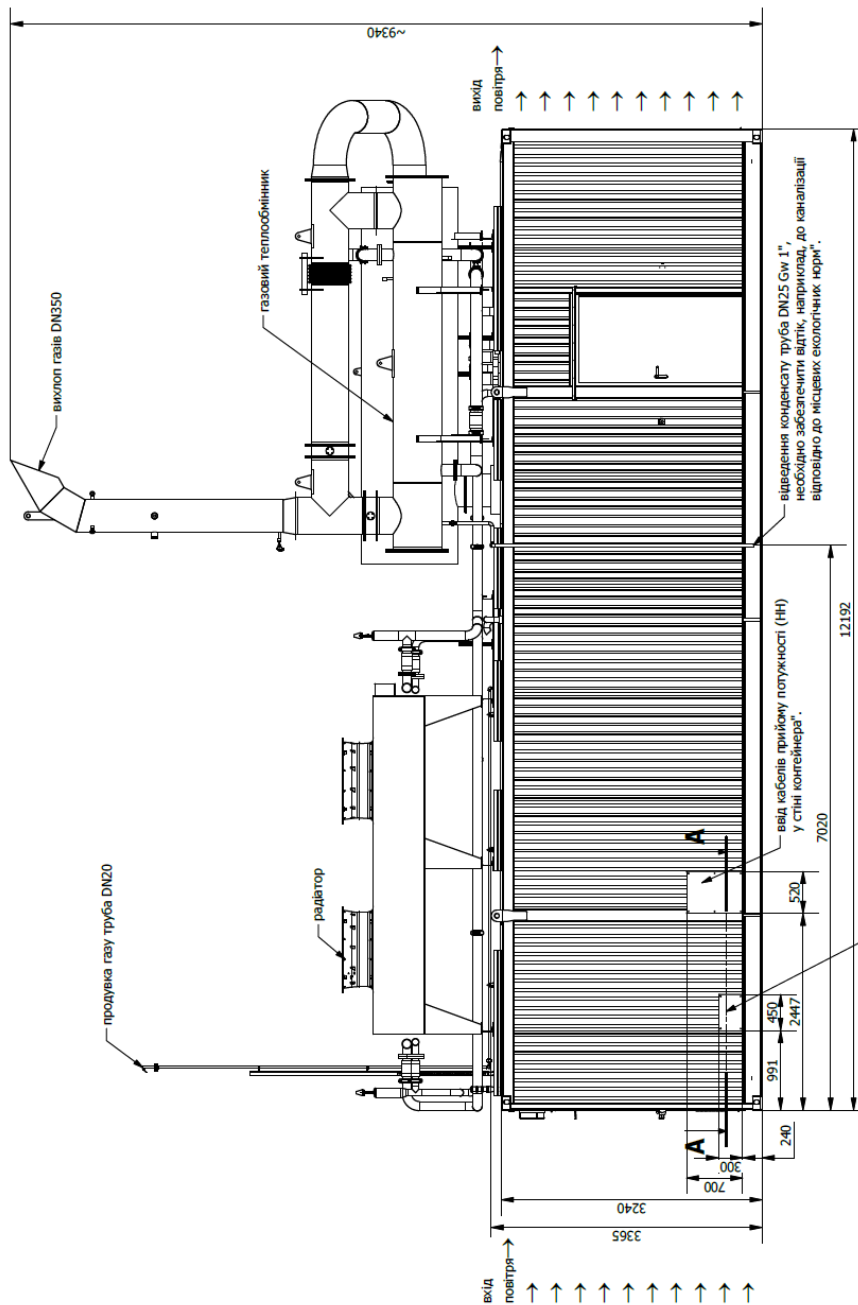
023300142\_300154\_Q01\_1\_12L64\_1521\_50\_500\_EN\_SI\_V1

{GG12V4000D1 from 1197994}

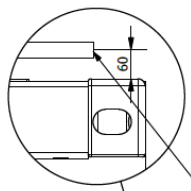
Table with technical specifications including Mixture cooler 2nd stage, external; Heating circuit interface; Room ventilation; Gearbox; Starter battery; Filling quantities; Gas regulation line; Engine sound level; Undampened exhaust noise; Dimensions (aggregate); Power derating; Boundary conditions and consumables.

- 1) Normal cubic meter at 1013 mbar and T = 273 K
2) Prime power operation will be designed specific to the project
3) Generator gross power at nominal voltage, power factor = 1 and nominal frequency (ISO 8528-6)
4) According to ISO 3046 (+ 5 % tolerance), using reference fuel used at nominal voltage, power factor = 1 and nominal frequency
5) Emission values during grid parallel operation
6) Thermal output at layout temperature; tolerance +/- 8 %
7) Max. admissible cos phi depending on voltage in accordance with the requirements of the valid 'Standard specifications and regulations'
8) Deviations from the layout parameters respectively the reference fuel can have influence on the obtained efficiency and exhaust emissions
9) Functional capability
10) Reference value at nominal load (without amount of oil exchange) oil density set to 860g/l
11) If the voltage tolerance is greater than +/-5%, the theoretical service life of the insulation system may be reduced due to the permanent max. nominal conditions of the generator.
12) Max. allowable cos phi at nominal power (view of producer)
13) Stated values for cooling fluid composition 65% water and 35% glycol, adaption for use of other cooling fluid composition necessary
The system design must consider the tolerance.
14) Pressure loss at reference flow rate
15) The Cv value declares the volumetric flow in m³/h at a pressure drop of 1 bar. Min. and max. flow rate limits are defined.
16) Stated values for pure water, adaption for other cooling fluid composition necessary
17) Only generator- and surface losses
18) Frost-free conditions must be guaranteed
19) Amount of ventilation air must be adapted to the gas safety concept
20) Assemblies including pipe work
21) All sound pressure levels at nominal load, according to ISO 8528-10 and ISO 6798.
22) Max. admissible cos phi depending on voltage in accordance with the requirements of the valid 'Standard specifications and regulations'

						ПЗ	Арк.
							72
Зм.	Кільк.	Зак.	№ док.	Підпис	Дата		



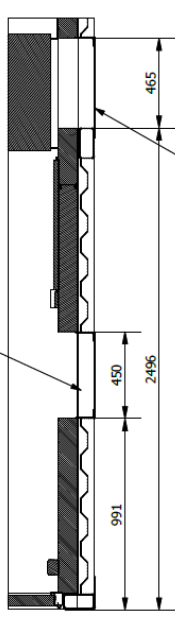
**szczegóła (1 : 10)**



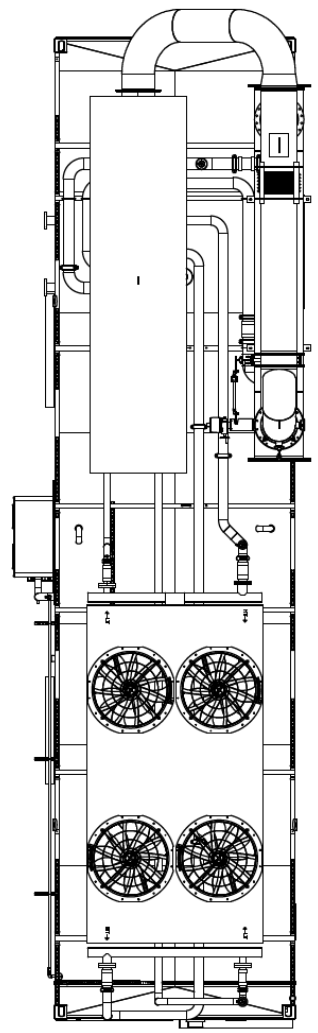
введення конденсату труба DN25 Gw 1",  
необхідно забезпечити відтік, наприклад, до каналізації  
відповідно до місцевих екологічних норм.

**A-A (1 : 25)**

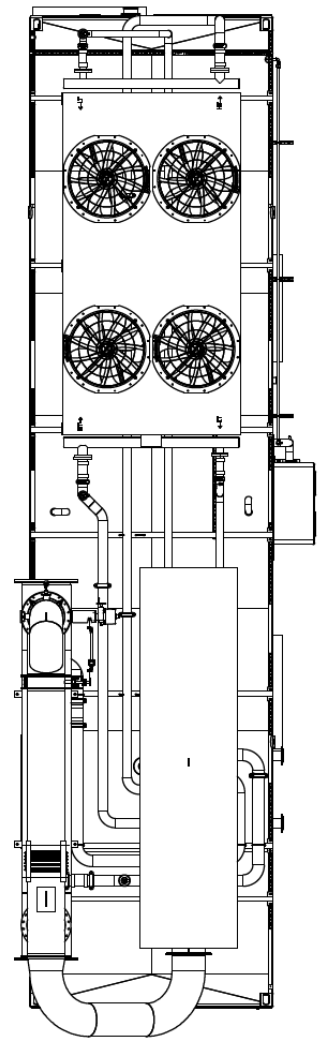
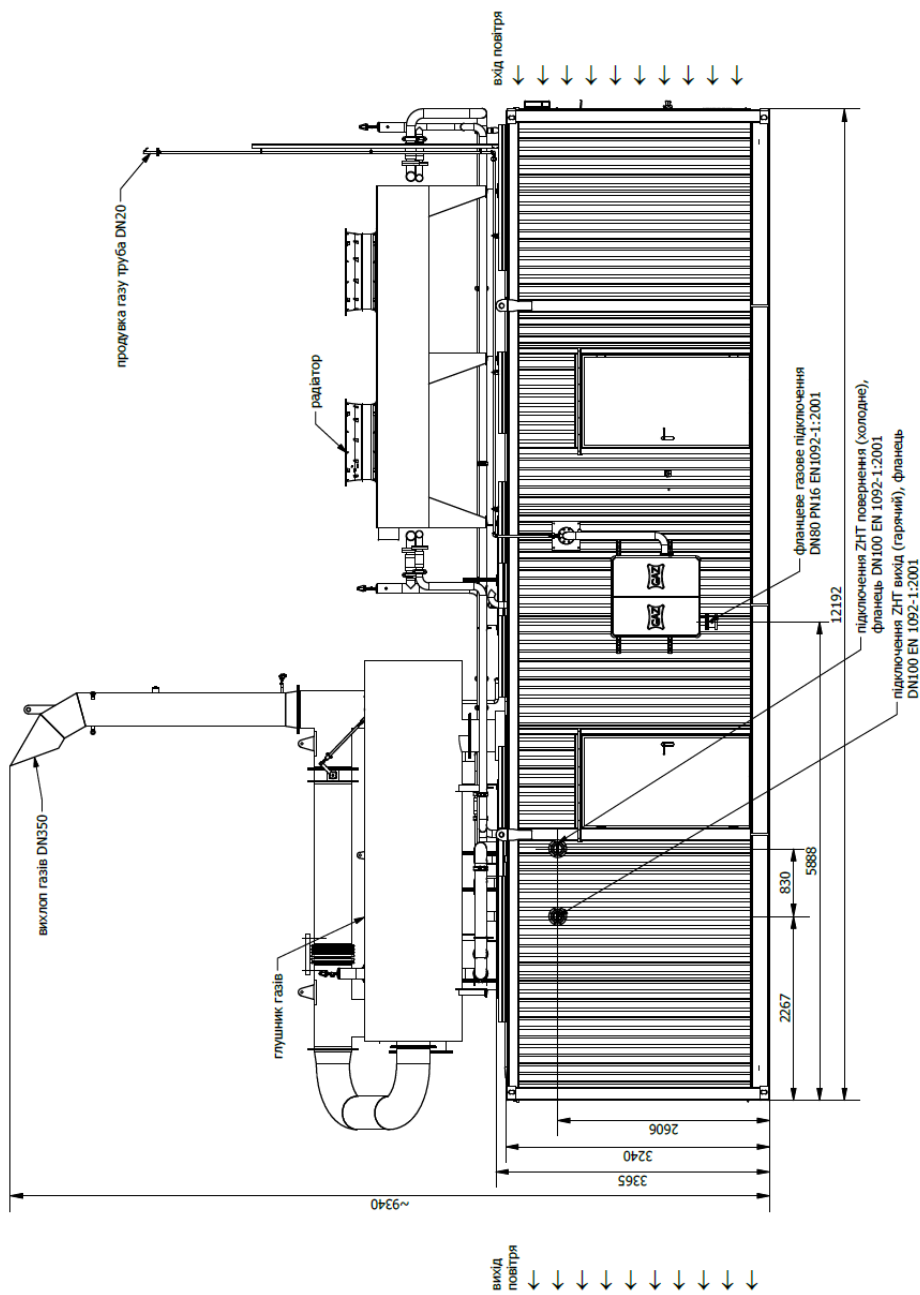
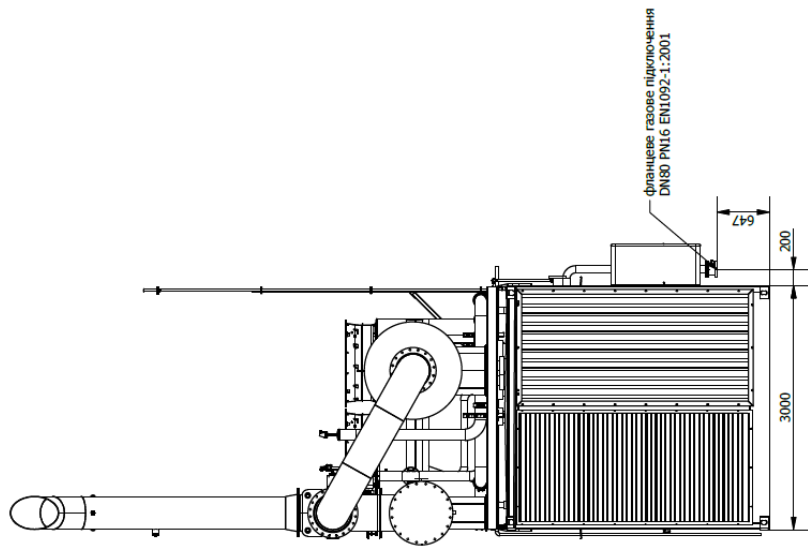
Прохід кабелів:  
опіральних  
живлення власних потреб (НН) у стні контейнера



Увага:  
Маса комплектної контейнерної установки: 45700 кг  
Маса контейнера для транспортування: 35500 кг.



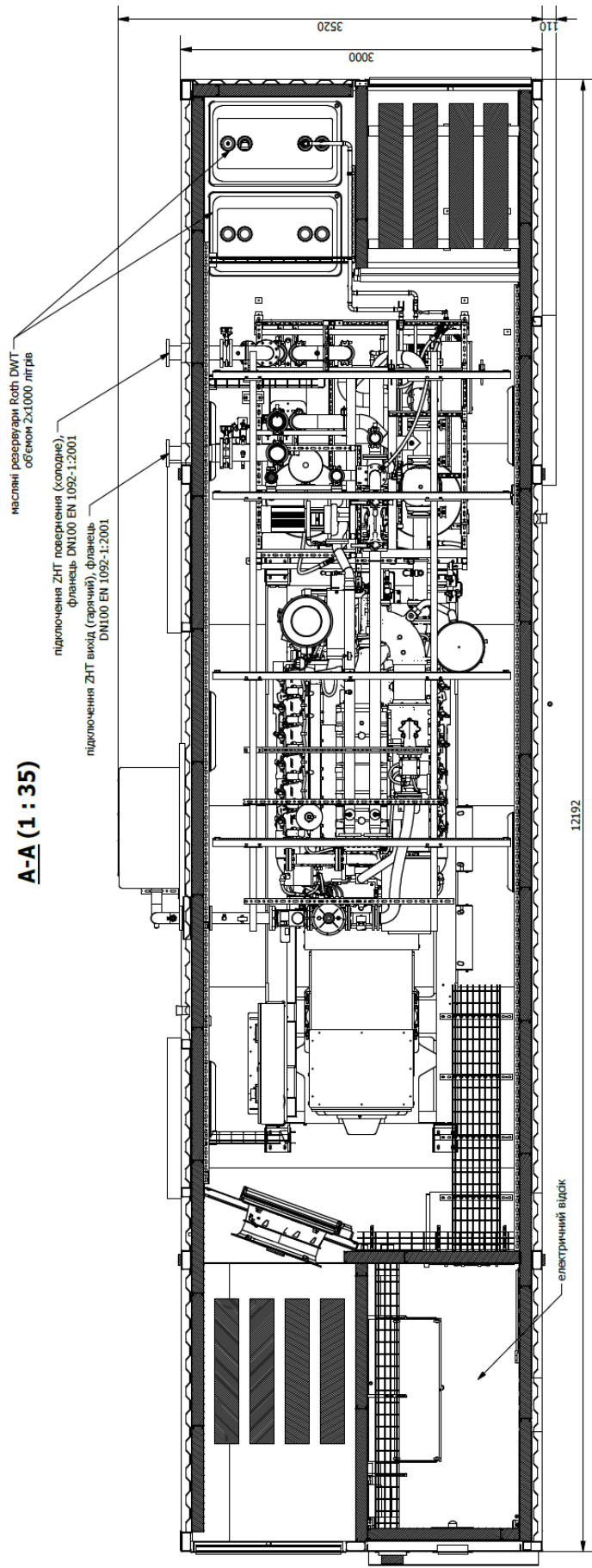
Зм.	Кільк.	Зак.	№ док.	Підпис	Дата



Увага:  
 Маса комплектної контейнерної установки: 45700 кг  
 Маса контейнера для транспортування: 35500 кг.

Зм.	Кільк.	Зак.	№ док.	Підпис	Дата

**A-A (1 : 35)**



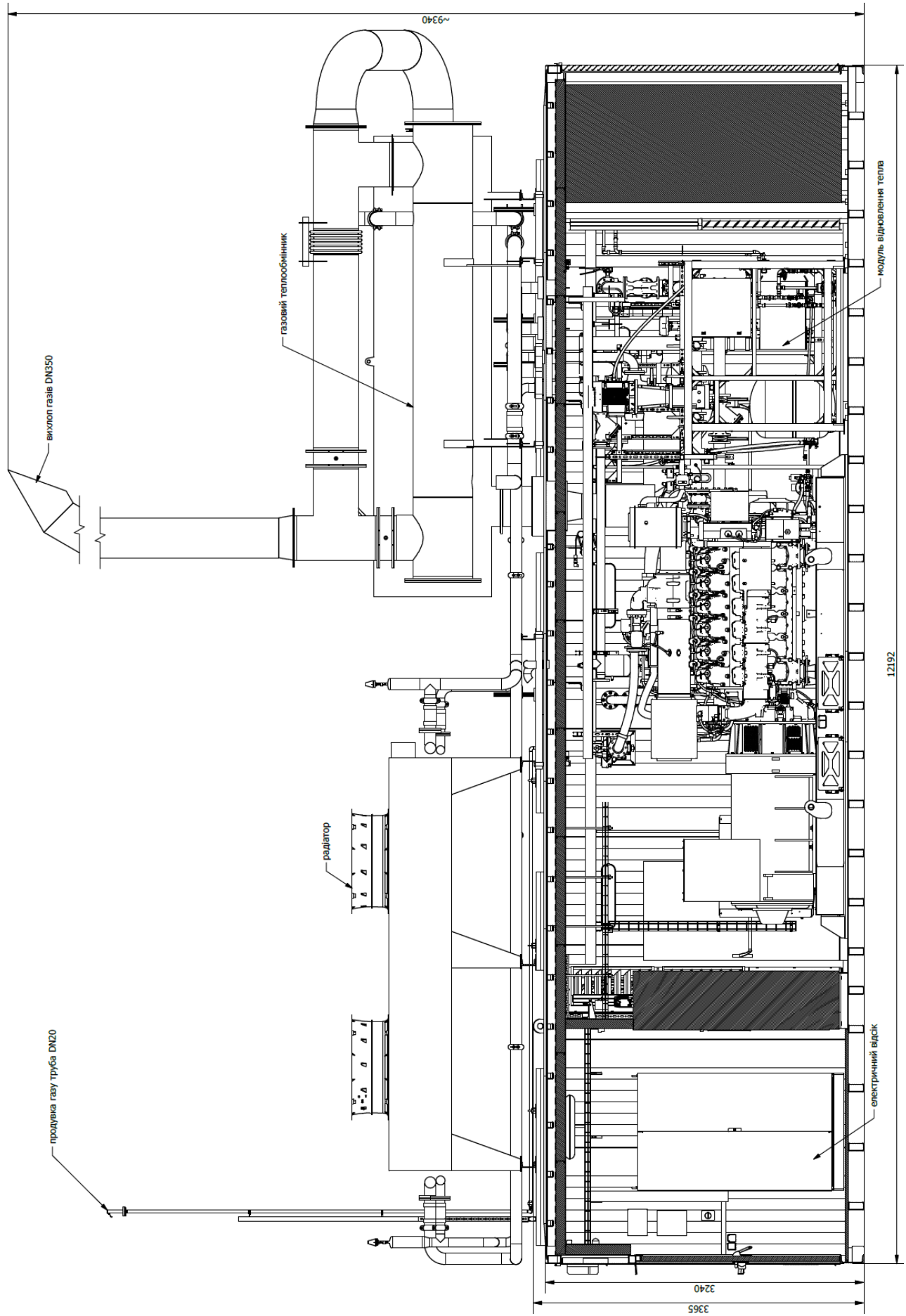
Увага:  
 Маса комплектної контейнерної установки: 45700 кг  
 Маса контейнера для транспортування: 35500 кг.

Зм.	Кільк.	Зак.	№ док.	Підпис	Дата

ПЗ

Арк.

75



Зм.	Кільк.	Зак.	№ док.	Підпис	Дата

ПЗ

Арк.

76



LECTROLYSERS виробляють водень, який направляється до "HYDROGEN STORAGE" (блок для накопичення та зберігання водню).

Водень використовується для:

1. Заправки транспорту на водневому паливі ("RETAIL STATION")
2. Постачання на "GAS POWER PLANT" (газову електростанцію), яка може генерувати додаткову електроенергію в разі потреби та у разі аварійних ситуацій з відсутності електроенергії

Одним з головних користувачів системи є "INDUSTRY" (об'єкт Промисловості на території якого встановлюється ця система). Цей об'єкт отримує стабільну електроенергію (опалення/охолодження від когенераційної системи).

Аналіз системи:

1. Комплексний підхід: Система інтегрує різні технології генерації, зберігання та використання енергії для створення стабільного та гнучкого енергопостачання.

2. Перевага відновлюваних джерел: Основу системи складають вітрова та сонячна енергетика, що відповідає сучасним трендам декарбонізації.

3. Рішення проблеми переривчастості: Відновлювані джерела енергії мають недолік у вигляді непостійності генерації (залежність від погоди). Ця система вирішує проблему через:

- Накопичення електроенергії в акумуляторах
- Перетворення надлишкової електроенергії у водень для довгострокового зберігання
- Можливість генерації електроенергії з водню через газову електростанцію при дефіциті

4. Секторальна інтеграція: Схема демонструє зв'язок між різними секторами економіки - енергетикою, транспортом та промисловістю.

5. Перспективність водневих технологій: Особлива увага приділяється "водневій економіці" як важливому компоненту майбутніх енергетичних систем, що дозволяє ефективно зберігати та транспортувати енергію.

						ПЗ	Арк.
							78
Зм.	Кільк.	Зак.	№ док.	Підпис	Дата		

Така інтегрована система представляє сучасний підхід до створення сталої енергетичної інфраструктури, яка балансує між надійністю постачання, екологічністю та економічною ефективністю.

### **Економічна ефективність гібридних енергетичних систем: кейс-аналіз**

В проєкті розглядається економічна ефективність використання гібридної енергосистеми на базі когенерації та системи накопичення електроенергії. Проаналізовано кейс офісного комплексу (Україна), у якому впроваджено когенераційну установку (1 МВт) та СНЕ (1 МВт / 4 МВт·год). Проведено оцінку внутрішньої норми дохідності (IRR), чистої приведеної вартості (NPV), строку окупності (РВР) та чутливості до зміни вартості енергоресурсів. Показано, що поєднання когенерації та СНЕ є економічно доцільним варіантом у порівнянні з окремими системами. Результати можуть бути корисними для проєктантів енергоефективних рішень та інвесторів.

Ключові слова: когенерація, система накопичення енергії, економічна ефективність, гібридна енергосистема, IRR, NPV, енергетичний арбітраж.

Зростання вартості енергоресурсів, загрози енергетичній безпеці та потреба у зменшенні викидів CO<sub>2</sub> стимулюють пошук ефективних інженерних рішень в енергетиці. Одним із перспективних підходів є інтеграція когенерації та систем накопичення енергії (СНЕ), які дозволяють оптимізувати виробництво та споживання електроенергії.

Гіпотеза дослідження: поєднання когенерації та СНЕ забезпечує вищу економічну ефективність порівняно з використанням окремих технологій.

У сучасній літературі доведено, що когенераційні системи можуть підвищити ККД до 85–92% [19], однак їх ефективність зменшується при нестабільному попиті. Системи накопичення енергії, у свою чергу, ефективні для енергетичного арбітражу та підвищення енергобезпеки [20,21]. Дослідження [22] показують, що гібридні системи забезпечують гнучкість, знижують витрати та мають коротший строк окупності.

						ПЗ	Арк.
							79
Зм.	Кільк.	Зак.	№ док.	Підпис	Дата		

## Методологія дослідження

Об'єктом дослідження є проєкт офісного комплексу, реалізований у м. Київ на комерційному об'єкті. Проєкт включає:

- когенераційну установку: 1 МВт (газопоршнева);
- систему накопичення: 1 МВт потужності, 4 МВт·год об'єм;
- загальні інвестиції: \$1 625 000.

## Методи аналізу:

- розрахунок IRR, NPV, PBP;
- дисконтована грошова модель на 10 років (ставка дисконту — 10%);
- стрес-тестування (зміна ціни газу до 530 \$/1000 м<sup>3</sup>. змінами прогнозованої вартості кВт (погодинно);
- порівняння сценаріїв: тільки когенерація, тільки СНЕ, комбінована система.

Фінансові показники базуються на середній ціні газу 330–420 \$/тис. м<sup>3</sup> та вартості електроенергії на РДН (5 грн/кВт·год із ростом 5% щороку).

## Результати

Показник      Значення

Внутрішня норма дохідності (IRR)      16.68%

Строк окупності (PBP)      < 5 років

NPV      \$738 935

Дисконтоване NPV (10%) \$202 424

Усі показники демонструють інвестиційну привабливість проєкту. Стрес-тестування підтверджує стійкість проєкту навіть при зростанні вартості газу, за умови гнучкого сценарного управління (відключення когенерації, використання СНЕ).

## Обговорення

Результати підтверджують гіпотезу: гібридна система забезпечує кращі фінансові результати. Система накопичення дозволяє оптимізувати графік генерації, заробляти на арбітражі та забезпечувати резервне живлення.

						ПЗ	Арк.
							80
Зм.	Кільк.	Зак.	№ док.	Підпис	Дата		

Найбільш ефективний режим роботи — 24/7 при 100% навантаженні когенерації та використанні СНЕ на 75% циклу.

Комерційний ефект додатково посилюється завдяки:

- участі в балансуєчому ринку;
- продажу тепла (не враховано в базовій моделі);
- можливості переходу на біогаз та інші джерела;
- Можливість використання нашків електроенергії для виробництва водню

#### Висновки

Даний офісний комплекс- приклад економічно ефективного та інженерно збалансованого рішення. Гібридна модель демонструє високу інвестиційну привабливість ( $IRR > 16\%$ ), короткий період окупності, стійкість до змін зовнішнього середовища. Результати дослідження підтверджують доцільність масштабування таких систем для промислових об'єктів, логістичних центрів і комерційних майданчиків.

#### Перспективи подальших досліджень

У майбутніх роботах доцільно дослідити динамічне управління навантаженням, оптимізацію циклів заряд/розряд батарей, а також сценарії інтеграції з ВДЕ.

						ПЗ	Арк.
							81
Зм.	Кільк.	Зак.	№ док.	Підпис	Дата		

## ЛІТЕРАТУРА

1. ДБН В.2.5-67:2013 – «Опалення, вентиляція та кондиціонування».
2. ДСТУ-НБВ 1.1-27:2010 – «Будівельна кліматологія».
3. ДБН В.2.6-31:2021– «Теплова ізоляція будівель».
4. ДБН В.1.1-31:2013-«Захист територій, будинків і споруд від шуму».
5. ДБН В.2.5-39:2008 «Зовнішні мережі та споруди. Теплові мережі».
6. ДБН В.2.5-77:2014 «Котельні».
7. ДБН В.2.5-20-2018. «Газопостачання».
8. ДБН В.2.2-28:2010 « Будинки адміністративного та побутового призначення».
9. ДБН В.1.1-7:2016 – «Пожежна безпека об'єктів будівництва».
- 10.ДСТУ Б EN 13779:2011 «Вентиляція громадських будівель. Вимоги до виконання систем вентиляції та кондиціонування будівель».
- 11.ДСТУ Б А.2.2-12:2015 «ЕНЕРГЕТИЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ БУДІВЕЛЬ. Метод розрахунку енергоспоживання при опаленні, охолодженні, вентиляції, освітленні та гарячому водопостачанні».
- 12.ДСТУ-Н Б А.2.2-5:2007 «Настанова з розроблення та складання енергетичного паспорта будинків при новому будівництві та реконструкції».
- 13.ДСТУ Б В.2.6-189:2013 «Методи вибору теплоізоляційного матеріалу для утеплення будівель»
- 14.ДСТУ EN15251 «Розрахункові параметри мікроклімату приміщень для проектування та оцінки енергетичних характеристик будівель по відношенню до якості повітря, теплового комфорту, освітлення та акустики (EN 15251:2007, IDT)».
- 15.Методичні рекомендації до практичних занять, курсового та дипломного проектування з курсу „ Опалення” на тему: „ Теплотехнічний розрахунок і підбір огорожуючих конструкцій будинків різного призначення” для

						ПЗ	Арк.
							82
Зм.	Кільк.	Зак.	№ док.	Підпис	Дата		

студентів спеціальності 7.092108 „ Теплогазопостачання і вентиляція” /  
Уклад. Є.С. Зайченко.- К.: КДТУБА,1998.-34 с.

16. А. В. Борисенко, В. А. Пешко Основи теплової енергетики: конспект лекцій [Електронний ресурс]: навч. посіб. для здобувачів ступеня бакалавра за спеціальністю 105 Прикладна фізика та наноматеріали / КПІ ім. Ігоря Сікорського; уклад.: А. В. Борисенко, В. А. Пешко. – Електронні текстові дані. – Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2021.– 149 с.
17. Директива 2012/27EU Європейського парламенту та Ради від 25 жовтня 2012 р. 14.11.2012 EN I. 315/1.
18. Meherwan P. Boyce Handbook for Cogeneration and Combined Cycle Power Plants 2nd Edition ASME Press, The American Society of Mechanical Engineers; 2nd edition (March 26, 2010) 776 pages.
19. IEA. Combined Heat and Power (CHP). International Energy Agency, 2022.
20. Lazard. Levelized Cost of Storage 2023. Lazard Reports.
21. Denholm P., Ela E. et al. The Role of Energy Storage in the Modern Power System. NREL, 2020.
22. Зінич П.Л. Вентиляція громадських будівель. Навчальний посібник.- К.: КНУБА, 2002.- 256 с.
23. Захист будинків і споруд від блискавки. Методичні рекомендації до виконання розрахунково- графічної роботи та індивідуальних завдань з охорони праці /Уклад.: О.Г. Вільсон, В.М. Ольховик.- К.: КНУБА, 2002.-32 с.
24. Інженерні рішення з охорони праці при розробці дипломних проектів інженерно- будівельних спеціальностей: Навчальний посібник. – Київ: Основа, 2001.-336 с.
25. Ліцензійна програма АРС-ПС, автор Кугель Я.М.

						ПЗ	Арк.
							83
Зм.	Кільк.	Зак.	№ док.	Підпис	Дата		