

КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
БУДІВНИЦТВА І АРХІТЕКТУРИ

Факультет інженерних систем та екології

(факультет)

Теплотехніки

(назва випускової кафедри)

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА  
ЗДОБУВАЧА СТУПЕНЯ ВИЩОЇ ОСВІТИ МАГІСТР

(бакалавр, магістр)

на тему:

Системи енергоефективного теплохолодопостачання рекреаційної споруди у  
Київської області

Ткаченко Олександр Миколайович

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

Київ 2024 р.

КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
БУДІВНИЦТВА І АРХІТЕКТУРИ

Факультет інженерних систем та екології

(факультет)

Теплотехніки

(назва кафедри)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри  
Михайло КИРИЧЕНКО

„\_\_\_” \_\_\_\_\_ 2024 року

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА  
ЗДОБУВАЧА СТУПЕНЯ ВИЩОЇ ОСВІТИ МАГІСТР

(бакалавр, магістр)

Системи енергоефективного теплохолодопостачання рекреаційної споруди у  
Київської області

(назва)

Я як здобувач вищої освіти КНУБА розумію і підтримую політику закладу з академічної доброчесності. Я не надавав(-ла) і не одержував(-ла) незгоду чи допомогу під час підготовки цієї роботи. Використання ідей, результатів і текстів інших авторів мають посилання на відповідне джерело.

Здобувач Ткаченко Олександр Миколайович  
(прізвище, ім'я та по батькові повністю)

Теплоенергетика  
(спеціальність)  
Енергетичний менеджмент, енергоефективні муніципальні та промислові теплові технології

(освітня програма)

Група ТЕМ-23

Керівник Кириченко М. А.

(прізвище та ініціали)

(вчене звання, науковий ступінь)

Рецензент \_\_\_\_\_

(прізвище та ініціали)

Ідентичність підтверджую

Київ 2024 р.

**КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
БУДІВНИЦТВА І АРХІТЕКТУРИ**

Факультет інженерних систем та екології  
Випускова кафедра: теплотехніки  
Ступінь вищої освіти: магістр  
Спеціальність: теплоенергетика  
Освітня програма: енергетичний менеджмент, енергоефективні муніципальні та промислові теплові технології

**ЗАТВЕРДЖУЮ**

Завідувач кафедри теплотехніки  
Михайло КИРИЧЕНКО  
„\_\_\_” \_\_\_\_\_ 2024 року

**З А В Д А Н Н Я  
ДО ВИКОНАННЯ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ  
ЗДОБУВАЧА СТУПЕНЯ ВИЩОЇ ОСВІТИ МАГІСТР**

(бакалавр, магістр)

Ткаченко Олександр Миколайович

(прізвище, ім'я та по батькові здобувача)

1. Тема роботи Системи енергоефективного теплохолодопостачання рекреаційної споруди у Київській області  
затверджена наказом ректора КНУБА №\_\_\_ від «\_»\_\_\_20\_\_ року

2. Керівник роботи Кириченко Михайло Анатолійович, доцент,

канд. техн. наук

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

3. Термін подання здобувачем роботи до захисту \_\_\_\_\_

4. Зміст пояснювальної записки за розділами:

Р. 1. Завдання та характеристика об'єкту

Р. 2. Теплотехнічний розрахунок приміщень

Р. 3. Опалення

Р. 4. Вентиляція

Р. 5. Кондиціонування

Р. 6. Автоматизація

Р. 7. Джерело теплоти/холоду

Р. 8. Дослідження особливостей роботи запроєктованого теплового насосу

Список використаної літератури

## 5. Графічний матеріал за розділами

- Р. 1. Арк. 2-4. Плани цокольного і першого поверхів, конструкція покрівлі
- Р. 2. Арк. 2, 3 Опалення цокольного і першого поверхів. Вентиляція та охолодження цокольного і першого поверхів.
- Р. 3. Арк. 2, 5. Опалення цокольного і першого поверхів. Аксонометричні схеми та вузли обв'язки систем опалення та теплопостачання ПВУ
- Р. 4. Арк. 3, 5, 6, 7. Вентиляція та охолодження цокольного і першого поверхів. Аксонометричні схеми та вузли обв'язки систем опалення та теплопостачання ПВУ. Аксонометричні схеми та обв'язки систем тепло-, холодопостачання фанкойлів та ПВУ. Аксонометричні схеми системи вентиляції та охолодження
- Р. 5. Арк. 3, 4, 6, 7. Вентиляція та охолодження цокольного і першого поверхів. Відведення дренажу від систем охолодження. Аксонометричні схеми та обв'язки систем тепло-, холодопостачання фанкойлів та ПВУ. Аксонометричні схеми системи вентиляції та охолодження.
- Р. 6. Арк. 8. Автоматизація роботи припливно-витяжних установок
- Р. 7. Арк. 1. Функціональна схема тепло-, холодопостачання
- Р. 8. Арк. 10. Наукова частина кваліфікаційної роботи

## 6. Консультанти розділів кваліфікаційної випускної 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.			

## 7. Календарний план виконання роботи:

Види робіт та їх зміст	Дата виконання
Розділ 1. Завдання та характеристика об'єкту	
Розділ 2. Теплотехнічний розрахунок приміщень	
Розділ 3. Опалення	
Розділ 4. Вентиляція	
Розділ 5. Кондиціонування	
Розділ 6. Автоматизація	
Розділ 7. Джерело теплоти/холоду	
Розділ 8. Дослідження особливостей роботи запроєктованого теплового насосу	
Остаточне оформлення роботи	
Направлення роботи для перевірки на плагіат	

Попередній захист роботи на випусковій кафедрі	
Направлення роботи на рецензування	

8. Дата видачі завдання \_\_\_\_\_

Керівник

\_\_\_\_\_  
(підпис)

Кириченко М. А.

\_\_\_\_\_  
(прізвище та ініціали)

Здобувач

\_\_\_\_\_  
(підпис)

Ткаченко О. М.

\_\_\_\_\_  
(прізвище та ініціали)

## ЗМІСТ

ВСТУП .....	8
1. ЗАВДАННЯ ТА ХАРАКТЕРИСТИКА ОБ'ЄКТУ .....	13
2. ТЕПЛОТЕХНІЧНИЙ РОЗРАХУНОК ПРИМІЩЕНЬ.....	17
2.1. ПІДБІР ОГОРОДЖУЮЧИХ КОНСТРУКЦІЙ .....	18
2.2 РОЗРАХУНОК ТЕПЛОВТРАТ БУДІВЛІ .....	20
2.3 РОЗРАХУНОК ТЕПЛОНаДХОДЖЕНЬ У ПРИМІЩЕННЯ.....	22
3. ОПАЛЕННЯ .....	30
3.1 ВОДЯНЕ ОПАЛЕННЯ ТИПУ ТЕПЛА ПІДЛОГА.....	31
3.2 ОПАЛЕННЯ КОНВЕКТОРАМИ .....	34
3.3 ПОВІТРЯНА ЗАВІСА .....	39
4. ВЕНТИЛЯЦІЯ .....	43
4.1. РОЗРОБКА СИСТЕМ ВЕНТИЛЯЦІЇ ДЛЯ ДАНОЇ БУДІВЛІ .....	44
4.2 ВИЗНАЧЕННЯ НЕОБХІДНОГО ПОВІТРООБМІНУ ПРИМІЩЕНЬ .....	45
4.3 АЕРОДИНАМІЧНИЙ РОЗРАХУНОК СИСТЕМ .....	48
4.4 ПІДБІР ПРИПЛИВНО-ВИТЯЖНИХ УСТАНОВОК .....	51
4.5. ПІДБІР ПОВІТРОРозПОДІЛЬНИКІВ .....	53
5.КОНДИЦІОНУВАННЯ.....	59
6. АВТОМАТИЗАЦІЯ .....	63
6.1 АВТОМАТИЗАЦІЯ СИСТЕМ ВЕНТИЛЯЦІЇ.....	64
6.2 АВТОМАТИЗАЦІЯ СИСТЕМИ КОНДИЦІОНУВАННЯ .....	72
6.3 АВТОМАТИЗАЦІЯ СИСТЕМИ ОПАЛЕННЯ (ТЕПЛА ПІДЛОГА).....	75
7. ДЖЕРЕЛО ТЕПЛОТИ/ХОЛОДУ .....	77
7.2 ПІДБІР ТЕПЛОВОГО НАСОСУ ТА ОБЛАДНАННЯ .....	83
8. ДОСЛІДЖЕННЯ ОСОБЛИВОСТЕЙ РОБОТИ ЗАПРОЄКТОВАНОГО ТЕПЛОВОГО НАСОСУ.....	87
8.1 ОСНОВНА ІДЕЯ ДОСЛІДЖЕННЯ.....	88
8.2 ТЕОРЕТИЧНИЙ АНАЛІЗ.....	88
8.2.1 ВИВЧЕННЯ ПРИНЦИПУ РОБОТИ ТЕПЛОВИХ НАСОСІВ "ПОВІТРЯ- ВОДА" .....	88
8.2.2 ДОСЛІДЖЕННЯ ОСНОВНИХ ФАКТОРІВ, ЯКІ ВПЛИВАЮТЬ НА ЇХ ПРОДУКТИВНІСТЬ.....	92

					Пояснювальна записка	Арк.
						6
		№ докум.	Підпис	Дата		

8.2.3 АНАЛІЗ КЛІМАТИЧНИХ ЗМІН (ТЕМПЕРАТУРНИХ АНОМАЛІЙ, СЕЗОННИХ КОЛИВАНЬ) У РЕГІОНІ ДОСЛІДЖЕННЯ.....	94
8.3. АНАЛІЗ ВПЛИВУ ТИПУ СПОЖИВАЧА ТЕПЛОТИ/ХОЛОДУ НА ПРОДУКТИВНІСТЬ ТЕПЛОВОГО НАСОСУ .....	99
ВИСНОВКИ: .....	109
СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ.....	110

					Пояснювальна записка	Арк.
						7
		№ докум.	Підпис	Дата		

## ВСТУП

					Пояснювальна записка	Арк.
						8
		№ докум.	Підпис	Дата		

Розробка проектів інженерних мереж будівель набирає все більшого сенсу в умовах зміни клімату, жорстких задач економіки, пристальної уваги до природного середовища, стрімких змін умов відпочинку та праці людей. Вона необхідна як при будівництві нових об'єктів так і для ремонту або реконструкції вже існуючих. Вимоги до мікроклімату приміщень, що постійно змінюються з урахуванням оновлених стандартів, норм та правил є важливою умовою в сучасному будівництві та експлуатації будівель та споруд. Правильно спроектовані інженерні мережі будівлі – це залог успішного функціонування систем життєзабезпечення, виконання виробничих процесів, економії енергоресурсів та безпечного перебування людини в приміщеннях. Проектування комплексу систем дозволяє побудувати робочу інфраструктуру будівлі, де одночасно співіснують різні за типами та видами інженерні мережі, що дозволяють забезпечити людину необхідними для її життя та роботи умовами.

Ми вже не замислюємося над тим, як люди існують в умовах не тільки життя на поверхні землі, а й в умовах відсутності сонячного тепла, світла та т.п. Як приклад, ми можемо взяти приміщення метрополітену, шахти для видобутку корисних копалин, бомбосховища та укриття тощо. Війна в Україні змусила будівельників переглядати норми для приміщень різного призначення, як приклад – будівництво шкіл та промислових об'єктів під землею та інше.

До початку проектування інженери-проектувальники збирають інформацію стосовно конструктивних особливостей об'єкту (матеріал, шари зовнішніх перегородок, їх товщину; місцевість та прив'язку до неї; сторони світу відносно яких розташований об'єкт; кількість найбільш холодних та теплих днів даної місцевості; призначення об'єкту та його підрозділів; напрямлення вітру по періодам року тощо). Основним питанням на початку проектування є отримання технічного завдання замовника, архітектурних креслень та технічних умов на енергоносії, які будуть використовуватись на об'єкті проектування.

Кожен проектувальник – це автор свого проекту: підбір типу обладнання, матеріалів, схем прокладання та комплектування інженерних систем, вибір енергоносіїв для впровадження ідей проектувальника в життя – все це є індивідуальною розробкою в кожному окремому випадку і це надає людству можливості максимально використовувати науковий потенціал, технічні та практичні знання та індивідуальні особливості кожного проектувальника з максимальною користю. Постійна робота інженерів над питаннями економії енергоресурсів, економії матеріальних ресурсів, зниження впливу на природне середовище приводить до того, що розробляються нові типи обладнання, яке може використовувати вторичну енергію, за рахунок чого зменшується використання енергоресурсів та вплив на парниковий ефект на планеті тощо. Все частіше інженерні мережі використовують обладнання та матеріали, які не

						Арк.
					Пояснювальна записка	
		№ докум.	Підпис	Дата		9

шкодять людському організму, устаткування стає більш тихим та комфортним, має привабливіший вигляд та інше.

В кожній місцевості, в кожному куточку України, при проектуванні розглядаються такі фактори як: джерела енергоносіїв та можливості їх використання в тих чи інших системах, можливості постачання матеріалів та обладнання на об'єкт, методи та способи монтажу (піднімання на високі поверхи чи покрівлі або спуск в підземні поверхи), присутність інших об'єктів іншого призначення в оточенні тощо. До важливих факторів також відноситься комунікація проєктувальників суміжних розділів проєкту, їх злагоджена робота та робота в сучасних програмах, розроблених для таких цілей.

Правильно запроектовані системи життєдіяльності об'єкту дозволяють працювати останнім із зменшенням впливу людського фактора на їх роботу. Велика увага приділяється системам автоматики та керування різними інженерними системами. Однією з умов правильного застосування вимог нормативних документів в будівництві є питання охорони праці та безпечної експлуатації обладнання в майбутньому, які обов'язково враховуються при проектуванні мереж будівель.

В сучасних умовах в кожному куточку планети щоденно людство стикається з різними видами забруднення повітря, річок, океанів, лісів; в цей же час – з природними катастрофами, такими як: повені, цунамі, виверження вулканів, землетрусами тощо. Все це має величезний вплив на роботу інженерів-проєктувальників, задачами яких є зменшення впливу на навколишнє середовище працюючих машин, механізмів, устаткування, вибросів шкідливих речовин в повітря, воду та інше. При цьому, наприклад, в разі проектування об'єктів в сейсмічних районах, проєктувальники вимушені додатково розробляти методики та способи монтажу обладнання та матеріалів в жорсткіших умовах експлуатації інженерних мереж об'єктів для запобігання руйнування останніх при можливих екологічних катастрофах.

До інженерних мереж будівлі відносять опалення, вентиляцію, кондиціонування, водіпостачання та водовідведення, теплопостачання (гаряча вода, теплоносій для систем вентиляції та кондиціонування), холодопостачання, електричні та слаботочні мережі (системи контролю доступу та відеонагляду), протипожежні системи (водяні, спринклерні, системи сигналізації про пожежу), системи автоматики та керування будівлею в цілому (BMS).

Даний проєкт виконано на обладнанні компаній Systemair (припливно-витяжні установки та фанкойли) та Kamrann (підлогові конвектори з тангенціальним вентилятором). Це європейські виробники кліматичної техніки, які дуже гарно зарекомендували себе на українському ринку. До основного обладнання систем вентиляції та кондиціонування відносяться припливно-викидні

									Арк.
		№ докум.	Підпис	Дата	Пояснювальна записка				10

установки, які складаються з реверсивних теплообмінників холодоносія (для теплого періоду року) та теплоносія (для холодного періоду року), роторного рекуператора, фільтрів, повітряних засувок, системи автоматики, ЕС двигунів. Процент повернення утилізованого тепла/холода в реверсивних теплообмінниках є найвищим на даний момент, тому при проєктуванні, коли в венткамері є місце для розташування останнього – це самий вигідний з усіх сторін тип утилізатора енергії. В сукупності з економними електродвигунами та правильним розрахунком проєкту в цілому такі припливно-викідні установки є найбільш економними в процесі експлуатації.

Для запобігання потрапляння пилу та інших зважених частинок (у зовнішньому повітрі) в приміщення в установках передбачені повітряні фільтри. Для можливості безперебойної роботи останніх на входах до них встановлюють повітряні засувки з електроприводами, якими керує система автоматики установки. Для забезпечення протоку холодо та теплоносіїв по теплообмінниках на трубній обв'язці становляються циркуляційні насоси, запірна арматура, водяні фільтри (для запобігання псування трубок теплообмінників домішками, які можуть потрапити до рідини) та триходові клапани для можливості керування кількістю тепло/холодоносія, який подається в установку та запобігання «розморожування» системи в разі виникнення аварійних ситуацій (забезпечення протоку теплоносія в теплообміннику установки до приїзду аварійної бригади (до 2-х годин в залежності від обставин та температури зовнішнього повітря та температури подаваного теплоносія)). Також дуже важним завданням є правильно підібрана система автоматики припливно-викидної установки та її обв'язки (як по воді та і по повітрю), яка регулює: кількісне регулювання подаваних повітря, тепло/холодоносія, швидкість обертання колеса ротора та вентиляторів, кут відкриття/закриття протоку тепло/холодоносія триходовим клапаном, кут нахилу жалюзі повітряних засувок по датчикам температури зовнішнього повітря, повітря в повітропроводі, повітря в приміщенні на виході з установки, температури тепло/холодоносія тощо. Та самим головним є автоматика протипожежних систем, яка дає сигнал на відключення електроживлення всіх систем вентиляції та кондиціонування в разі виникнення сигналу «ПОЖЕЖА» та закриття вогнетримуючих клапанів, які встановлюються на транзитних повітропроводах та в місцях перетину протипожежних перешкод (огорожуючих конструкцій) та мають ту ж ступінь вогнетривкості, що й останні в кожному конкретному випадку.

В даній роботі для системи кондиціонування вибрана схема чилер-фанкойл. Чилер – це холодильна машина, яка є джерелом холоду для даного об'єкту. Користувачами холоду в нашому випадку є припливно-витяжні установки, фанкойли застельового типу та підлогові конвектори. Фанкойли DUCTYS в

						Арк.
					Пояснювальна записка	
		№ докум.	Підпис	Дата		11

проекті використовуються як кондиціонери – доводчики. Їх розташування за підвісною стелею забезпечує потрібний дизайн в приміщенні, повітряні решітки чи дифузори для подачі повітря від останніх, відповідають потребам дизайну. Дані фанкойли мають низькі характеристики по шуму та економні електродвигуни. Пульти керування кожним з них дозволяють оптимально використовувати систему в тих чи інших приміщеннях в залежності від потреб Замовника, графіку роботи обладнання та людей, часу доби тощо. В кожному пульті керування фанкойлами встановлено кімнатний датчик температури повітря в приміщенні, де встановлено останній. Важливим аспектом є місце встановлення пульта керування останнім, так як правильне розташування пульта керування - залог забезпечення заданого мікроклімату в приміщенні. Системи керування фанкойлами та припливно-витяжними установками можна включити до системи BMS будівлі, що забезпечить індивідуальні потреби користувачів, дозволить максимально економно використовувати ресурс обладнання та економити енергоносії.

В даному проекті прийнята водяна система опалення. Джерелом теплоносія є індивідуальний тепловий пункт. В якості опалювальних приладів вибрані підлогові конвектори фірми Kamrmanн (типу НК) з примусовою конвекцією (з вбудованими тангенціальними вентиляторами), які монтуються в «пирог» стяжки підлоги. Підлогові конвектори все найчастіше заміняють звичайні радіатори системи опалення в сучасному будівництві, так як все більше уваги архітектори та дизайнери приділяють зовнішньому виду приміщень, намагаючись, для економії енергоносіїв, максимально збільшувати кількість застелених поверхонь в будівлях(приміщеннях) для використання природнього зовнішнього освітлення (цілий рік) та сонячної радіації (в зимовий період). Влітку ці опалювальні прилади пропонується використовувати як кондиціонери – доводчики , забезпечивши їх холодоносієм. Підлогові конвектори набирають популярності в житлових, офісних та громадських будівлях і спорудах в зв'язку з їх привабливим дизайном, надійністю та можливістю подавати тепле/холодне повітря вздовж великих застелених поверхонь зовнішніх огорожень таким чином запобігаючи виникненню конденсату на останніх.

					Пояснювальна записка	Арк.
						12
		№ докум.	Підпис	Дата		

**1. ЗАВДАННЯ  
ТА ХАРАКТЕРИСТИКА ОБ'ЄКТУ**

					Пояснювальна записка	Арк.
						13
		№ докум.	Підпис	Дата		

В даній роботі розробляються наступні розділи проєкту інженерних мереж: опалення, вентиляція та кондиціонування на підставі завдання та діючих на території України нормативних документів.

### Вихідні дані:

- |                                      |  |
|--------------------------------------|--|
| 1. Місце розташування об'єкту        | Київська область, Переяслівська громада;   |
| 2. Призначення об'єкту               | споруда спортивного призначення на 2 поверхи;  |
| 3. Архітектурно-будівельні креслення | поповерхові плани приміщень з експлікацією, дані про конструкцію зовнішніх стін та перекриття, дані про тип і розміри віконних та дверних проїомів;  |
| 4. Нормативні документи України      | ДБН В 2.5-67:2013 «Опалення, вентиляція та кондиціонування»,<br>ДБН В.2.2-9-2009 «Громадські будинки та споруди»;<br>ДСТУ Н Б В.1.1-27-2010 «Будівельна кліматологія»,<br>ДБН В.1.2-7-2016 «Пожежна безпека»,<br>ДБН В.1.2-8-2008 «Безпека життя і здоров'я людини та захист навколишнього природного середовища»,<br>ДБН В.1.2-9-2008 «Безпека експлуатації»,<br>ДБН В.1.1-31:2013 «Захист територій будинків і споруд від шуму»,<br>ДБН В.1.2-11-2008 «Економія енергії»,<br>ДСТУ-Н Б В.2.5-73:2013 «Настанова з монтажу |

					Пояснювальна записка	Арк.
		№ докум.	Підпис	Дата		

- |                             |   |
|-----------------------------|---|
| 5. Джерело теплопостачання  | внутрішніх санітарно-технічних систем». |
| 6. Теплоносій               | індивідуальна котельня                  |
| 7. Джерело холодопостачання | вода 80°C - 60°C                        |
| 8. Холодоносій              | чилер<br>розчин етилен-гліколю.         |

Розрахункові параметри зовнішнього повітря для проектування систем опалення, вентиляції та кондиціонування прийняті на підставі кліматологічних даних згідно ДСТУ Н Б В.1.1-27-2010 [1]:

1. Середня температура опалювального періоду: -1,1 °С.
2. Температурна зона України: I.
3. Кількість опалювальних днів на рік за  $t_3 \leq +8$  °С: 187.

### Розрахункові параметри зовнішнього повітря [1]

Таблиця 1.1

Місто	Розрахункова географічна широта, град. пн.ш.	Барометричний тиск, гПа	Період року	Параметри А			Параметри Б			Середньодобова амплітуда температури повітря, °С	Кількість градусо днів опалювального періоду
				Температура, °С	Питома ентальпія, кДж/кг	Швидкість вітру, м/с	Температура, °С	Питома ентальпія, кДж/кг	Швидкість вітру, м/с		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Переяслав	51	990	Теп- лий Холод ний	23,7 -10	53,6 -6,7	1 5,3	28,7 -22	56,1 -20,7	1 4,2	10,8 -	3572

Для розрахунків систем опалення, вентиляції та кондиціонування було використано дані нормативних документів для відповідної місцевості та завдання на проектування.

У теплий період року внутрішня температура повітря приміщень була прийнята у відповідності до діючих норм та завдання на проектування  $+22^{\circ}\text{C}\dots+24^{\circ}\text{C}$ , для холодного періоду -  $+20^{\circ}\text{C}\dots+22^{\circ}\text{C}$ .

Рухливість повітря в робочій зоні  $0,2\dots0,3$  м/с.

Джерелом теплоносія систем опалення та вентиляції є індивідуальна котельня, розташована окремо, в іншій будівлі.

Джерелом холодоносія систем кондиціонування є чилер, розташований ззовні. Підключення систем до ТМ у ІТП здійснюється через гідрострілку.

					Пояснювальна записка	Арк.
						16
		№ докум.	Підпис	Дата		

## 2. ТЕПЛОТЕХНІЧНИЙ РОЗРАХУНОК ПРИМІЩЕНЬ

					Пояснювальна записка	Арк.
						17
		№ докум.	Підпис	Дата		

## 2.1. ПІДБІР ОГОРОДЖУЮЧИХ КОНСТРУКЦІЙ

Перед початком проектування вивчаємо креслення розділу АР, а саме: характеристики зовнішніх огороджуючих конструкцій та перевіряємо їх товщини до нормативних коефіцієнтів.

Згідно з ДБН В.2.6-31:2021 «Теплова ізоляція та енергоефективність будівель» обов'язковим є виконання таких умов [2]:

$$R_{пр} \geq R_{q \min} \quad (2.1)$$

$$\Delta t_{пр} \leq \Delta t_{cr} \quad (2.2)$$

$$\tau_{вmin} > t_{min} \quad (2.3),$$

де  $R_{пр}$  – приведений розрахунковий опір теплопередачі огороджуючої конструкції,  $m^2 \text{ } ^\circ C / Wt$  [2];

$R_{qmin}$  – нормативне мінімально допустиме значення опору теплопередачі огороджуючої конструкції,  $m^2 \text{ } ^\circ C / Wt$  [2];

$\tau_{вmin}$  – мінімальне значення температури внутрішньої поверхні в зонах теплопровідних включень в огороджуваній конструкції,  $^\circ C$  [2];

$t_{min}$  – мінімально допустиме значення температури внутрішньої поверхні огороджуючої конструкції при розрахункових значеннях температур внутрішнього й зовнішнього повітря,  $^\circ C$  [2];

$\Delta t_{пр}$  – температурний перепад між температурою внутрішнього повітря і приведеною температурою внутрішньої поверхні огороджуючої конструкції,  $^\circ C$  [2];

$\Delta t_{cr}$  – допустима за санітарно-гігієнічними вимогами різниця між температурою внутрішнього повітря і приведеною температурою внутрішньої поверхні огороджуючої конструкції,  $^\circ C$  [2].

Правильний розрахунок усіх шарів огороджуючої конструкції важлива умова подальших розрахунків інженерних систем, включаючи економічність систем, довговічність будівлі, мікроклімату в приміщеннях будівлі, впливу шкідливих факторів на організм людини, яка перебуває в цій будівлі тощо.

Для розрахунків в даній роботі приймаємо:

- розрахункова температура внутрішнього повітря  $t_b = +22 \text{ } ^\circ C$ ;
- розрахункове значення відносної вологості  $\phi_b = 55 \text{ } \%$ ;
- вологосні умови експлуатації: Б.

За завданням на проектування та місцем розташування будівлі в проекті прийнята перша температурна кліматична зона, для якої нормативні мінімально

					Пояснювальна записка	Арк.
						18
		№ докум.	Підпис	Дата		

допустимі значення опору теплопередачі зовнішніх огорожувальних конструкцій є наступними:

1. Зовнішні стіни:  $R_{q \min} = 3,3 \text{ м}^2 \text{ }^\circ\text{C}/\text{Вт}$ .
2. Суміщені покриття:  $R_{q \min} = 6 \text{ м}^2 \text{ }^\circ\text{C}/\text{Вт}$ .
3. Перекриття над проїздами та неопалювальними підвалами:  $R_{q \min} = 3,75 \text{ м}^2 \text{ }^\circ\text{C}/\text{Вт}$ .
4. Світлопрозорі огорожувальні конструкції:  $R_{q \min} = 0,75 \text{ м}^2 \text{ }^\circ\text{C}/\text{Вт}$ .
5. Зовнішні двері:  $R_{q \min} = 0,6 \text{ м}^2 \text{ }^\circ\text{C}/\text{Вт}$ .

Опір теплопередачі багатошарової конструкції визначається за рівнянням [2]:

$$R_{\Sigma} = \frac{1}{\alpha_{\text{в}}} + \sum_{i=1}^n R_i + \frac{1}{\alpha_{\text{з}}} \quad (2.4)$$

де  $\alpha_{\text{в}}$  – коефіцієнт тепловіддачі внутрішньої поверхні огорожувальної конструкції,  $\text{Вт}/\text{м}^2 \text{ }^\circ\text{C}$ ;

$\alpha_{\text{з}}$  – коефіцієнт тепловіддачі зовнішньої поверхні огорожувальної конструкції,  $\text{Вт}/\text{м}^2 \text{ }^\circ\text{C}$ ;

$R_i$  – опір теплопередачі однорідного шару огорожувальної конструкції,  $\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C}/\text{Вт}$ , який визначається за рівністю [2]:

$$R_i = \frac{\delta_i}{\lambda_{i \text{ p}}}, \text{ м}^2 \cdot ^\circ\text{C}/\text{Вт} \quad (2.5)$$

де  $\delta_i$  – товщина  $i$ -того шару розрахункової конструкції,  $\text{м}$ ;

$\lambda_{i \text{ p}}$  – розрахунковий коефіцієнт теплопровідності матеріалу  $i$ -шару розрахункової конструкції, який приймається залежно від вологісних умов експлуатації даного приміщення;

$n$  – кількість шарів захисної розрахункової конструкції.

Нормативний опір зовнішньої огорожуючої конструкції не може бути більшим ніж розрахунковий.

На наступному етапі в ліцензійній програмі АРС від українського розробника ПЗ проводимо теплотехнічний розрахунок зовнішніх огорожуючих конструкцій.

					Пояснювальна записка	Арк.
						19
		№ докум.	Підпис	Дата		

## 2.2 РОЗРАХУНОК ТЕПЛОВТРАТ БУДІВЛІ

Для розрахунку тепловтрат будівлі необхідно проаналізувати можливі витоки тепла через огорожуючі конструкції останньої, включаючи прориви вітра через ворота та входні двері, скляні поверхні тощо. Основними недоліками всіх будівель є нещільності в огорожуючих конструкціях, їх товщина; не правильно підібрані товщини ізолюючих матеріалів; самі матеріали (їх опір теплопередачі); кількість камер в скляних поверхнях тощо.

Розрахунок тепловтрат будівлі робимо аналогічно розрахунку теплонадходжень, але при інших умовах. Знову ж таки розраховуємо всі види тепловтрат і потім їх сумуємо. При цьому допускається не враховувати тепловтрати через внутрішні огорожуючі конструкції (внутрішні захищення), при умові що різниця температур в приміщеннях, які вони поділяють, не перевищує 4 °С.

Тепловтрати, Вт, через огорожуючі конструкції розраховують за рівнянням [3]:

$$Q_{oz} = F \cdot (t_{вн} - t_3) \cdot (1 + \Sigma\beta) \cdot n / R_o, \quad (2.6)$$

де  $F$  – розрахункова площа огорожуючої конструкції, м<sup>2</sup>;

$t_{вн}$  – розрахункова температура повітря в приміщенні, °С;

$t_3$  – розрахункова температура зовнішнього повітря, °С;

$\beta$  – додаткові тепловтрати, в частках від основних втрат;

$n$  – коефіцієнт, що враховує положення зовнішньої поверхні захищення по відношенню до зовнішнього повітря.

Опір теплопередачі засклених поверхонь (вікон, дверей, вітражів), приймається за технічними даними заводу-виробника в залежності від їх конструкції (кількості камер, типом заповнення останніх, типу замків, матеріалу рам та інше). Для розрахунку використовуємо надані креслення розділу АР, по яких проводимо заміри площ всіх поверхонь конструкцій будівлі, їх товщини та тип матеріалу з якого вони виготовлені.

Витрата теплоти на нагрів зовнішнього повітря, яке поступає/проривається в приміщення крізь нещільності в місцях приєднання будівельних конструкцій, при відкритті дверей, воріт визначається розрахунком.

В нашій роботі передбачена організація примусової вентиляції суміщеної з системою кондиціонування (центральний кондиціонер). Для забезпечення останньої підібрано припливно-витяжну установку з можливістю підігріву

					Пояснювальна записка	Арк.
						20
		№ докум.	Підпис	Дата		

зовнішнього повітря в холодний період року та його охолодження в теплий. Правильний розрахунок кліматичних систем буде підтримувати позитивний тиск у приміщеннях будівлі, що створить супротив проникненню інфільтраційного повітря в останню та попередить перетікання повітря з одного приміщення в інше. Особливо це стосується приміщень різного призначення, до яких пред'являються особливі умови, для приміщень з виділеннями теплоти чи пари, запахів тощо. Витрату теплоти на підігрів зовнішнього повітря механічних систем центрального кондиціонування буде розраховано в наступних розділах даної роботи.

Потім, по формулі 2.7., робимо розрахунок загальної кількості тепловтрат, Вт, по приміщеннях для холодного періоду року [3]:

$$Q_{розр} = \Sigma Q_{зах} + Q_{інф} - Q_{нобут}, \text{ Вт} \quad (2.7)$$

де  $\Sigma Q_{зах}$  – сумарні тепловтрати через захищення приміщень;

$Q_{інф}$  – найбільша витрата теплоти на підігрів інфільтрованого повітря;

$Q_{нобут}$  – тепловиділення від електричних приладів, технологічного обладнання, освітлення та інших джерел тепла, що беруться з табл. 2.4 не включаючи теплонадходження від сонця – не враховуються у холодний період.

Наводимо результати розрахунку тепловтрат у Додатку 1.

					Пояснювальна записка	Арк.
		№ докум.	Підпис	Дата		

## 2.3 РОЗРАХУНОК ТЕПЛОАДХОДЖЕНЬ У ПРИМІЩЕННЯ

В сучасному світі кожне приміщення будь-якого типу не обходиться без вентиляційної системи. Забезпечення людей необхідними умовами мікроклімату для ефективного життя та роботи залежить від якості запроектованих систем вентиляції. Свіже очищене повітря, яке подається ззовні будівлі до приміщень забезпечує необхідний мікроклімат в останньому, підвищує працездатність та покращує відпочинок людей, позитивно впливає на їх загальний стан здоров'я. Тому в кожному випадку, для кожної будівлі розробляється індивідуальний проєкт, якій враховує особливі умови перебування людей в конкретній будівлі, враховує інтенсивність роботи людей в тому чи іншому приміщенні (стан роботи), кількість персоналу та відвідувачів, види та кількість обладнання, яке виділяє тепло, потужність вибраного дизайнерами освітлення тощо. Тому перед початком проєктування, ознайомившись з технічними умовами, архітектурними кресленнями та можливостями існуючих мереж, вибираємо найбільш ефективну схему вентиляції, кондиціонування та опалення будівлі. Всі ці розділи розглядаємо як одне ціле, тому що мікроклімат в будівлі залежить від слаженої роботи всіх інженерних систем.

Основні показники, які ми будемо розраховувати в даному розділі:

1. Кількість свіжого повітря, очищеного від бруду (вуличний пил, димові гази тощо), яка подається в приміщення;
2. Температура припливного повітря та повітря в робочій зоні приміщення;
3. Кількість шкідливостей в повітрі приміщення;
4. Теплонадходження в приміщення та інше.

Розрахунок теплонадходжень робиться для можливості компенсації надлишків тепла та вологи в приміщенні та забезпечення нормованої температури.

Для цього виконуємо розрахунок теплонадходжень в приміщення, які мають наступні складові:

1. Теплонадходження (теплота) від людей (явна  $Q_l$  та повна  $Q_{lhf}$ ), які знаходяться постійно чи тимчасово у приміщенні;
2. Питома кількість вологи, яку виділяють людські тіла;
3. Теплонадходження від освітлювальних приборів, які встановлені в приміщенні;
4. Теплонадходження від офісного, технологічного обладнання та побутових приборів;

					Пояснювальна записка	Арк.
						22
		№ докум.	Підпис	Дата		

5. Теплонадходження від сонячної радіації, яка проникає крізь зовнішні огорожувальні конструкції та особливо крізь скляні поверхні. Загалом це вікна, двері, дах тощо.

Для розрахунку необхідної кількості свіжого припливного повітря ми повинні підсумувати загальну кількість теплонадходжень (кВт), надалі теплонадлишків.

В зв'язку з тим, що середня температура зовнішнього повітря в теплий період року вища за комфортну температуру повітря для людини, робимо розрахунок теплонадлишків для цього періоду року.

Теплонадходження від людей рахуємо для двох складових з урахуванням стану людини в процесі життєдіяльності в даному конкретному приміщенні: явна променисто-конвективна теплота  $Q_{\text{л}}$  та прихована теплота пароутворення  $Q_{\text{пр.л}}$ .

Правильне та точне визначення явної теплоти в розрахунках систем вентиляції має важливе значення. Явна теплота, Вт, яка виділяється організмом людини, описується рівнянням 2.8 [4]:

$$Q_{\text{л}} = \beta \cdot \beta_{\text{од}} \cdot (2,5 + 10,3 \cdot \sqrt{g_{\text{нов}}}) \cdot (35 - t_{\text{пр}}), \quad (2.8)$$

де  $\beta$  - коефіцієнт, який враховує інтенсивність роботи людини та приймається: 1- для легкої роботи та стану спокою, 1,07- для роботи середньої важкості, 1,15- для важкої роботи;

$\beta_{\text{од}}$  - коефіцієнт, який враховує теплозахисні властивості одягу: 1 - для легкого літнього одягу, 0,65 - для звичайного одягу, 0,4 - для теплового зимового одягу;

$v_{\text{пов}}$  - швидкість руху повітря у приміщенні, приймається  $v_{\text{пов}} = v_{\text{нор.в.з.}}$ , м/с;

$t_{\text{пр}}$  - температура приміщення, °С, приймається  $t_{\text{пр}} = t_{\text{в.з.}}$ .

Повна кількість теплоти від людей, що знаходяться у приміщенні, визначається за формулою [4]:

$$Q_{\text{лhf}} = \sum_{i=1}^n q_{\text{hfi}} \cdot n_i, \quad (2.9)$$

де  $q_{\text{hfi}}$  - питома виділення повної теплоти однією людиною, Вт/люд (див. табл. 2.1);  $n_i$  - кількість людей у приміщенні з вибраною інтенсивністю навантаження, люд.

Явна кількість теплоти від людей визначається за рівнянням [4]:

$$Q_{\text{л}} = \sum_{i=1}^n q_i \cdot n_i, \quad (2.10)$$

де  $q_i$  - питома виділення явної теплоти однією людиною, що знаходиться в даному приміщенні, Вт/люд (див. табл. 2.3.1).

					Пояснювальна записка	Арк.
						23
		№ докум.	Підпис	Дата		

Питома кількість теплоти (Вт) і вологи (г/год),  
які виділяються дорослими людьми [4]

Таблиця 2.3.1.

Величини (показники)	Кількість теплоти та вологи, яка виділяється однією людиною, залежно від температури повітря у приміщенні, °С					
	10	15	20	25	30	35
Теплота	При фізичній середній роботі					
явна	163	134	105	70	41	6
прихована	52	75	99	128	157	192
повна	215	209	204	198	198	198
Волога	70	110	140	185	230	280

Наступними рахуємо теплонадходження від джерел штучного освітлення, які визначаються за формулою [4]:

$$Q_{\text{осв}} = E \cdot A \cdot q_{\text{осв}} \cdot \eta_{\text{осв}}, \quad (2.11)$$

де  $E$  – нормативний рівень освітленості (табл. 2,3.2), Лк [4];

$A$  – площа підлоги приміщення, м<sup>2</sup> [4];

$q_{\text{осв}}$  – питома виділення теплоти, Вт/(м<sup>2</sup>·Лк), (табл. 2,3.2) [4];

$\eta_{\text{осв}}$  – доля теплової енергії, що поступає в приміщення в залежності від способу установки світильників: якщо вони розміщені поза приміщенням (за заклоною поверхнею, на горищі або в підвісній стелі), типу світильників (вентильовані світильники, LED, люмінесцентні, лампи розжарювання тощо), для люмінесцентних світильників  $\eta_{\text{осв}}=0,55$ , для ламп розжарювання  $\eta_{\text{осв}}=0,85$  [4].

Таблиця 2.3.2

Приміщення	Освітленість, Е, лк	$q_{\text{осв}}$ , Вт/(м <sup>2</sup> ·лк) для приміщень висотою до 3,6м та площею, м <sup>2</sup>		
		<50	50...200	>200
Обідні зали	200	0,116	0,079	0,077
Кабінети	300	0,116	0,079	0,077

Для розрахунку теплового балансу для теплого періоду року беремо більше значення теплоти із складових освітлення та сонячної радіації.

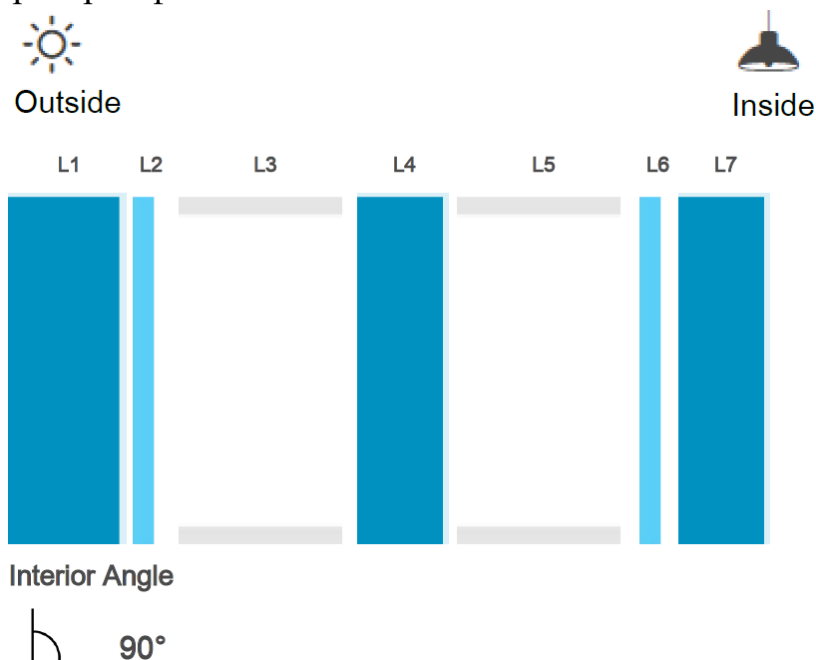
Далі рахуємо кількість теплонадходжень від сонячної радіації через світлові пройоми приміщень та дахові покриття по методиці [4].

					Пояснювальна записка	Арк.
						24
		№ докум.	Підпис	Дата		

Важним фактором, який впливає на розрахунок теплонадходжень є технічні дані заводу виробника скляних поверхонь. Згідно вихідних даних:

Розглядаємо шари скляної огорожуючої конструкції – ззовні всередину, мм:

L1	Світлопрозоре «флоат-скло»	8
L2	Темперований сонячний контроль типу Low-E Deep Blue 40/28	–
L3	Порожнина із заповненням 90% аргон	18
L4	Світлопрозоре «флоат-скло»	6
L5	Порожнина із заповненням 90% аргон	18
L6	Low-E	–
L7	Світлопрозоре «флоат-скло»	6



Зовнішня панель: товщиною 8 мм типу Şişecam Temperable Solar Control (Low-E) Glass Deep Blue 40/28 (#2)

Порожнина із заповненням 90% аргон товщиною 18 мм

Середнє скло товщиною 6 мм типу Şişecam, матеріал світлопрозоре «флоат-скло»

Порожнина із заповненням 90% аргон товщиною 18 мм

Внутрішня панель товщиною 6 мм, матеріал скло типу Şişecam Low-E (#5)

 Властивості денного світла згідно EN 410

Коеф. пропускання денного світла: 33%;

Коеф. відбивання денного світла на вулиці: 18%;

Коеф. відбивання денного світла у приміщенні: 24%;

Ra - індекс передавання кольору: 89;

					Пояснювальна записка	Арк.
						25
		№ докум.	Підпис	Дата		



### Властивості сонячної енергії згідно EN 410

Загальний коеф. пропускання сонячної енергії: 23%;

Параметри сонячного фактору / г:

Коеф. прямого пропускання сонячної енергії: 18%;

Коеф. відбивання сонячної енергії на вулиці: 17%;

Коеф. поглинання сонячної енергії: 65%;

Коеф. затемнення: 0,26;

Коеф. пропускання УФ промінів: 12%.



### Теплопровідність згідно EN 673

U Value W/(m<sup>2</sup>K): 0.5.



### Значення звукоізоляції

Rw (C, Ctr): 40 dB (-2, -7)

Таблиця 2.3.3

### Тепло і вологонадходження в приміщення будівлі

№ при мі- щен ня	Назва	Пло ща/ Об'є м при мі- щен ня  м2	Виділення теплоти та вологи від людей			Від облад- нання,  у т.ч. освітле ння,  елетри чне  Сума Q виділ. Теплот и	Надходження теплоти сонячної радіації через скло і покриття (перекриття)			
			К- ть  лю- де й	Сум а Q люд ей  пов н.	W люд ей		F скла  F стін F покри т.	q пит  скло	Q скла  Q стін Q покр ит.  Сума Q	
										од м3
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
2	Лаунж-зона бунгало	57,7	20	264	190	1062	62,10	140	<b>9654</b>	
		230,8		0			0			5,9
										57,7

3	Зона відпочинку 1 (кухня + стіл)	42,6	13	171	123	784	27,60	76	4564
		170,4		6	5		-3,6		
							42,6	140	
4	Зона відпочинку 2 (кухня + стіл)	42,6	13	171	123	784	27,60	76	4564
		170,4		6	5		-3,6		
							42,6	140	
5	Приміщення подвійного використання (дитяча або додаткова столова зона)	49,9	20	264	190	918	57,50	76	7566
		199,6		0	0		6,5		
12	Електроцитова	136	0	0	0	5502	0,00	76	2340
		544		0	0		52		
							136	140	
20	Завантажувальна	24,6	2	264	190	753	4,11	76	738
		61,5					10,894		
							5		
21	Приміщення охорони	18,9	4	528	380	1548	2,59	76	525
		47,25					8,9125		
							0	140	
22	Тех. приміщення	18,9	4	528	380	1548	2,59	76	525
		47,25					8,9125		
							0	140	
14	Прим. подвійного призначення	136	45	459	427	2502	0,00	76	115
		340		0	5		57,5		
							0	140	

					Пояснювальна записка	Арк.
		№ докум.	Підпис	Дата		

## Сумарні тепло і вологонадходжень в приміщення будівлі

№ приміщення	Назва	Загальні надлишки теплоти і вологи	
		Сума Q ср.	Сума W
		Вт/год	Вт/год
11	12	13	14
2	Лаунж-зона бунгало	12294	1900
3	Зона відпочинку 1 (кухня + стіл)	6280	1235
4	Зона відпочинку 2 (кухня + стіл)	6280	1235
5	Приміщення подвійного використання (дитяча або додаткова столова зона)	10206	1900
12	Електрощитова	5340	0
20	Завантажувальна	1302	190
21	Приміщення охорони	2253	380
22	Тех.приміщення	2253	380
14	Прим. подвійного призначення	4705	4275

					Пояснювальна записка	Арк.
						28
		№ докум.	Підпис	Дата		

Загальна сума теплонадходжень в приміщення будівлі складає 50 910 Вт.

Цей результат використовуємо для розрахунку та підбіру обладнання системи кондиціонування. Сума теплонадходжень не може бути більшою за потужність систем по холоду.

Додаткове навантаження від обладнання для приготування їжі – 6590 Вт.

					Пояснювальна записка	Арк.
						29
		№ докум.	Підпис	Дата		

### 3. ОПАЛЕННЯ

					Пояснювальна записка	Арк.
						30
		№ докум.	Підпис	Дата		

### 3.1 ВОДЯНЕ ОПАЛЕННЯ ТИПУ ТЕПЛА ПІДЛОГА

Останнім часом все частіше в будівництві стали використовувати системи теплої підлоги (в основному водяні та електричні). Ці системи використовують в будинках різних призначень, крім промислових будівель, будівель спеціального призначення тощо. Водяна тепла підлога — це система опалення, теплоносієм якої є вода з максимальним нагрівом 55 град С, рекомендованою температурою нагріву 45 град С. При цьому допускається температура на поверхні підлоги для житлових приміщень 26 град С, для приміщень басейнів з тимчасовим перебуванням людей, санітарних вузлів – до 29 град С, для коврових покриттів до 21 град С, для ламінатів, паркету, дерев'яних підлог до 23 град С. Конструктивно, тепла підлога це система труб, захована під стяжкою підлоги по яких циркулює вода з певними параметрами, зазвичай 35-45 град С. Джерелом теплоносія, так як і в системах звичайного водяного опалення, є власна котельня чи ІТП.

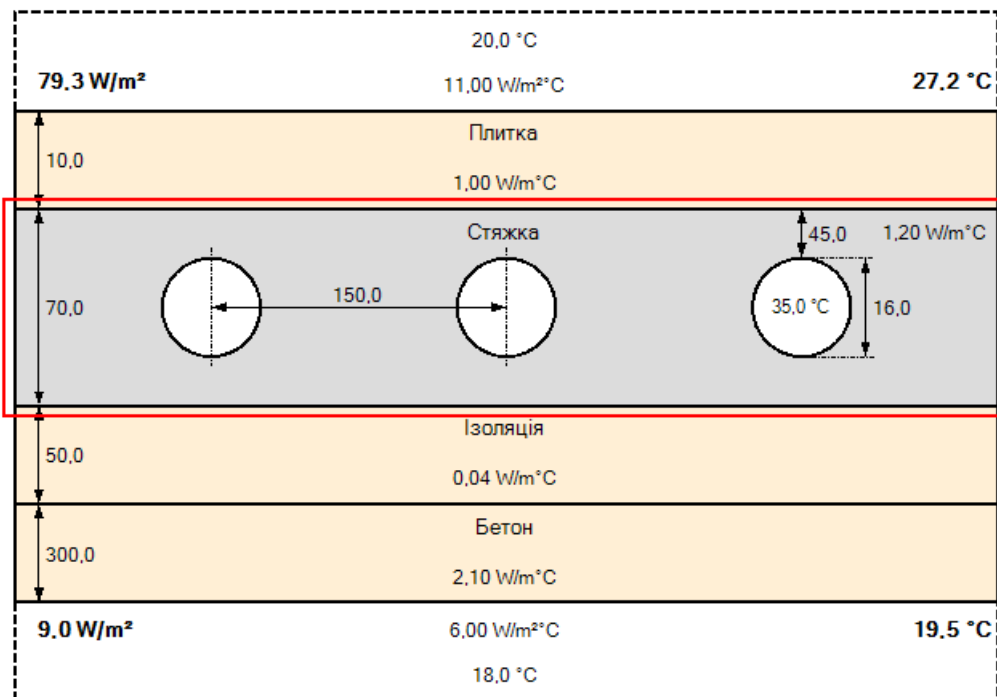
*До недоліків* цих систем можна віднести високі витрати на монтаж (підготовка підлоги, кваліфікація робітників), витрати на додаткові елементи, такі як пульти керування з датчиками температури, циркуляційні насоси тощо. До недоліків також віднесемо інертність систем, так як на старті поступово прогріваються всі шари підлоги, а потім вже повітря в самому приміщенні.

*Перевагами таких систем є* зовнішній вигляд/естетика (ми бачимо тільки пульти керування), рівномірний комфортний прогрів приміщення по всій площі, проста для кожної людини/дитини можливість керування температурними умовами в приміщенні, за рахунок низьких температур теплоносія ці системи є енергоефективними порівняно з традиційними радіаторними, вони дозволяють економити площу підлоги не забираючи простір під останні, інтенсивно не перегрівають (не осушують) повітря в приміщенні.

*Принцип роботи водяної теплої підлоги* в наступному. Теплоносій з ІТП подається через осадковий фільтр на циркуляційний насос, який в свою чергу забезпечує циркуляцію останнього в трубах системи. Труби системи закріплюють в товщі самої підлоги на спеціальній положці з шагом, який розраховується проєктувальником. Коли гаряча вода рухається через по трубах, вона віддає своє тепло верхнім шарам підлоги, яка в свою чергу прогріває повітря в приміщенні. Така система дозволяє уникнути значних температурних коливань в різних зонах приміщення та не видна глазу оточуючих. Ці системи дуже люблять дизайнери приміщень.

					Пояснювальна записка	Арк.
						31
		№ докум.	Підпис	Дата		

В нашому проєкті водяна тепла підлога запроектована у приміщеннях Зала 2, роздягальнях, душових та санітарних вузлах. У якості трубопроводів обрано трубу Uponor.



Розрахунок втрат тиску у контурах здійснюється у спеціалізованих програмах виробників труб та теплих підлог UPONOR HSE та BIM UPONOR.

Програмне забезпечення UPONOR HSE є ліцензованим програмним забезпеченням. Для виконання даного проєкту було використано безкоштовну 60-денну пробну версію з офіційного сайту: <https://www.uponor.com/en-en/services/hse-planning-software#hse-demo-version>

HSEdesktop lite

HSE Demo Version

HSE Full version

## HSE Demo/trial version

Explore the trial version of the software one time for 60 days.

You can do heating, cooling and plumbing systems design along with heat load calculations.

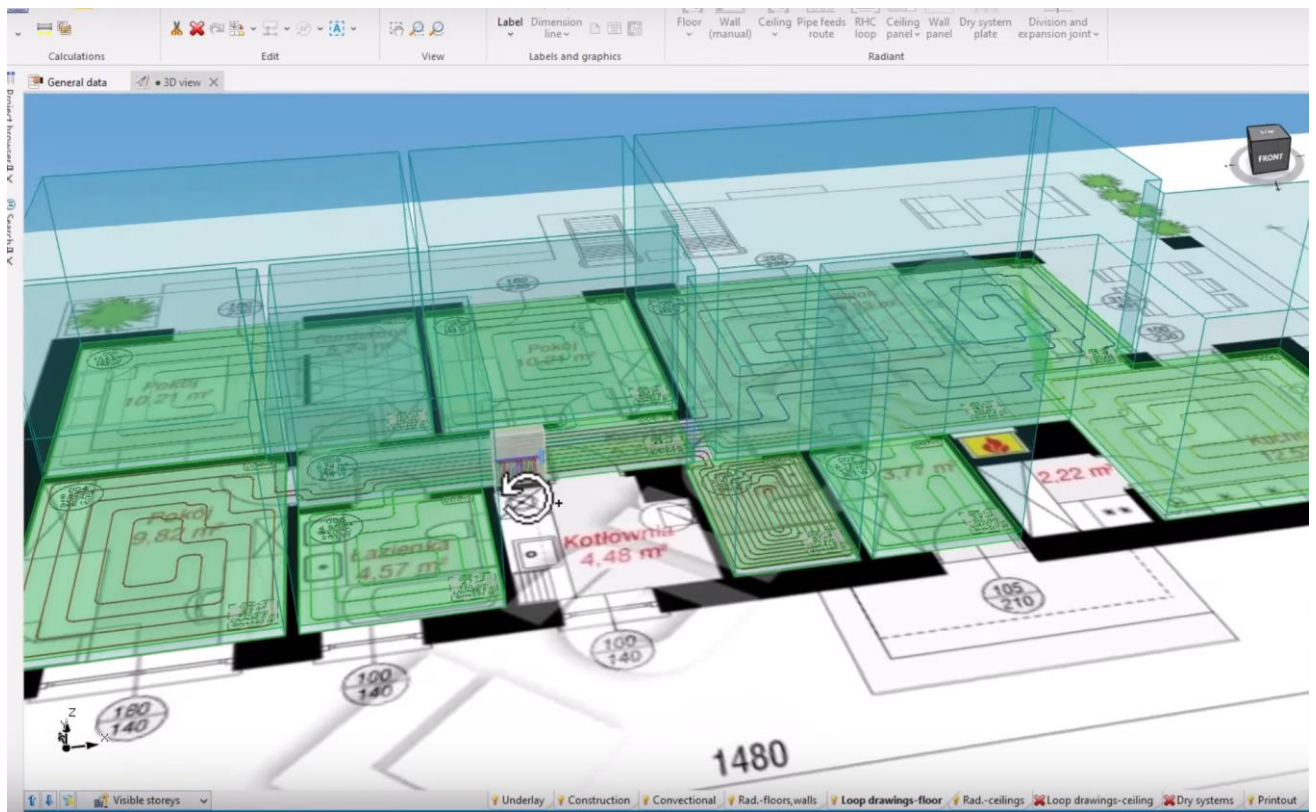
The version is not limited in functionality, only catalogs availability is limited and results have a "trial version" watermark on it.

If you would like to utilize the software furthermore, then update to the full version afterwards.

[More information on HSE trial version →](#)

Скрин-шот процесу побудови контурів теплої підлоги:

									Арк.
		№ докум.	Підпис	Дата					32
Пояснювальна записка									



Type

M-PRO UFH 15 St BP DT MS UL SS ZA / Combi Port M-Pro HeatIntei

- (none)
- Uponor – Heat Interface Units
    - > Combi Port M-Pro HeatInterface RC
    - > Combi Port M-Pro HeatInterface RC + circulation
    - > Combi Port M-Pro HeatInterface RC-RL
    - > Combi Port M-Pro HeatInterface RC-TWB
    - > Combi Port M-Pro HeatInterface RC-TWB-RTB
    - > Combi Port M-Pro HeatInterface UFH
      - M-PRO UFH 15 St BP DT MS UL SS ZA**
      - M-PRO UFH 15 CB BP DT MS UL SS ZA
      - M-PRO UFH 19 St BP DT MS UL SS ZA
      - M-PRO UFH 19 CB BP DT MS UL SS ZA
    - > Combi Port M-Pro HeatInterface UFH-TL
    - > Combi Port M-Pro HeatInterface UFH + RC
    - > Combi Port M-Pro HeatInterface UFH + RC + circulation
    - > Combi Port M-Pro HeatInterface UFH-TL + RC
    - > Combi Port E-Pro HeatInterface RC
    - > Combi Port E-Pro HeatInterface RC + circulation
    - > Combi Port E-Pro HeatInterface UFH
    - > Combi Port E-INS HeatInterface UFH

M-PRO UFH 15 CB BP DT MS UL SS ZA  
Catalogue code: 1093785



Additional information

	№ докум.	Підпис	Дата

Пояснювальна записка

Арк.

33

### 3.2 ОПАЛЕННЯ КОНВЕКТОРАМИ

В приміщеннях без панорамних вікон, де по розрахунку тепловтрати вищі ніж теплонадходження передбачено встановлення настінних конвекторів типу KERMI 22-500-L з нижнім підключенням.

На сьогодні це один з найпоширеніших видів конвекторів, який використовується в сучасному будівництві завдяки своїм: привабливому зовнішньому вигляду, відносній легкості монтажу, інтеграції в існуючий дизайн приміщень (нижнє та бокове підключення), достатньої надійності та легкості в обслуговуванні, можливості вибирати колір та типорозмір як по довжині так і по висоті, включаючи глибину.

*Трохи про конструктивні особливості настінних конвекторів:*

Конвектори KERMI 22-500-L, які використані в проєкті мають нижнє підключення, що приховує труби обв'язки останніх та відповідає дизайнерським рішенням по інтер'єру. Вони мають антикорозійне покриття на сталевому корпусі, що впливає на довговічність експлуатації останніх. Ефективний теплообмін забезпечує встроєний теплообмінник з алюмінієвих ламелей.

Ці прибори названі конвекторами за принципом передачі тепла в оточуюче середовище, при їх моделюванні (виробництві) були використані фізичні властивості повітря з різною температурою: шари повітря, які мають меншу температуру та опускаються вниз ближче до підлоги проходячі через конвектор нагріваються та піднімаються вгору поступово циркулюють по приміщенню завдяки різниці температур та тисків, віддають своє тепло оточуючим предметам та будівельним конструкціям, після чого знову опускають вниз, таким чином циркулюючи весь час по приміщенню роздає тепло та створюючи комфортну температуру.

До переваг використання настінних конвекторів можна віднести:

швидкість прогрівання приміщення завдяки матеріалам корпусів та теплообмінників останніх, а також їх конструкції;

великий асортимент розмірів по довжині та ширині;

легкість в експлуатації завдяки типу корпусу;

компактність в порівнянні з іншими приборами;

					Пояснювальна записка	Арк.
						34
		№ докум.	Підпис	Дата		

відносну легкість монтажу та привабливий зовнішній вигляд;

можливість укласти трубопроводи системи як в товщі підлоги так і в спеціальному плінтусі;

просте механічне регулювання потужності;

можливість використання в житлових приміщеннях, приміщеннях офісів та комерційних об'єктів, частко на виробництві.



					Пояснювальна записка	Арк.
						35
		№ докум.	Підпис	Дата		



Рис. 3.3 Конвектор з нижнім підключенням Jaga Strada H-500 B-110

*Технічні характеристики конвекторів, які запропоновані до встановлення в даному проєкті :*

- **Тип:** настінний конвектор.
- **Модель:** Jaga Strada H-500 B-110.
- **Тип підключення:** нижнє.
- **Висота:** 500 мм.
- **Довжина:** варіанти різної довжини в залежності від потужності.
- **Робочий тиск:** до 6 бар.
- **Максимальна температура води:** до 90 °С.
- **Теплообмінник Low-H<sub>2</sub>O** виконаний з матеріалів із кращою теплопровідністю - мідь та алюміній, завдяки яким тепло швидко переноситься до приміщення. Відмінна провідність дозволяє зменшити температуру подачі води! Система розподілу води до 16 мідних труб та оптимізовану гофровану форму алюмінієвих ребер максимізує передачу тепла від центрального опалення до повітря. Як тільки термостатичний клапан відкриває потік, тепло швидко, рівномірно та точно розподіляється по всій кімнаті. 180 алюмінієвих пластин на метр теплообмінника із широким фланцем для оптимальної теплопровідності. До 16 мідних труб

								Арк.
								36
		№ докум.	Підпис	Дата	Пояснювальна записка			

для забезпечення оптимального потоку теплоносія. Латунні колектори з великою камерою для полегшення вентиляції та подачі води.

- Пиле і брудовідштовхувальне сіре покриття (RAL 7024).

### Корпус конвектора Strada

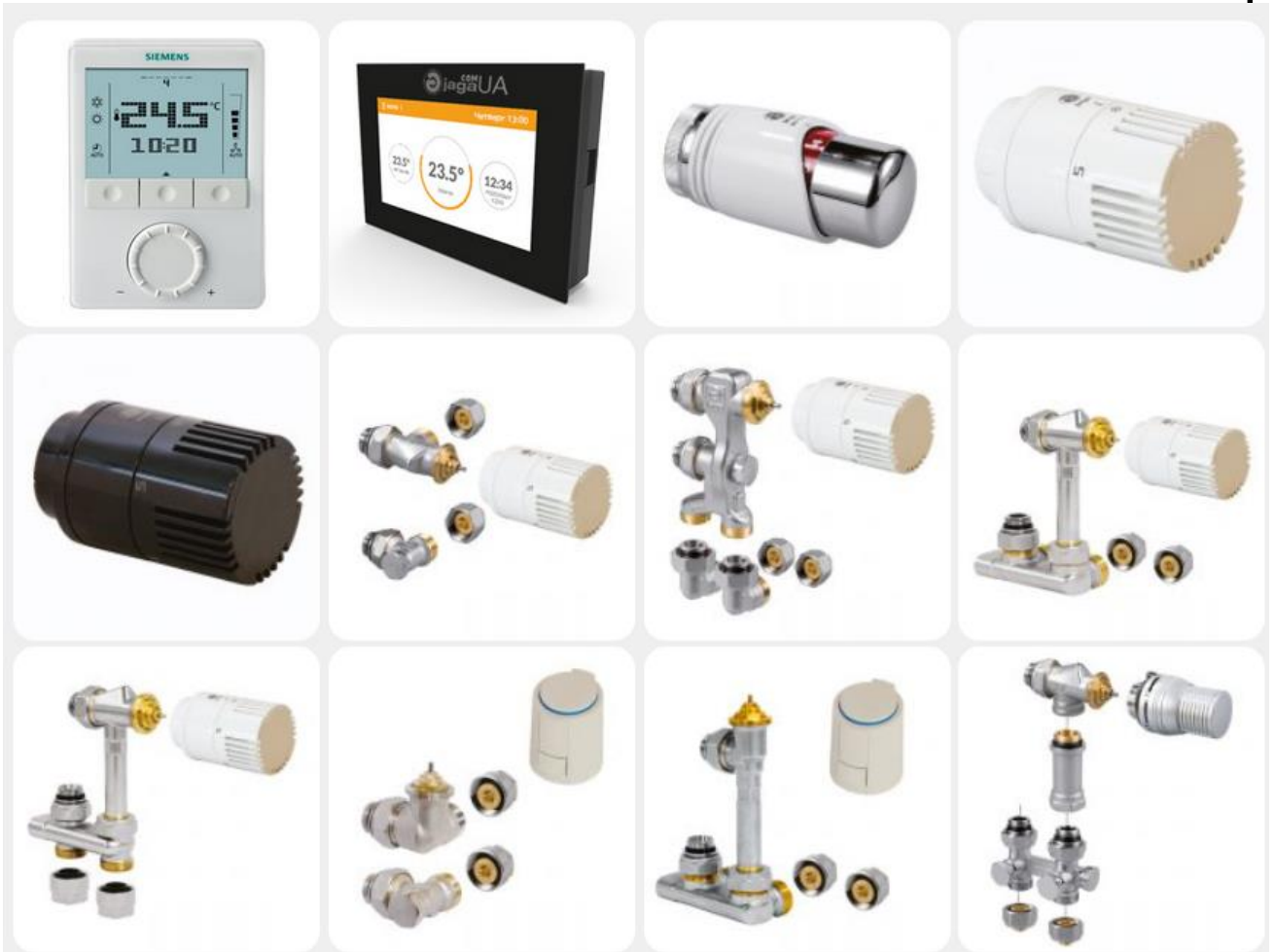
---

- Корпус радіатора покритий поліестером, стійким до подряпин лаком із тонкою структурою.
- Клапана та гідравлічні з'єднання приховані під корпусом радіатора.
- Температура корпусу ніколи не перевищує 43°C.
- Доступні у 55 кольорах.
- Корпус можна демонтувати у простий спосіб очищення теплообмінника.
- 4 варіантів товщини 85, 115, 165 та 215 мм.
- 14 варіантів довжини: від 500 до 2800 мм.

Доступні аксесуари:

- Термостат MultiSensor керує приводами, встановленими на клапанах і вентиляторах, щоб підтримувати необхідну температуру в приміщенні.
- Зональні термостати Simens з можливістю щотижневого програмування дозволяє регулювати роботу клапанів.
- Електроприводи, керовані сигналом включення/вимикання або 0-10 В.
- Термостатичні клапани.
- Набори клапанів з головками та приводами.
- Термостатичні головки різних типів для ручного регулювання.
- Вішалки для рушників та ін.

								Арк.
		№ докум.	Підпис	Дата	Пояснювальна записка			37



					Пояснювальна записка	Арк.
		№ докум.	Підпис	Дата		38

### 3.3 ПОВІТРЯНА ЗАВІСА

Для виключення проривів повітря ззовні (як холодного так і теплого в залежності від періоду року) крізь зовнішні вхідні двері, ворота, зони загрузки/розгрузки товару, а також попадання дрібних комах в приміщення при відкриванні дверей/воріт, при проектуванні передбачають встановлення теплових завіс та тамбур шлюзів. На сьогоднішній день завіси встановлюються в усіх будівлях, включаючи офісні, промислові, складські, громадські будівлі та будівлі іншого призначення. Завдяки встановленню завіс при експлуатації будівель власники/користувачі мають гарні показники економії енергоресурсів в різні пори року.

В теплових та холодних завісах тепло/холодоносіями можуть бути як вода так і електричний струм, або навіть газ. Створюючи потік повітря з заданими параметрами, вентилятори завіси подають, з підвищеною швидкістю, потік повітря, відсікаючи прориви повітря ззовні безпосередньо в приміщення при відкриванні дверей. Потіки повітря з завіс можуть бути в напрямках як по горизонталі, так і по вертикалі. Тому конструктивно завіси діляться на горизонтальні, вертикальні або карусельні, які додатково зменшують можливість проривання зовнішнього повітря до приміщення шляхом своїх конструктивних особливостей.

В даній роботі запропоновано до встановлення горизонтальну електричну теплову завісу фірми Єврокліма. Продукція компанії Єврокліма є достатньо надійною, дуже привабливою. Можливість індивідуальних заказів завіс по технічним та дизайнерським параметрам зробив цю компанію провідною на ринку України.

Принцип роботи завіс дуже схожий на роботу систем вентиляції. Завдяки різниці тисків, повітря з приміщення всмоктується в корпус завіси, після чого воно проходить через теплообмінник завіси та завдяки роботі вентиляторів, які вмонтовані в останню, подається в проїом дверей/воріт з підвищеною швидкістю, образуючи свого роду повітряний бар'єр. В кожному конкретному випадку завіса підбирається по розрахунку з урахуванням ширини дверей/воріт, що відкриваються, з урахуванням їх висоти, враховуються також кліматичні дані місцевості де розташовано об'єкт проектування та розташування будівлі відносно сторін світу. Для зменшення витрат на енергоносії сучасні завіси обладнані датчиками руху, які дають сигнал на двигуни вентиляторів чи двигуни обертання карусельних дверей з завісами, на включення в роботу. Після проходження людей/провезення матеріалів, датчик дає сигнал двигунам на зупинення. Таким

									Арк.
		№ докум.	Підпис	Дата	Пояснювальна записка				39

чином завіси не працюють в режимі 24/365, а працюють тільки при відкриванні/закриванні дверей/воріт. В інший час вони не працюють.

*До переваг електричних теплових завіс можна віднести наступне:*

1. Легкість монтажу та експлуатації.
2. Відносно малі затрати на закупівлю та монтаж по рівнянню з водяними.
3. Не потребують багато місця (мають невеликі розміри завдяки тенам, які нагрівають повітря).
4. Мають швидшу реакцію на зміни умов роботи по рівнянню з водяними (більш інертні).
5. В порівнянні з іншими видами завіс є більш екологічними.

*До недоліків електричних теплових завіс можна віднести наступні:*

1. Споживання електроенергії тепловими завісами значне, що підвищує витрати на їх експлуатацію.
2. Електричні завіси можуть використовуватись тільки в якості теплових, або як вентилятори. Вони не мають холодного теплообмінника.
3. Зі збільшенням габаритів вхідних груп будівлі, збільшується типорозмір завіс, що в свою чергу веде до збільшення шумових характеристик останніх.
4. Регулювання завіс покрокове, вони можуть включати по одному один, два або три тена в залежності від умов експлуатації в даний момент в цю хвилину.
5. Тени електричних завіс часто перегорають. При їх експлуатації, краще мати запасні.

*Для даного проєкту вибрано суперкомпактну електричну повітряну теплову завісу горизонтального типу Tibex Єврокліма (рис. 3.4), яка по своїм характеристикам та зовнішньому виду відноситься до дизайнерських. Її корпус та решітка можуть бути любого кольору (до 8-ми різновидів) в залежності від вимог замовника та дизайнера, або можуть бути виконані з нержавіючої сталі. Усі необхідні настройки доступні для користувача, що робить використання цього обладнання зручним.*

Ця завіса має привабливий вигляд, її розмір відповідає розміру дверного проїому, потік теплого повітря направлений зверху до низу. Завіса була підібрана з урахуванням висоти вхідного проїому. Вона має стильний дизайн, який легко вписується в інтер'єр приміщення. Регулювання потужності потоку повітря та його температури забезпечується з пульта керування тепловою завісою.

Завіса встановлюється над дверним отвором. Конструкція корпусу дозволяє скрити електричні підключення останньої. Такі завіси можна встановлювати в

						Арк.
					Пояснювальна записка	40
		№ докум.	Підпис	Дата		

будівлях де вхідна група по своїм розмірам не ширше 2,5м. Повітряний потік пробиває висоту до 2,5 м. Шумові характеристики нижче середніх -



Рис. 3.4 Завіса Tubex Єврокліма

*Ці завіси поставляються з наступними аксесуарами:*

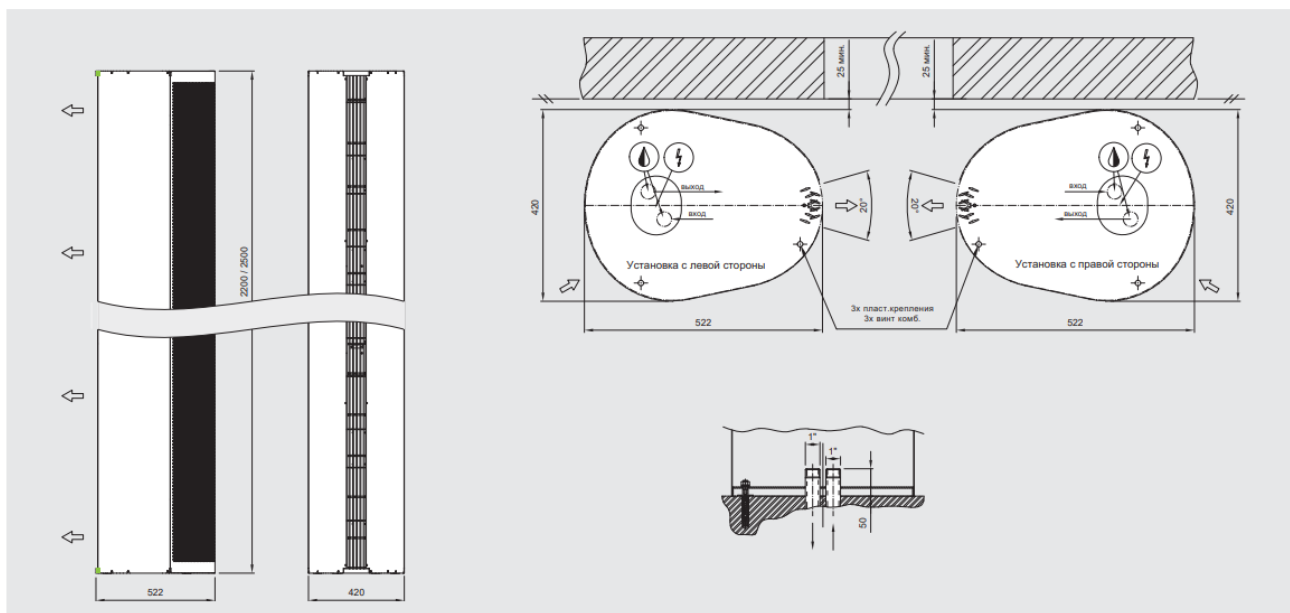
- ◆ Ditronic - контролер з LCD-дисплеєм
- ◆ DKM - механічний дверний контакт
- ◆ Econ - контролер
- ◆ DKMG - магнітний дверний контакт
- ◆ Кріплення - стельові
- ◆ Кімнатний датчик температури
- ◆ TP - кімнатний термостат
- ◆ Запасні повітряні фільтри - EU3

*Технічні характеристики теплової завіси надані в Табл. 3.1.*

Основними перевагами встановлення теплових завіс є зменшення тепловтрат, як в нашому випадку, взимку, перешкодження попаданню пилу та

						Арк.
		№ докум.	Підпис	Дата	Пояснювальна записка	41

вихлопних газів з вулиці в приміщення за рахунок конструктивних особливостей, таких як встановлення в завісу повітряних фільтрів. Додатковий нагрів повітря біля зовнішніх огорожуючих конструкцій – це теж є перевагою при встановленні повітряних завіс.



Таблиця 3.1

Технічні характеристики електричної повітряної теплової завіси  
типу Tubex від Єврокліма

Технические характеристики	TUBEX 2200 W	TUBEX 2200 W-NX	TUBEX 2200 E	TUBEX 2200 S	TUBEX 2500 W	TUBEX 2500 W-NX	TUBEX 2500 E	TUBEX 2500 S
Расход воздуха [м³/час]	3480	4150	3700	3750	4150	4150	4200	4280
Водяной нагрев - вода 80/60°C / t₁=18°C								
Тепловая мощность [кВт]	38,4	29,1*	-	-	45,2	30,4*	-	-
Перепад давления [кПа]	27,1	11,3*	-	-	11,9	7,7*	-	-
Расход воды [м³/час]	1,7	1,7*	-	-	2	1,7*	-	-
Диаметр подключения [DN]	20	20	-	-	20	20	-	-
Электрический нагреватель**								
Макс. мощность тип 1 [кВт]	-	-	10	-	-	-	12,5	-
Макс. мощность тип 2 [кВт]	-	-	12,5	-	-	-	15	-
Макс. мощность тип 3 [кВт]	-	-	15	-	-	-	17,5	-
Макс. мощность тип 4 [кВт]	-	-	17,5	-	-	-	22,5	-
Напряжение сети [В]	-	-	400	-	-	-	400	-
Электрические характеристики вентиляторов								
Мощность [Вт]	850	1010	850	850	1010	1200	1010	1010
Сила тока [А]	4,5	5,4	4,5	4,5	5,4	6,3	5,4	5,4
Напряжение [В]	230	230	230	230	230	230	230	230
Тип управления	ECON, DITRONIC TOUCH							
Класс защиты	IP20	IP20	IP20	IP20	IP20	IP20	IP20	IP20
Уровень шума* дБ (А)	57	59	57	57	59	59	59	59
Вес [кг]	90	100	90	75	100	110	100	85

Завіси компанії Єврокліма — це оптимальне рішення для створення комфорту та енергозбереження в будівлях з великим потоком людей, де часто відкриваються вхідні зовнішні двері.

## 4. ВЕНТИЛЯЦІЯ

					Пояснювальна записка	Арк.
						43
		№ докум.	Підпис	Дата		

## 4.1. РОЗРОБКА СИСТЕМ ВЕНТИЛЯЦІЇ ДЛЯ ДАНОЇ БУДІВЛІ

Розрахунок систем вентиляції почали з вибору системи. В результаті міркувань та оцінки складності об'єкту прийняли систему механічної загальнообмінної вентиляції. Розрахунок системи проводився з урахуванням технічного завдання, призначення приміщень, розташування будівлі (місцевість), кількості відвідувачів приміщень будівлі та постійно працюючого в ній персоналу.

Розрахунок систем робимо для кожного поверху та приміщення подвійного призначення. Відповідно збираємо інформацію для визначення повітрообмінів трьох припливно-викидних установок, одна з яких буде обслуговувати всі приміщення цокольного поверху, за виключенням приміщення подвійного призначення, друга установка буде обслуговувати приміщення подвійного призначення та працювати в кількох режимах в залежності від обставин використання цього приміщення, третя – приміщення першого поверху. Результати розрахунків заносимо в таблицю 4.1. «Розрахунок необхідних обмінів повітря за нормованими кратностями та іншими нормованими критеріями». Всі розрахунки робимо на підставі технічного завдання та архітектурних креслень будівлі, включаючи матеріали огорожуючих конструкцій.

Дані підбраного по розрахункам обладнання вносимо в таблицю 3.8. «Характеристика вентиляційного обладнання». По бажанню замовника компанія виробник обладнання може бути замінена на іншу, але з тими самими технічними параметрами.

Для приміщень кухні окремо розраховуємо необхідну кількість видаляемого повітря згідно технічних даних обладнання кухні та режиму роботи останнього. Для компенсації видаляемого повітря до встановлення пропонуються дві припливні установки, які сумісно працюють з технологічними витяжками.

Всі три припливно-витяжні установки мають роторні рекуператори, які дозволяють значно економити енергоресурси завдяки використанню вторичного тепла/холода від відпрацьованого повітря. Повітря, яке видаляється з санвузлів, видаляється вище конька покрівлі за допомогою окремої витяжної системи на базі вентиляторів фірми «Systemair». Цю ж фірму використовуємо при підборі обладнання припливно- витяжних систем та припливних систем. Розміщення вентиляційного обладнання запропоновано в цокольному поверсі в венткамері.

В роботі застосовані сталеві оцинковані повітропроводи за ГОСТ 24751-81, товщиною 0,5мм; 0,6мм; 0,7мм та 0,9 мм, і за ДСТУ 8540-2015 класу щільності «В».

Повітропроводи по всій довжині ізолюються ізоляцією типу K-FLEX-ST, товщина якої залежить від того, де прокладені повітропроводи ззовні чи в самому будинку. Місця проходу зовнішніх огорожуючих конструкцій повітропроводами заповнюють вогнестійкими матеріалами та ізолюють. Виходи витяжних шахт на покрівлю також ізолюють для запобігання виникнення

						Арк.
					Пояснювальна записка	
		№ докум.	Підпис	Дата		44

конденсату на їх поверхні. В місцях перетину повітропроводами вогнезатримуючих преград, перекриттів встановлюються вогнезатримуючі клапани з межею вогнетривкості такою самою, як сама преграда.

В архітектурній частині проєкту передбачено ніши для прокладання комунікацій, в яких розташовуємо повітропроводи та трубопроводи систем тепло та холодопостачання. Горизонтальні ділянки останніх максимально наближуємо до перекриттів. Для можливості пуско-наладки та регулювання систем вентиляції на всіх відгалуженнях повітропроводів передбачено встановлення дросель-клапанів.

Для запобігання розповсюдження шуму від вентиляційних установок та іншого обладнання в проєкті передбачено:

- встановлення вентиляційного обладнання на віброопорах/рамах
- приєднання обладнання до повітропроводів за допомогою гнучких вставок
- встановлення шумоглушників біля установок

Всі системи вентиляції вимикаються по сигналу «ПОЖЕЖА».

При монтажі систем керуватись типовими конструкціями серії 5.904-1. Перед здачею систем в експлуатацію всі системи повинні бути відрегульовані та повинні бути зроблені паспорти для кожної з них.

#### 4.2 ВИЗНАЧЕННЯ НЕОБХІДНОГО ПОВІТРООБМІНУ ПРИМІЩЕНЬ

Повітрообмін - це основний показник для підбору вентиляційного обладнання, так як кількість свіжого повітря, яке поступає в приміщення – залог комфортного перебування людей в цьому приміщенні. Згідно норм ДБН В.2.5-67:2013 загальна мінімальна витрата повітря для адміністративних будівель розраховується за рівністю [7]:

$$Q_{tot}=n \cdot q_p+S \cdot q_v, \quad (4.1)$$

де  $n$  - проєктна кількість людей у приміщенні;

$q_p$  - питома витрата зовнішнього повітря на одну людину,  $\text{дм}^3/(\text{с} \cdot \text{людина})$ ;

$S$  - загальна площа приміщення,  $\text{м}^2$ ;

$q_v$  - питома витрата зовнішнього повітря на розбавлення будівельних забруднень (зменшення концентрації забруднюючих речовин, що виділяються від будівельних матеріалів),  $\text{дм}^3/(\text{с} \cdot \text{людина})$ .

Типові значення питомої витрати зовнішнього повітря беруться за [7].

Для оптимальних параметрів мікроклімату потрібно розрахувати наступне:  $7 \text{ дм}^3/(\text{с} \cdot \text{людина})$  та  $0,7 \text{ дм}^3/(\text{с} \cdot \text{м}^2)$  коли рівень забруднення є низьким, а його джерелом є лише меблі.

					Пояснювальна записка	Арк.
						45
		№ докум.	Підпис	Дата		

В залежності від типу приміщень, ще повітрообміни визначаються за нормативною кратністю повітрообмінів згідно чинних нормативних документів у галузі будівництва України. Або регіональних та санітарно-гігієнічних вимог. Результати таких розрахунків наводимо у таблиці 4.1.

У прим. 14 (подвійного призначення) приймаємо розрахункову кількість людей з розрахунку 0,6 м кв. на одну людину. Всього 226 людей. Повітрообмін згідно чинного ДБН В.2.2-5:2023 «Захисні споруди цивільного захисту для приміщень СПП із захисними властивостями укриття» для місця розташування будівлі у Київській області складає 10 м куб//год на одну людину.

Дисбаланс повітрообмінів у межах 10% дозволяється рекомендаціями до проектування систем для протидії проривання холодного/теплого повітря з вулиці.

Таблиця 4.1

Повітрообміни

№	Назва приміщення	Площа, м <sup>2</sup>	Об'єм прим., м <sup>3</sup>	Нормативні кратності,		Приплив, м <sup>3</sup> /год	Викид, м <sup>3</sup> /год
				Приплив	Викид		
<b>Приміщення на першому поверсі</b>							
2	Лаунж-зона бунгало	57,5	230,0	за розрах	за розрах	760	500
3	Зона відпочинку 1 (кухня + стіл)	42,5	170,0	за розрах	за розрах	560	370
4	Зона відпочинку 2 (кухня + стіл)	42,5	170,0	за розрах	за розрах	370	370
5	Приміщення подвійного використання дитяча або додаткова столова зона	49,9	199,6	за розрах	за розрах	710	440
7	Зона умивальної 1	7,6	19,00	-	-	150	0
8	СВ (МГН)	5,6	14,00	-	-	0	225
9	СВ 1 (ч)	2,2	5,50	-	-	0	100
10	СВ 1 (ж)	2,2	5,50	-	-	0	100
11	Зона сміттевих баків	8,2	20,50		1	0	20
12	Електрощитова	8,9	22,25		2	0	40

13	Склад 1 (+2 дод. столи)	36,6	91,50		2	0	180
	Всього по першому поверху:					2550	2345
<b>Приміщення на цокольному поверсі</b>							
14	Приміщення подвійного призначення	136	544,0	за розрах	за розрах	2260	2260
15	КНС	5,5	22,00	3	3	70	70
16	СВ (МГН)	4,50	18,00				125
17	Умивальна	6,10	24,40			225	
17/1	СВ	2,10	8,40				50
17/2	СВ	2,10	8,40				50
18	ІТП	8,80	35,20	3	3	110	110
19	СВ	3,50	14,00				50
20	Завантажувальна	24,60	98,40	3	-	300	0
21	Прим. Охорони	18,90	75,60	за розрах	за розрах	240	240
22	Технічне приміщення	13,50	54,00		1		50
23	Склад	93,10	372,4		1		370
	Всього по цокольному поверху:					3205	3005

					Пояснювальна записка	Арк.
		№ докум.	Підпис	Дата		

### 4.3 АЕРОДИНАМІЧНИЙ РОЗРАХУНОК СИСТЕМ

Аеродинамічний розрахунок повітроводів у системах вентиляції є важливою частиною проектування, що дозволяє забезпечити оптимальну ефективність роботи вентиляційних систем, зберігаючи при цьому енергоефективність і знижуючи шум. Цей розрахунок ґрунтується на врахуванні параметрів повітряного потоку, характеристик повітропроводів і системи в цілому.

#### Принципи аеродинамічного розрахунку повітроводів:

1. **Розрахунок потужності та швидкості потоку:** Для проектування вентиляційної системи необхідно визначити, скільки повітря має проходити через систему. Це залежить від потреби в обміні повітря в приміщеннях, розмірів і функції об'єкта (наприклад, офіс, виробничий цех, склад).
2. **Вибір типу і матеріалу повітроводів:** Вибір матеріалу повітроводів (наприклад, металеві, пластикові, гнучкі) впливає на аеродинамічний опір, що створюється в системі. Тип матеріалу також визначає зручність монтажу, довговічність і вартість системи.
3. **Параметри повітряного потоку:** Аеродинамічні розрахунки вимагають визначення таких параметрів потоку, як швидкість, густина, температура, в'язкість та втрата тиску. Важливим є також визначення необхідної кількості повітря, яка повинна циркулювати через систему.
4. **Коефіцієнти опору:** У системі вентиляції існують різні джерела опору потоку повітря, зокрема: тертя повітря об стінки повітроводів, зміни напрямку повітряного потоку, наявність повітряних фільтрів, клапанів, поворотів та інших елементів. Різні типи повітроводів та елементів системи мають різні коефіцієнти опору, які враховуються під час розрахунку.
5. **Баланс тиску:** Аеродинамічний розрахунок системи вентиляції передбачає забезпечення балансу між тиском на вході в систему (наприклад, створюваним вентилятором) і тиском на виході (що залежить від довжини та конфігурації повітроводів). Занадто великий опір може призвести до нестабільної роботи вентилятора або перевищення допустимих витрат енергії.
6. **Шумові характеристики:** Важливо враховувати рівень шуму, який виникає в системі через повітряний потік. Великий аеродинамічний опір, різкі повороти та неправильно підібрані елементи можуть призвести до надмірного шуму, що є критичним для комфортного перебування людей в приміщенні.

#### Хід аеродинамічного розрахунку повітроводів:

1. **Визначення необхідного об'єму повітря:**

Першим етапом є розрахунок потрібного об'єму повітря, що має пройти через вентиляційну систему. Це зазвичай залежить від розміру приміщення та вимог до обміну повітря. Обсяг повітря, який потрібно подати, визначається за формулою:  $Q=V \cdot n$ , де  $Q$  — об'єм повітря,  $V$

						Арк.
					Пояснювальна записка	
		№ докум.	Підпис	Дата		48

— об'єм приміщення,  $n$  — коефіцієнт обміну повітря (залежить від типу приміщення та його призначення).

## 2. Вибір типу та розмірів повітроводів:

- a. Для правильного вибору діаметра та типу повітроводів (круглі, прямокутні) важливо враховувати витрати повітря і швидкість потоку. Вибір діаметра впливає на розподіл тиску та швидкості потоку в системі.
- b. Чим більший діаметр, тим менший опір  $i$ , відповідно, менше енергоспоживання.

## 3. Розрахунок аеродинамічного опору:

- a. Для кожного елемента системи (повітроводів, фільтрів, клапанів, поворотів) визначають аеродинамічний опір. Основним чинником є тертя потоку повітря об стінки повітроводів та зміна напрямку потоку.
- b. Для розрахунку опору використовують емпіричні формули або таблиці для типових елементів вентиляційних систем. Наприклад, опір труб можна розрахувати за формулою Дарсі:  $\Delta P = f \cdot L / D \cdot \rho \cdot v^2 / 2$ , де  $\Delta P$  — перепад тиску,  $f$  — коефіцієнт тертя,  $L$  — довжина трубопроводу,  $D$  — діаметр,  $\rho$  — густина повітря,  $v$  — швидкість потоку.

## 4. Баланс тиску в системі:

Після розрахунку опорів необхідно створити баланс тиску, що враховує всі джерела втрат тиску в системі. Тиск вентилятора має бути достатнім для подолання цих втрат.

## 5. Оптимізація системи:

Після того, як система вентиляції розрахована, можна оптимізувати її компоненти: змінити діаметри повітроводів, мінімізувати кількість поворотів, змінити тип фільтрів чи інші елементи для зменшення аеродинамічного опору і забезпечення ефективної роботи системи.

## 6. Визначення шумових характеристик:

На основі швидкості потоку та елементів системи можна оцінити рівень шуму, який буде генерувати система. Для цього використовують відповідні таблиці та критерії, щоб забезпечити відповідність нормам шуму в приміщеннях.

								Арк.
		№ докум.	Підпис	Дата	Пояснювальна записка			49

## Основні параметри, що враховуються при розрахунках:

- **Швидкість повітря:** Зазвичай швидкість потоку повітря в вентиляційних каналах не повинна перевищувати певних значень, щоб уникнути шуму та значних втрат енергії.
- **Втрати тиску:** Це сума всіх втрат, включаючи тертя, зміни напрямку потоку та вплив різних елементів системи.
- **Ефективність вентилятора:** Потрібно враховувати тип вентилятора і його здатність створювати необхідний тиск для подолання опорів системи.

Аеродинамічний розрахунок повітроводів є ключовим для забезпечення ефективності та надійності вентиляційних систем. Від правильного виконання цих розрахунків залежить не тільки енергоефективність, але й комфорт, безпека та довговічність системи.

					Пояснювальна записка	Арк.
						50
		№ докум.	Підпис	Дата		

## 4.4 ПІДБІР ПРИПЛИВНО-ВИТЯЖНИХ УСТАНОВОК

Підбір припливно-витяжних установок виконано у Конфігураторі Systemair. Установки вибрано тиру Torvex з роторним теплообмінником типу повітря-повітря, та водяними нагрівачем та охолоджувачем.

**Підлогова підставка**  
Стационарні блоки Torvex мають компактну конструкцію і можуть бути встановлені як всередині, так і зовні приміщень. Підключення до повітропроводів можна розмістити збоку або зверху агрегату. Для різних потреб доступні різні варіанти теплообмінників. Всі підлогові блоки оснащені вбудованою системою управління.

**Torvex TR**  
Компактний агрегат з роторним рекуператором тепла, доступний у 6 типорозмірах з витратою повітря до 6 500 м³/год.  
Torvex TR - це серія компактних припливно-витяжних агрегатів з роторним рекуператором тепла.  
Torvex TR оснащені роторними рекуператорами. Ефективні ЕС-вентилятори забезпечують покращені звукові характеристики та енергоефективність.  
Агрегат спроектований таким чином, щоб зробити монтаж, перевірку та обслуговування максимально простими і легкими.  
Покращена внутрішня і зовнішня герметизація підвищує енергоефективність агрегату.  
Агрегат може працювати з постійним або регульованим повітряним потоком і поставляється в комплекті з елементами керування для полегшення монтажу та введення в експлуатацію. У стандартній комплектації Torvex також має кілька інтегрованих можливостей підключення до систем управління будівлею.

**Верхнє**  
Вертикальні агрегати спеціально розроблені для підлогового монтажу з оптимізованою площею установки, що забезпечує вертикальне підключення до повітропроводів. Всі моделі мають ізолюваний корпус з вбудованими вентиляторами, фільтрами, системою керування та рекуператором. Модельний ряд має альтернативні варіанти рекуператорів та різноманітні комбінації аксесуарів.

**Роторний**  
The rotary heat exchanger is available in both condensation and sorption version. The rotary heat exchanger has a high temperature efficiency up to 85-90% depending on operating conditions. It can recover moisture and is the heat exchanger that requires the least space.

### Підлогова підставка

Стационарні блоки Torvex мають компактну конструкцію і можуть бути встановлені як всередині, так і зовні приміщень. Підключення до повітропроводів можна розмістити збоку або зверху агрегату. Для різних потреб доступні різні варіанти теплообмінників. Всі підлогові блоки оснащені вбудованою системою управління.

### Верхнє

Вертикальні агрегати спеціально розроблені для підлогового монтажу з оптимізованою площею установки, що забезпечує вертикальне підключення до повітропроводів. Всі моделі мають ізолюваний корпус з вбудованими вентиляторами, фільтрами, системою керування та рекуператором. Модельний ряд має альтернативні варіанти рекуператорів та різноманітні комбінації аксесуарів.

### Роторний

Ротаційний теплопередавач доступний в обох версіях: конденсаційній та сорбційній. Він має високу температурну ефективність, що досягає 85-90% залежно від умов експлуатації. Ротаційний теплопередавач здатний відновлювати вологу та є теплопередавачем, який займає найменше місце.

						Арк.
		№ докум.	Підпис	Дата	Пояснювальна записка	51

## Торвех TR

Компактний агрегат з роторним рекуператором тепла, доступний у 6 типорозмірах з витратою повітря до 6 500 м<sup>3</sup>/год Торвех TR - це серія компактних припливно-витяжних агрегатів з роторним рекуператором тепла. Торвех TR оснащені роторними рекуператорами. Ефективні ЕС-вентилятори забезпечують покращені звукові характеристики та енергоефективність. Агрегат спроектований таким чином, щоб зробити монтаж, перевірку та обслуговування максимально простими і легкими. Покращена внутрішня і зовнішня герметизація підвищує енергоефективність агрегату. Агрегат може працювати з постійним або регульованим повітряним потоком і поставляється в комплекті з елементами керування для полегшення монтажу та введення в експлуатацію. У стандартній комплектації Торвех також має кілька інтегрованих можливостей підключення до систем управління будівлею.

Повний файл підбору у Дод. 3.

					Пояснювальна записка	Арк.
						52
		№ докум.	Підпис	Дата		



Стратегія: Slot diffusers, each discharges to both sides	
No of slots opposed $n_o$	2
Расход $q_v$	130 m <sup>3</sup> /h
Расстояние $a$	1,1 m
Расстояние $x$	1,1 m
Высота установки $h_{inst}$	3,5 m
Допустимая разность температур приточного воздуха и воздуха в помещении $\Delta t_{sup,c}$	-6 K

Результаты	
Расход воздуха на метр $q_{v,m}$	162 m <sup>3</sup> /h
Расстояние $h_1$	1,7 m
Высота зоны обслуживания $h_{occ}$	1,8 m
Эффективная скорость воздуха $v_{eff}$	1,79 m/s
Дальность воздушной струи $l_s$	2,8 m
Скорость в $h_1$ $v_{h1}$	0,39 m/s
Разность температур на высоте $h_1$ $\Delta t_{h1}$	-1,35 K
Дальность воздушной струи $l_{s,2}$	2,2 m
Скорость в $l$ $v_l$	0,31 m/s
Разность температур при $l$ $\Delta t_l$	-1,07 K
Холодопроизводительность - охлаждение $\Phi_c$	-261 W

## Основні характеристики:

- **Індивідуальна настройка повітряного потоку:** Лопатки повітророзподільника можна регулювати вручну, що дозволяє оптимізувати напрямок викиду для конкретного простору, знижуючи рівень шуму і забезпечуючи рівномірне розподілення повітря.
- **Горизонтальний та вертикальний викид:** Можливість регулювання потоку повітря дає змогу створювати комфортні умови в різних зонах приміщення.
- **Комфортний мікроклімат:** Висока індукція дозволяє швидко згладжувати температурні різниці та швидкості повітря, що сприяє підтримці приємної температури і знижує неприємні повітряні потоки.
- **Естетичний вигляд:** Дифузор виготовлений з алюмінієвих профілів з порошковим покриттям RAL CLASSIC, що гарантує стильний вигляд і довговічність.
- **Оптимізація звукових характеристик:** Завдяки продуманій конструкції лицьової частини та використанню якісних матеріалів, дифузори TSD забезпечують низький рівень звукової потужності навіть при високих об'ємах повітря. Вони підходять для різноманітних середовищ, де важливим є акустичний комфорт.

## Матеріали та покриття:

- Лицьова частина та лопатки виготовлені з екструзійних алюмінієвих профілів для забезпечення високої міцності та стійкості до корозії.
- Кінцеві пластини з оцинкованої сталі, а також варіанти обробки плініум-боксів з порошковим покриттям забезпечують надійність і довговічність.
- Опційне внутрішнє покриття з акустичної піни 12 мм допомагає знизити рівень шуму та покращити звукоізоляцію.

									Арк.
		№ докум.	Підпис	Дата					54

## Технічні особливості:

- **Регулювання повітряного потоку:** Слотні дифузори доступні з кількістю щілин від 1 до 4, що дозволяє створити бажану конфігурацію повітряного потоку в залежності від потреб.
- **Ширина щілини:** Моделі з шириною щілини 15 або 20 мм можуть забезпечувати оптимальну вентиляцію для різних типів приміщень.
- **Витрата повітря та температурний діапазон:** Диференціація температур подачі повітря варіюється від -10 до +10 К, що робить цей продукт універсальним для різних умов експлуатації.

## Акустичні параметри:

- Дифузори TSD створюють мінімальний рівень шуму завдяки своїй конструкції, що дозволяє використовувати їх у приміщеннях, де особливо важлива акустична комфортність.
- В залежності від положення заслінки клапана, рівень звукової потужності (LWA) варіюється від менше 15 дБ(А) до 16 дБ(А), що забезпечує тиху роботу навіть при високих витратах повітря.

	$\Delta p_t$ [Pa]	LWA [dB(A)]	63Hz [dB]	125Hz [dB]	250Hz [dB]	500Hz [dB]	1kHz [dB]	2kHz [dB]	4kHz [dB]	8kHz [dB]	LWNC [dB]	LWNR [dB]
Заслонка клапана в положенні "открыто"	3	< 15	17	24	20	< 15	< 15	< 15	< 15	< 15	< 15	< 15
Заслонка клапана в положенні 45°	6	15	18	25	21	< 15	< 15	< 15	< 15	< 15	< 15	< 15
Заслонка клапана в положенні "закрыто"	13	16	19	26	22	< 15	< 15	< 15	< 15	< 15	< 15	< 15

- Різноманітні частотні характеристики також вказують на те, що рівень шуму на частотах 63-5000 Гц залишається на мінімальних рівнях, що робить цей продукт ідеальним для офісів, конференц-залів та інших приміщень, де важлива акустика.

## Застосування:

- Ідеальний для монтажу в підвісні стелі та підходить як для подачі, так і для видалення повітря.
- Рекомендується для застосування в офісах, конференц-залах, торгових центрах та інших комерційних і промислових приміщеннях, де важливий контроль за повітряним потоком і акустичний комфорт.

**Підсумок:** Повітророзподільник TSD – це інноваційне рішення для ефективної вентиляції та кондиціонування повітря з урахуванням акустичних вимог і естетичних переваг. Завдяки високій індукції повітря, низькому рівню шуму та можливості точного налаштування повітряного потоку, він забезпечує оптимальний клімат у будь-якому приміщенні.

												Арк.
		№ докум.	Підпис	Дата								55

**Слотний дифузор типу TSD** — це ефективний пристрій для розподілу повітря в системах вентиляції та кондиціонування, що має ширину щілини 15 або 20 мм. Його особливістю є можливість індивідуального регулювання лопаток для контролю потоку повітря, що дозволяє налаштувати напрямок та інтенсивність повітряного потоку для досягнення оптимальних умов комфорту. Дифузор доступний у конфігураціях з 1, 2, 3 або 4 щілинами, що забезпечує гнучкість у застосуванні залежно від потреб об'єкта.

Дифузори цього типу підходять для монтажу в підвісні стелі, де їх можна використовувати для подачі або видалення повітря. Завдяки своїй конструкції вони ефективно знижують рівень шуму та забезпечують комфортне розподілення повітря. Регулювання потоку можливе як у горизонтальному, так і у вертикальному напрямку, що дає змогу точно налаштувати повітряний потік згідно з місцевими вимогами.

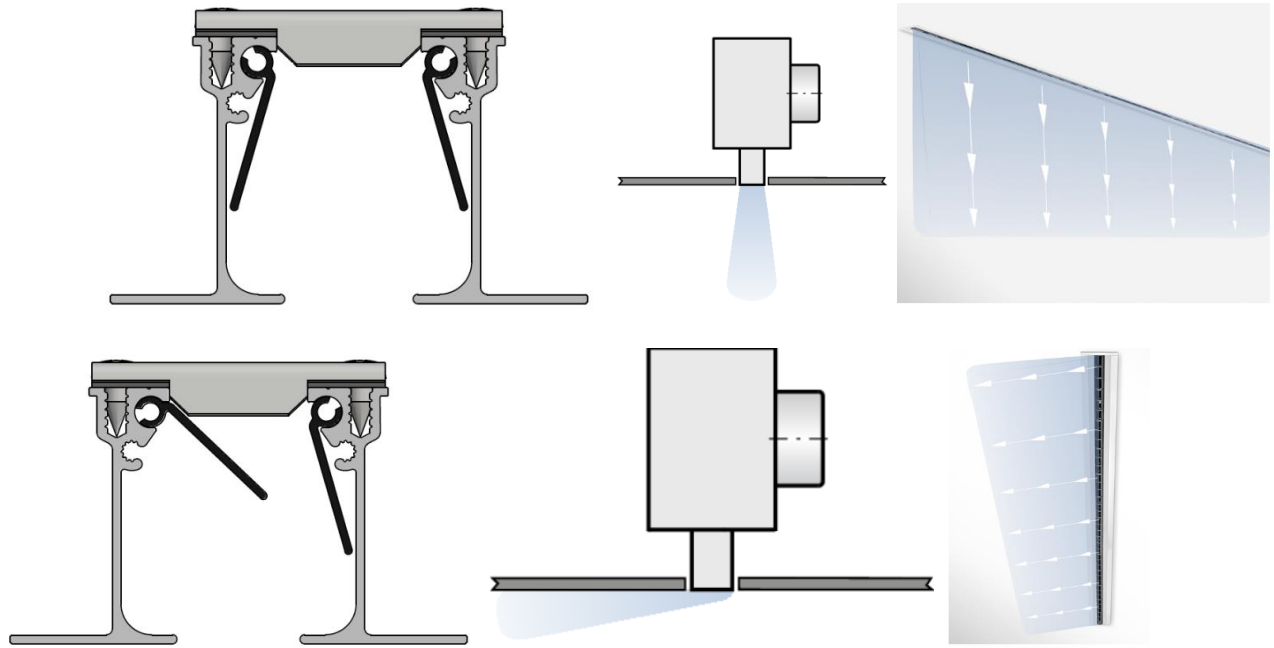
**Акустичні характеристики TSD** дифузорів також є важливою перевагою. Завдяки спеціально оптимізованій конструкції лицьової частини, вони забезпечують мінімальний рівень шуму при високих витратах повітря. Звукова потужність на рівні менше 15 дБ(А) при відкритому клапані, а також низькі рівні шуму на низьких та середніх частотах (63-500 Гц), гарантують тишу і комфорт в приміщеннях.

**Матеріали** виготовлення TSD дифузора — це екструзійний алюмінієвий профіль з поліестеровим порошковим покриттям, що забезпечує високу довговічність і естетичний вигляд. Конструкція дифузора оптимізована для максимального повітряного потоку при мінімальних рівнях тиску, що сприяє ефективній роботі вентиляційної системи навіть при великих витратах повітря.

**Монтаж і налаштування** цього повітророзподільника є зручним і швидким. Дифузор поставляється в комплекті з необхідними кріпленнями для підвісних стель та плініум-боксами, що спрощує його установку. Крім того, опціональні аксесуари, такі як акустичні вклади та регульовані клапани, дозволяють додатково налаштувати параметри роботи для досягнення найкращих результатів у конкретних умовах.

Загалом, **TSD дифузори** — це надійний і ефективний вибір для забезпечення комфортного мікроклімату в приміщеннях, де важливими є як акустичні характеристики, так і точність регулювання повітряного потоку.

								Арк.
		№ докум.	Підпис	Дата	Пояснювальна записка			56



	№ докум.	Підпис	Дата	

Пояснювальна записка

Арк.

57

1. Лицьова панель дифузора TSD; 1, 2, 3 або 4 слоти
2. Лопать для регулювання повітря
3. Кінцева пластина/кут (опціонально)
4. Приховане кріплення до плевум S11 (опціонально)
5. Повітророзподільна коробка AKV TSD
6. Отвір для підтримки повітророзподільної коробки (11 × 7)
7. Кронштейн для підтримки повітророзподільної коробки (11 × 7)
8. Патрубок
9. Заслінка патрубка (опціонально)

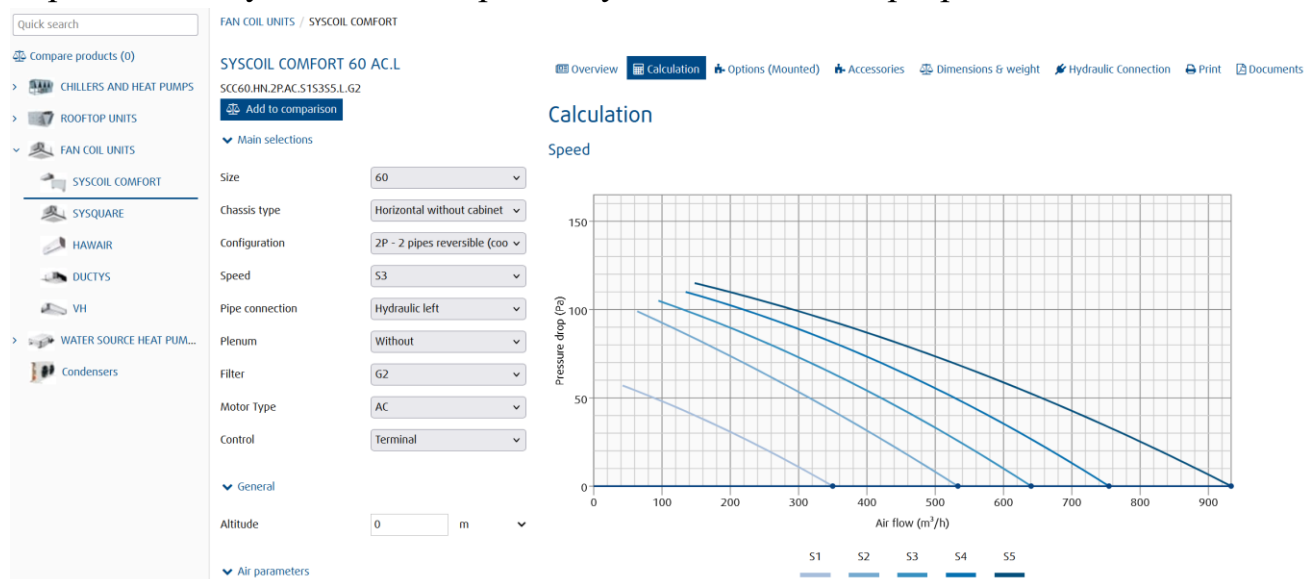
Для допоміжних приміщень підбрано дворядні репшітки та анемостати у цій же програмі.

					Пояснювальна записка	Арк.
		№ докум.	Підпис	Дата		

## 5.КОНДИЦІОНУВАННЯ

					Пояснювальна записка	Арк.
						59
		№ докум.	Підпис	Дата		

У таблиці 2.3.4 наведено загальні теплонадходження у приміщення, що потребують кондиціонування. Прийнято рішення використати фанкойли виробництва Systemair. Підбір виконувався в онлайн-програмі AC Select:



Джерелом холоду є повітряний тепловий насос типу повітря-вода (детально розглянуто та порівняно аналоги за технічними характеристиками у розділі 8).

При підборі було враховано параметри теплоносія (50/40°C) і холодоносія (12/17°C), а також дотримання вимог щодо шумових характеристик у робочому середовищі для забезпечення комфортного мікроклімату.

Обрано два типи фанкойлів: каналні для основних приміщень 2,3,4,5 (рис. 5.1) та підлогового/підстелевого типу для допоміжних (рис. 5.2).



Рис. 5.1 Фанкойл каналного типу VH 15 SYSTEMAIR

									Арк.
		№ докум.	Підпис	Дата					60
Пояснювальна записка									

## Характеристики VH 15 SYSTEMAIR

Speed	1*	2	3*	4	5*	
Air flow	990	1435	2110	2484	2845	m <sup>3</sup> /h
Pressure	11,0	23,1	50,0	69,3	90,9	Pa
Motor Absorbed Power	180	271	421	587	675	W
<b>Cooling</b>						
Total cooling capacity	4,25	5,37	7,08	7,65	8,20	kW
Sensible cooling capacity	4,25	5,37	7,08	7,65	8,20	kW
Outlet air temperature	14,2	15,8	17,0	17,8	18,4	°C
Water flow	732	925	1220	1318	1412	l/h
Leaving water temperature	17,0	17,0	17,0	17,0	17,0	°C
Water Pressure drop	3,41	5,08	8,25	9,48	10,7	kPa
<b>Heating</b>						
Total heating capacity	7,43	9,77	13,3	15,1	16,8	kW
Outlet air temperature	42,4	40,3	38,8	38,1	37,6	°C
Water flow	732	925	1220	1318	1412	l/h
Leaving water temperature	41,3	40,9	40,6	40,1	39,8	°C
Water Pressure drop	2,79	4,10	6,56	7,50	8,47	kPa
<b>Sound Level (dBA)</b>						
LW Return + Radiated	52,0	58,0	66,0	69,0	72,0	dB(A)
LW Discharged	52,0	57,0	64,0	68,0	71,0	dB(A)
LP Global**	31,0	37,0	45,0	48,0	51,0	dB(A)
Noise rating (NR)**	27	32	40	44	47	

## Характеристики SYSCOIL COMFORT 60 SYSTEMAIR

Speed	1*	2	3*	4	5*	
Air flow	350	533	640	754	933	m <sup>3</sup> /h
Pressure	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	Pa
Motor Absorbed Power	37	62	75	90	105	W
<b>Cooling</b>						
Total cooling capacity	1,48	2,11	2,49	2,75	3,18	kW
Sensible cooling capacity	1,48	2,11	2,49	2,75	3,18	kW
Outlet air temperature	14,4	15,2	15,4	16,1	16,8	°C
Water flow	255	363	429	474	548	l/h
Leaving water temperature	17,0	17,0	17,0	17,0	17,0	°C
Water Pressure drop	4,56	8,72	11,9	14,3	18,8	kPa
<b>Heating</b>						
Total heating capacity	2,76	4,00	4,73	5,32	6,27	kW
Outlet air temperature	43,5	42,4	42,0	41,1	40,0	°C
Water flow	255	363	429	474	548	l/h
Leaving water temperature	40,7	40,5	40,5	40,3	40,1	°C
Water Pressure drop	7,35	14,1	19,2	23,1	30,5	kPa
<b>Sound Level (dBA)</b>						
LW Discharged	38,0	46,0	51,0	53,0	58,0	dB(A)
LP Global**	29,0	37,0	42,0	44,0	49,0	dB(A)
Noise rating (NR)**	24	32	37	39	44	

\* Standard velocity. A grey column indicates a too low airflow for the electrical heater

\*\* Informative data, considering an hypothetical sound attenuation of the room and installation of 21dB

						Арк.
		№ докум.	Підпис	Дата	Пояснювальна записка	61

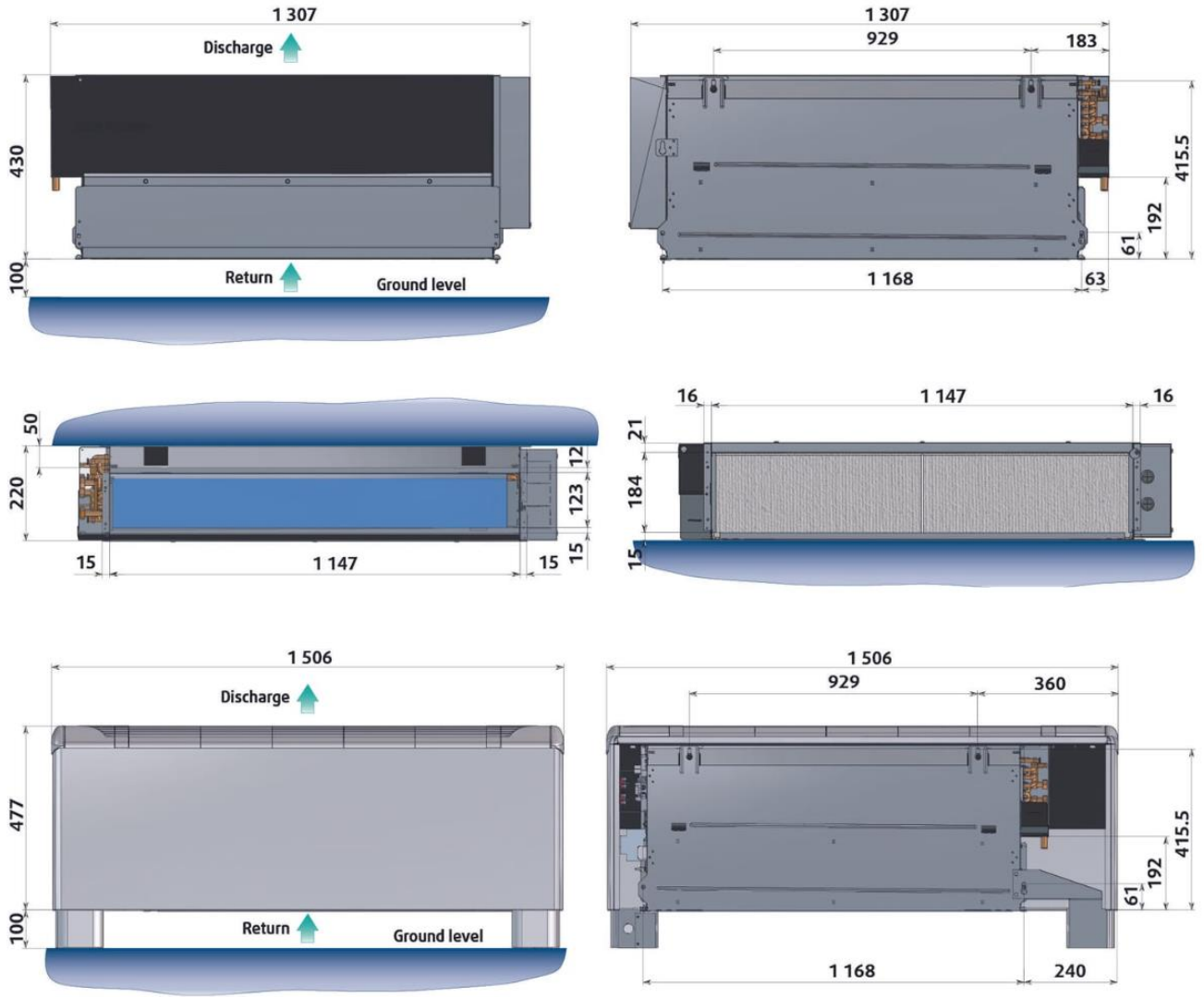
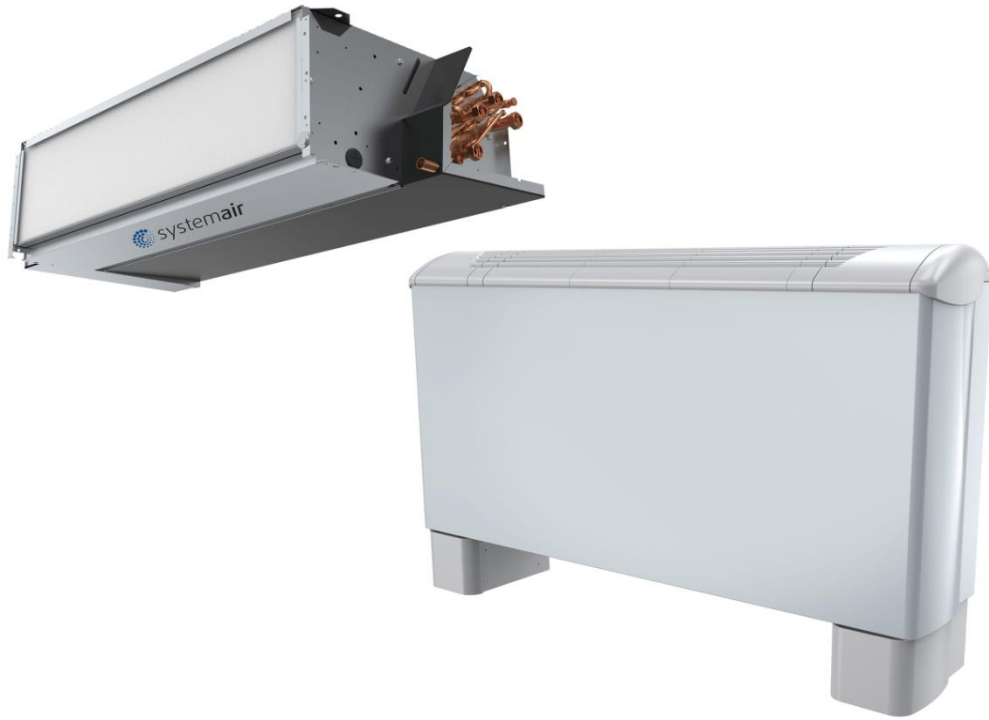


Рис. 5.2 Фанкойли підлогово-стельового типу SYSCOIL COMFORT 60  
SYSTEMAIR

					Пояснювальна записка	Арк.
		№ докум.	Підпис	Дата		62

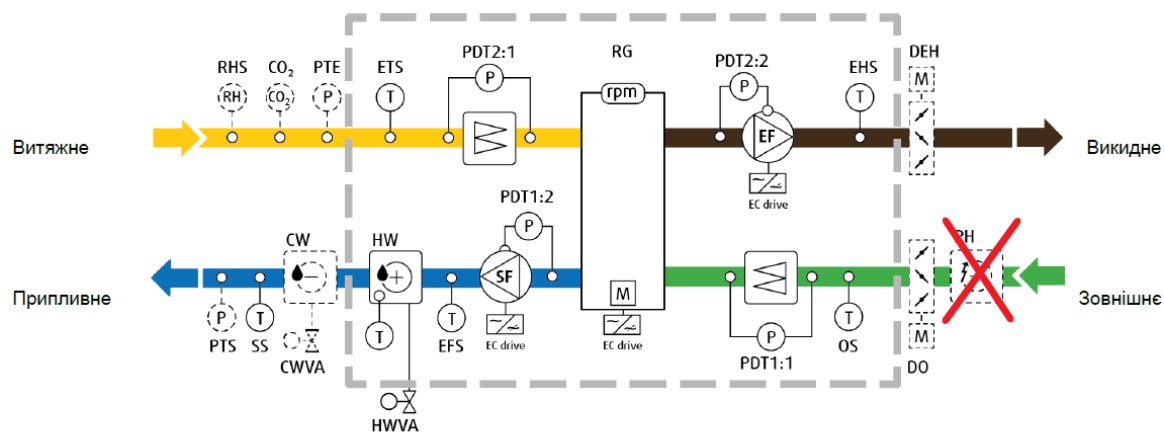
## 6. АВТОМАТИЗАЦІЯ

					Пояснювальна записка	Арк.
						63
		№ докум.	Підпис	Дата		

## 6.1 АВТОМАТИЗАЦІЯ СИСТЕМ ВЕНТИЛЯЦІЇ

В якості припливно-витяжних установок запроєктовані установки Torvex з ЕС вентиляторами фірми Systemair – схема автоматики (рис. 6.1.1)

Блок-схема



CO2	Датчик CO2	CW	Водяний охолоджувач	CWVA	Водяний клапан охолоджувача
DEH	Заслінка Викидне повітря	DO	Заслінка Зовнішнє повітря	EF	Витяжний вентилятор
EFS	Датчик ефективності	EHS	Температура вихідного повітря. Датчик	ETS	Температура витяжного повітря. Датчик
HW	Нагрівач водяний (HWH або HWL)	HWVA	Водяний клапан нагрівача	OS	Температура зовнішнього повітря. Датчик
PDT1:1	Тиск фільтра витяжного повітря	PDT1:2	Тиск вентилятора припливного повітря	PDT2:1	Тиск фільтра припливного повітря
PDT2:2	Тиск вентилятора витяжного повітря	<del>RH</del>	<del>Сервопривід нагрівача електричний</del>	PTE	Перетворювач тиску Вентилятор витяжного повітря
PTS	Перетворювач тиску Припливний вентилятор	RG	Захист ротора	RHS	Датчик відносної вологості
SF	Припливний вентилятор	SS	Температура припливного повітря Датчик		

\* Функції, позначені пунктирними лініями, доступні як аксесуари

Рис. 6.1.1 Схема автоматики ПВУ Torvex

На повітрязаборі установки ззовні встановлено повітряний клапан з сервоприводом, який зблоковується з припливним вентилятором та у комплексі з ним регулює фактичну витрату повітря. Також клапан із сервоприводом встановлено на виході повітря на зовні. У випадку відключення системи, зворотна пружина приводу повертає повітряний клапан у положення «закрито» - повітря ззовні не поступає у повітрязабірний / повітровідведний канали.

Щити управління вентиляційних установок можуть бути розташовані як безпосередньо у венткамері, так і в електрощитовій, де є вільний доступ.

Водяний нагрівач: містить в обв'язці комбінований клапан з сервоприводом (рис. 6.1.2) та циркуляційний насос, який забезпечує циркуляцію теплоносія для режиму «не замерзання» теплообмінника.

Додатковим аксесуаром установки є виносний охолоджувач, що містить в обв'язці комбінований клапан з сервоприводом (рис. 6.1.3) за допомогою якого відбувається кількісне регулювання відпуску холоду, тобто зміна температури повітря на припливі у теплий період року.

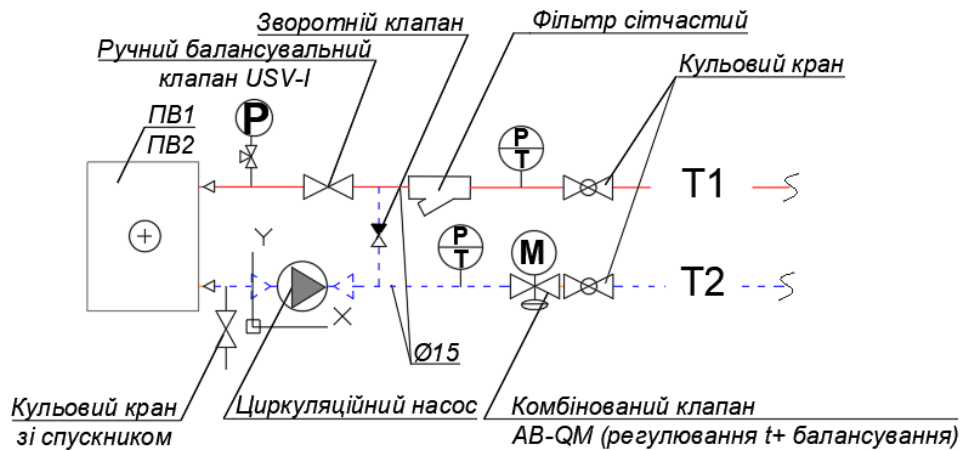


Рис. 6.1.2 Вузол об'язки калорифера теплопостачання систем ПБ1 та ПБ2

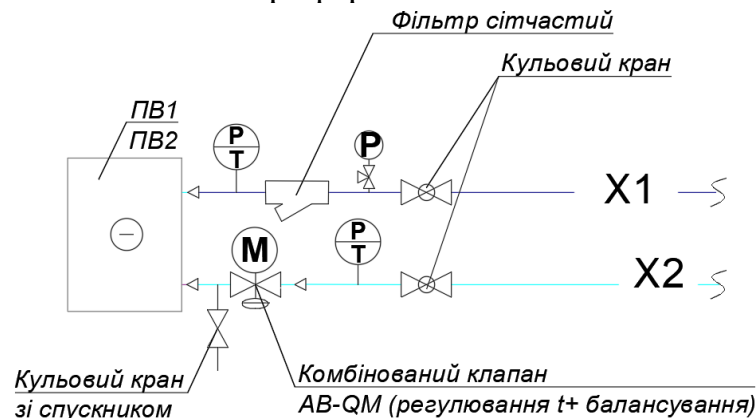


Рис. 6.1.3 Вузол об'язки водяного охолоджувача систем ПБ1 та ПБ2

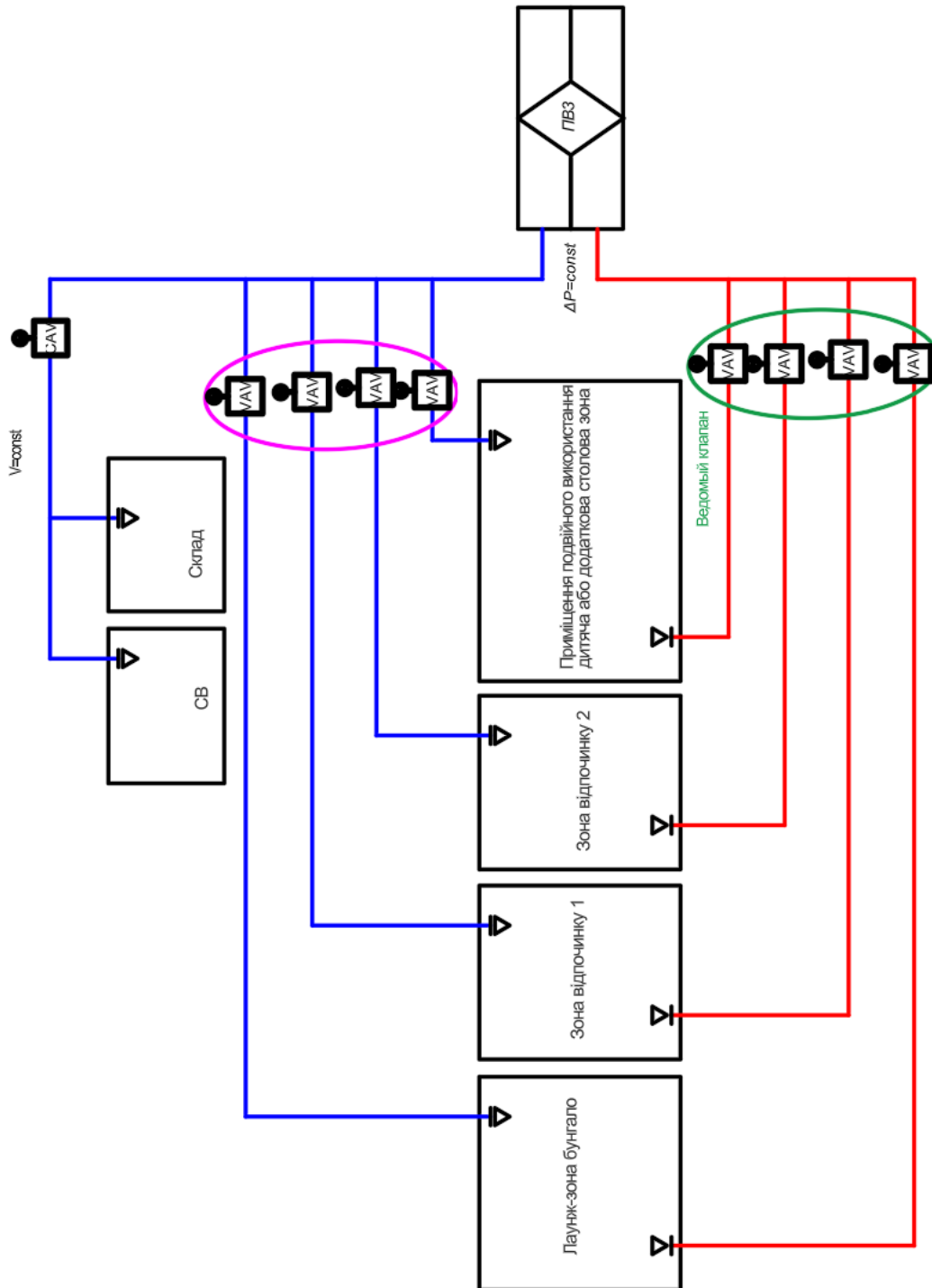
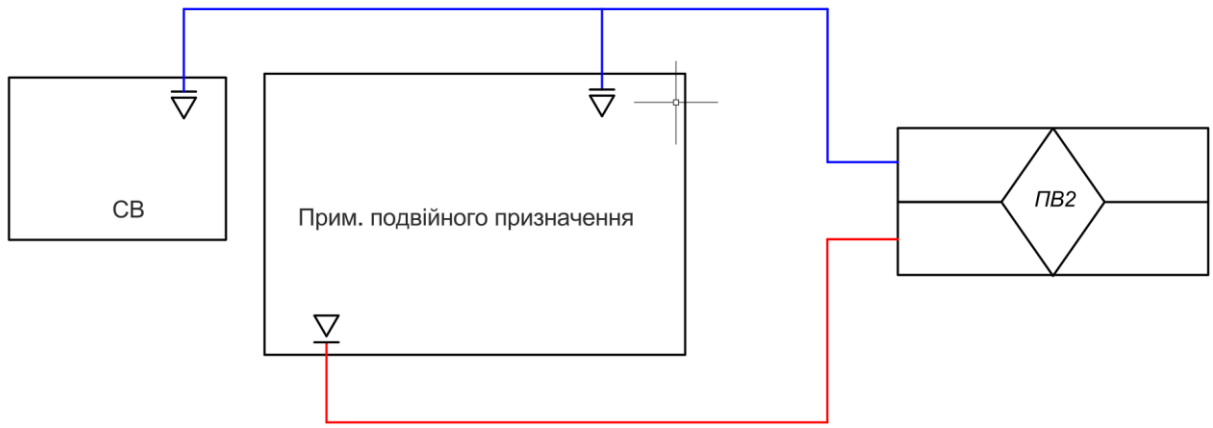
У випадку пожежі всі установки знеструмлюються, а клапани закриваються.

**ПБ1 (Topvex SR20-R-HWH)** працює постійно, обслуговує приміщення цокольного поверху.

**ПБ2 (Topvex SR30-R-HWH)** обслуговує тільки приміщення укриття з санвузлами та працює по датчику CO<sub>2</sub>: в приміщенні подвійного призначення виконується однократний повітрообмін. За датчиком CO<sub>2</sub>, при збільшенні відвідувачів, приплив та витяжка повітря поступово збільшується до розрахункового значення.

**ПБ3 (Topvex SR100-R-HWL)** обслуговує приміщення 1-го поверху, та працює по датчикам CO<sub>2</sub>, розташованим в приміщеннях зон відпочинку, лаундж-зони та в приміщенні подвійного використання. В цих приміщеннях постійно виконується двократний повітрообмін, але, при збільшенні відвідувачів, по датчику CO<sub>2</sub>, продуктивність припливної установки збільшується поступово до розрахункової. Це можливо завдяки встановленню на кожній гілці обслуговуваних приміщень VAV клапанів: на припливі – ведучий клапан, на витяжці – відомий клапан, та додатковому встановленню до існуючої автоматики датчика VAV air volume control. Для підтримання постійної витрати припливного повітря в приміщення санвузлів та складу на припливній гілці в ці приміщення встановлено САV клапан. Сама припливна установка підтримує постійний перепад тиску.

						Арк.
					Пояснювальна записка	65
		№ докум.	Підпис	Дата		



	№ докум.	Підпис	Дата	

## **Спільні для всіх систем TOPVEX особливості керування:**

### **Інтегрована система керування, Systemair Access**

Повітрообробний агрегат оснащений повністю інтегрованою системою управління на основі контролера Access, встановленого в шафі управління, і навігаційного планшета NaviPad. Повітрообробний агрегат може працювати автономно або узгоджено з системою управління будівлею. Перед відправленням агрегат був зібраний і пройшов остаточну перевірку працездатності та огляд. Під час цього процесу налаштування та параметри зберігаються в блоці керування.

### **Шафа керування та мережеве живлення**

Шафа містить необхідні компоненти, включаючи клемні колодки, запобіжники, джерело живлення 24В змінного струму та блок управління Access. До шафи необхідно під'єднати мережеве живлення на об'єкті. Монтажник на об'єкті несе повну відповідальність за те, щоб будь-який блок/інсталяція, що вимагає додаткового захисту джерела живлення, був виконаний відповідно до місцевих законодавчих вимог.

Захисний вимикач для відключення живлення не входить до комплекту поставки.

### **Система керування Access**

Блок управління Wi-Fi CU27-C2 оптимізований для компактних вентагретів та забезпечує 27 фізичних входів/виходів, має інтегровану бездротову комунікацію (Wi-Fi та Bluetooth), підтримку BMS та SCADA та підтримку Modbus та BACNET Communication. Усі роз'єми для зовнішніх компонентів чітко позначені та згруповані для легкого під'єднання зовнішніх компонентів та аксесуарів.

### **Інтерфейс користувача**

Керувати вентиляційним агрегатом можливо за допомогою додаткової панелі управління NaviPad або за допомогою додатку Access Connect (APP), доступного для Android та iOS на смартфонах та планшетах у поєднанні з вбудованим бездротовим зв'язком. Також можна використовувати веб-браузер на комп'ютері або мобільному пристрої. Для найкращого досвіду рекомендований мінімальний розмір екрана становить щонайменше 7”.

NaviPad доступний опціонально. NaviPad має 7-дюймову сенсорну панель IPS. Клас захисту NaviPad - IP 54, але не для монтажу на свіжому повітрі. Зв'язок між NAVIPAD та шафою управління забезпечується на відстані до 100 метрів за допомогою кабелю. Монтажник повинен використовувати стандартний мережевий кабель Ethernet (CAT5/6) для розширення. NAVIPAD стандартно комплектується 3-метровим кабелем.

Графічний інтерфейс користувача в NaviPad та Access Connect (APP) забезпечує повний діапазон керування, введення в експлуатацію та конфігурації користувачеві. Кінцевий користувач може запустити/зупинити пристрій, регулювати температуру, перевірити дані роботи та переглядати блок-схему.

Система Access підготовлена для Systemair Connect, простого у користуванні хмарного сервісу, що забезпечує повний огляд та доступ до вентиляційних агрегатів клієнтів. Підписка на послугу забезпечує глобальний

									Арк.
		№ докум.	Підпис	Дата					67

доступ для моніторингу системи. Вона також дозволяє агрегацію декількох систем управління в рамках одного облікового запису і служить заміною для базової системи BMS.

### **Паролі прав доступу**

Існує 3 різних рівні входу в систему

- Кінцевий користувач - (без пароля) - доступ до зчитування значень і зміни налаштувань, що відображаються на домашній сторінці.
- Рівень оператора - (пароль) - доступ до зчитування значень і зміни налаштувань, що стосуються розкладу, температури, потоку повітря, а також підтвердження тривоги.
- Сервісний рівень (пароль) - доступ до зміни значень конфігурації, доступ до активації нових функцій або відновлення заводських налаштувань.

### **Сигналізація та функції безпеки**

Якщо виникає тривожний стан, біля кнопки " Home" на NaviPad з'являється циклічний світловий індикатор.

- Горить зеленим - все гаразд (немає активних тривог).
- Миготливий червоний - активні/повернуті тривоги в одному або декількох блоках керування.
- Світиться червоним кольором - підтвержені тривоги в одному або кількох блоках керування, тривоги не скинуто.

Тривоги реєструються у списку тривог. Список показує тип тривоги, дату і час тривоги та клас тривоги:

Тривога класу А

Потребує квітування

Тривога класу В

Потрібно підтвердити

Тривога класу С

Повертається, коли причина тривоги зникне

### **Гнучка система**

Технічний фахівець зможе додатково адаптувати регулювання до вимог користувачів;

- Регулювання повітряного потоку можна змінювати між кількома методами: постійний об'єм повітря через вентилятори, постійний тиск у повітроводах, регулювання в залежності від CO<sub>2</sub> або регулювання в залежності від вологості.
- Режим регулювання температури можна змінювати між регулюванням температури в приміщенні, регулюванням температури припливного повітря та компенсацією зовнішньої температури тощо.
- На додаток до фіксованого розкладу доступний зовнішній сигнал запуску для розширеної роботи, 3 рівні
- На додаток або в якості альтернативи до фіксованого розкладу доступний зовнішній вхідний сигнал зупинки.

								Арк.
		№ докум.	Підпис	Дата	Пояснювальна записка			68

- Велика кількість інших альтернативних функцій також є опціональними.

### **Комунікаційні можливості**

Контролер включає апаратне забезпечення та порти, які згодом можуть бути запрограмовані технічним спеціалістом відповідно до вимог користувачів для двох альтернативних методів:

- Комунікація з BMS через Modbus RTU, TCP/IP або RS485
- Комунікація з BMS через BACNET IP

### **Рекуператор тепла**

Потужність рекуператора регулюється безступінчато за допомогою плавного керування.

### **Припливний вентилятор з ЕС двигуном**

Вентилятор припливного повітря приводиться в дію ЕС-двигуном з робочим колесом, встановленим безпосередньо на валу двигуна. Всі параметри були налаштовані та протестовані на заводі-виробнику.

### **Витяжний вентилятор з ЕС-двигуном**

Вентилятор витяжного повітря приводиться в дію ЕС-двигуном з робочим колесом, встановленим безпосередньо на валу двигуна. Всі параметри налаштовані та протестовані на заводі-виробнику.

### **Електричний нагрівач**

Модульований блок пропорційного керування електронагрівачем розміщений в шафі поруч з нагрівачем, в тій же секції, що і нагрівач. Блок керування в шафі подає сигнал 0-10 В постійного струму для керування потужністю нагрівача.

### **Підготовлено до керування нагрівачем**

Агрегат поставляється з нагрівачем, без клапана і приводу регулюючого клапана.

Блок керування підготовлений для керування двигуном клапана, а сигнал та живлення для приводу клапана подається з клем на розподільчому щиті, а саме Сигнал 0-10 В постійного струму і живлення 24 В постійного струму.

Клеми для циркуляційного насоса 230 В змінного струму доступні в шафі управління. Насос для контуру опалення завжди працюватиме, коли зовнішня температура зовнішнього повітря нижче встановленого значення (+10 °С). При більш високій зовнішній температурі насос буде працювати, коли потужність нагріву перевищує 0 %.

Насос має налаштований найкоротший час роботи, і насос буде використовувати режим "поштовх" один раз на день о 15:00.

### **Датчик захисту від замерзання води в нагрівачі**

Для захисту від замерзання температура води в теплообміннику передається на блок керування за допомогою датчика температури в контурі зворотного водопостачання теплообмінника. Блок управління завжди генерує сигнал на двигун клапана, який підтримує достатній потік гарячої води для захисту теплообмінника від замерзання. Цей захист від замерзання також активований, коли режим роботи "вимкнений".

						Арк.
		№ докум.	Підпис	Дата	Пояснювальна записка	69

Якщо температура води падає нижче заданого значення, вентилятори зупиняються, заслінки закриваються, і спрацьовує аварійна сигналізація.

### **Моніторинг фільтрів**

Моніторинг фільтрів над рукавними фільтрами є модульованим. Граничний тиск залежить від витрати. Низький потік = низька межа тиску, високий потік = висока межа. Датчики підключені до блоку керування. На дисплеї ви можете бачити фактичний тиск і встановлені межі для сигналізації. Датчики розміщені, як показано на технологічній схемі.

### **Рекуперація охолодження**

Якщо температура витяжного повітря нижча за температуру зовнішнього повітря, а в приміщеннях є потреба в охолодженні, активується рекуперація охолодження. Сигнал теплообмінника змінюється на протилежний, щоб забезпечити збільшення рекуперації при збільшенні потреби в охолодженні.

### **Постійна витрата припливного повітря**

Регулювання температури припливного повітря здійснюється на основі значення з датчика, встановленого в повітропроводі припливного повітря.

Температура припливного повітря регулюється PID-регулятором (контур PID-регулювання). Задане значення температури припливного повітря можна регулювати за допомогою панелі керування. Температура припливного повітря підтримується на заданому значенні за допомогою керування теплообмінником, нагрівальним та охолоджувальним калорифером. Регулювання всіх потужностей повністю модулюється.

### **Компенсація припливного повітря ззовні**

Регулювання температури припливного повітря здійснюється на основі значень, отриманих від 2 температурних датчиків:

- Датчик всередині блоку на вході повітря, який показує зовнішню температуру. Опціонально можна вибрати зовнішній настінний датчик.
- Датчик, встановлений у повітропроводі припливного повітря.

Температура припливного повітря регулюється PID-регулятором, а задане значення - температура зовнішнього повітря компенсується за допомогою кривої регулювання з 4 вузловими точками. Ці 4 вузлові точки можна регулювати за допомогою пульта керування. Температура припливного повітря підтримується на заданому значенні шляхом регулювання продуктивності теплообмінника, нагрівального та охолоджувального теплообмінників. Регулювання всіх потужностей повністю модулюється.

### **Припливне повітря, що залежить від зовнішньої температури або температури в приміщенні**

Коли зовнішня температура нижче встановленого значення (зима), буде активне зовнішнє компенсаційне регулювання температури припливного повітря, інакше, коли зовнішня температура вище встановленого значення (літо), буде активне каскадне регулювання температури в приміщенні.

### **Каскадне регулювання температури в приміщенні**

Регулювання температури припливного повітря здійснюється на основі значень, отриманих від 2 датчиків температури:

									Арк.
		№ докум.	Підпис	Дата					70

- Датчик у приміщенні, опціонально до 4
- датчик у повітропроводі припливного повітря.

Температура припливного повітря регулюється каскадним регулятором температури в приміщенні для досягнення постійної, контрольованої температури в приміщенні. Задане значення температури в приміщенні, а також граничні значення температури припливного повітря можна регулювати за допомогою пульта керування. Вихідний сигнал від PID-петлі кімнатної температури регулює температуру припливного повітря. Задане значення досягається шляхом регулювання продуктивності теплообмінника, нагрівального та охолоджувального теплообмінників. Регулювання всіх потужностей є повністю модульованим.

#### **Каскадне регулювання температури витяжки**

Регулювання температури припливного повітря здійснюється на основі значень, отриманих від 2 температурних датчиків:

- Датчик всередині витяжної секції, що дає змішану середню температуру з приміщень
- Датчик, встановлений монтажником у повітропроводі припливного повітря.

Температура припливного повітря регулюється каскадним регулятором температури в приміщенні для досягнення постійної, регульованої температури витяжного повітря. Задані значення температури витяжного повітря, а також температурні межі температури припливного повітря можна регулювати за допомогою пульта керування. Вихідний сигнал від PID-петлі кімнатної температури регулює температуру припливного повітря. Задане значення досягається шляхом регулювання продуктивності теплообмінника, нагрівального та охолоджувального теплообмінників (якщо вони встановлені). Регулювання всіх потужностей є повністю модульованим.

#### **Регулювання витрати повітря**

Витрати припливного та витяжного повітря регулюються окремо. Витрати припливного та витяжного повітря при нормальній, низькій та високій витраті повітря в м<sup>3</sup>/год встановлюються окремо на панелі керування.

На кожному вентиляторі датчик тиску вимірює різницю між тиском перед вентилятором і тиском на вимірювальному зонді у вхідному конусі. За допомогою формули з коефіцієнтом для кожного типорозміру вентилятора вихідний сигнал з датчика тиску використовується для розрахунку фактичної витрати повітря в м<sup>3</sup>/год. Опціонально можна вибрати й інші одиниці виміру.

PID-регулятор підтримує задане значення, контролюючи швидкість обертання вентиляторів.

#### **Постійний тиск у повітропроводі**

Тиск припливного та витяжного повітря регулюється окремо. Тиск припливного та витяжного повітря при нормальному, низькому та високому рівнях тиску в Па налаштовується окремо на панелі керування. Тиск повітря вимірюється датчиками тиску у припливному та витяжному повітропроводі.

									Арк.
		№ докум.	Підпис	Дата					71

PID-регулятор підтримує задане значення, керуючи швидкістю обертання вентиляторів.

Фактичні витрати припливного та витяжного повітря доступні для зчитування.

Зовнішні датчики тиску не входять до комплекту поставки.

## **ПРИПЛИВНІ УСТАНОВКИ (П) ТА МІСЦЕВІ ВІДСМОКТУВАЧІ (В)**

Під час користування тепловим кухонним обладнанням в зонах відпочинку 1 та 2 вмикаються місцеві відсмоктувачі (вентилятори від кухонних зонтів В13, В14 (КВТ 200ЕС)). На компенсацію витяжного повітря разом з ними вмикаються припливні установки П1 та П2 (Topvex FS40-HW) .

Тобто системи П1, В13 заблоковані та системи П2, В14 заблоковані.

У випадку пожежі всі вентсистеми знеструмлюються.

## **ВИТЯЖНІ ВЕНТИЛЯТОРИ ІЗ САНІТАРНИХ ВУЗЛІВ ТА ТЕХНІЧНИХ ПРИМІЩЕНЬ**

Всі вентилятори, які обслуговують технічні приміщення, працюють постійно з підтриманням заданої витрати повітря, вентилятори санвузлів запаралелені з вимикачами світла та працюють ще десять секунд після його вимкнення. У випадку пожежі всі вентилятори систем знеструмлюються.

## **6.2 АВТОМАТИЗАЦІЯ СИСТЕМИ КОНДИЦІОНУВАННЯ**

Управління фанкойлами здійснюється за сигналом датчиків температури, розташованих у робочій зоні приміщення (0-2,0 м від підлоги), що обслуговуються. Робота фанкойла має бути заблокована з сервоприводом NOVOCON комбінованого клапана Danfoss та 6-ти ходового перемикального клапана Danfoss, що керується через додатковий вихід привода NovoCon, на обв'язці фанкойла (рис. 6.2.1 - рис. 6.2.4). Підключення послідовне всіх клапанів фанкойлів однієї зони обслуговування. А також заблоковане з сервоприводом клапана на розподільчій гребінці в ІТП.

Якщо у приміщенні передбачається встановлення двох та більше фанкойлів – передбачити почергову роботу фанкойлів для уніфікації процесу зношення системи за потреби часткового холодопостачання (перехідний період року / ранкові години теплового періоду року / робота на тепло як кондиціонер-доводник) за сигналом датчика температури.

Для відведення дренажу кожен фанкойл облаштований дренажним насосом, який має вмикатися по датчику наповнення водою піддона.

					Пояснювальна записка	Арк.
						72
		№ докум.	Підпис	Дата		

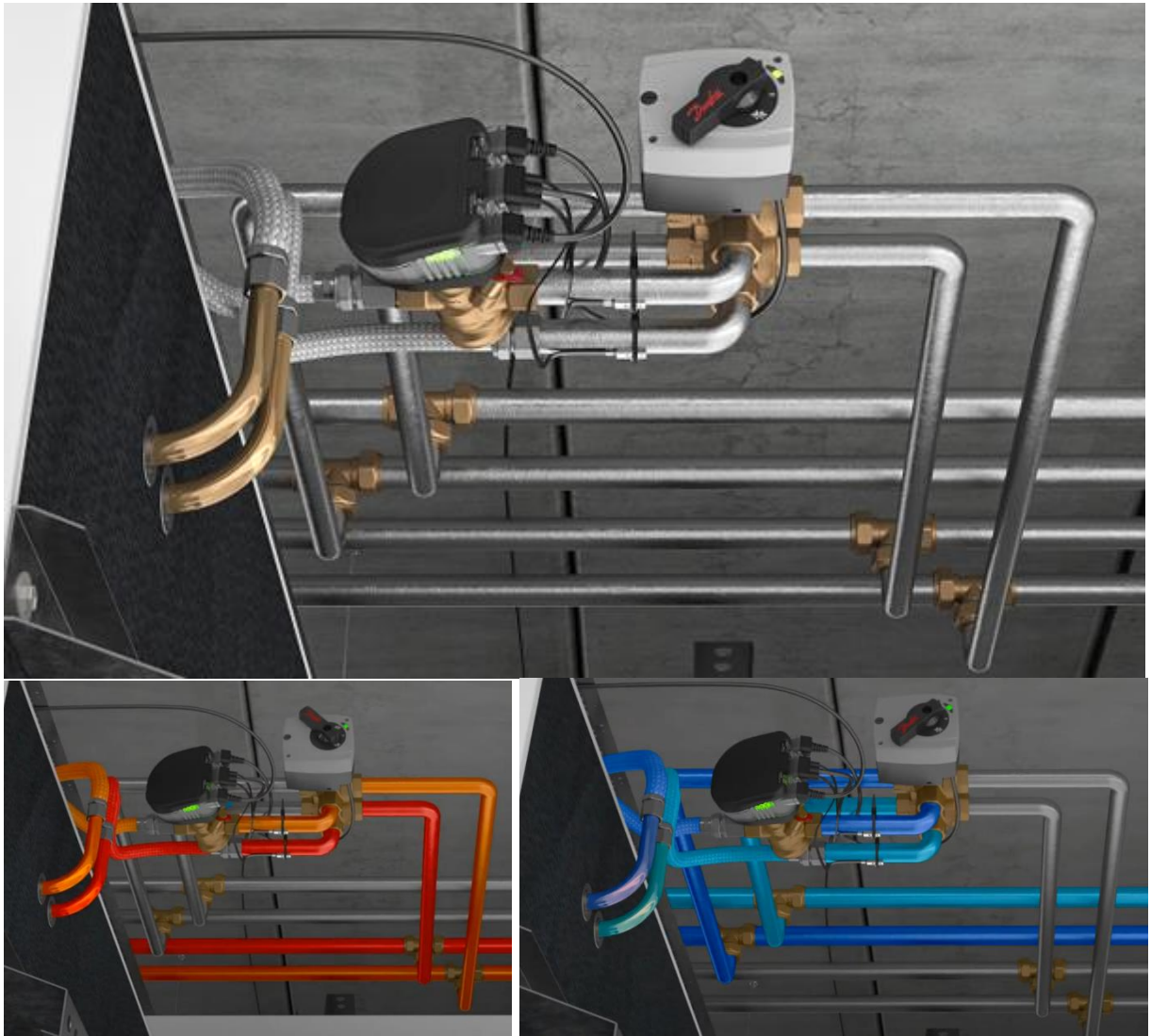


Рис. 6.2.1. Обв'язка двотрубного фанкойла

					Пояснювальна записка	Арк.
		№ докум.	Підпис	Дата		73



### 6.3 АВТОМАТИЗАЦІЯ СИСТЕМИ ОПАЛЕННЯ (ТЕПЛА ПІДЛОГА)

Для теплої підлоги передбачено регулювання відпуску теплоти на колекторах із встановленням регуляторів витрати із сервоприводами та комплектом автоматики (датчик та гіростат у конструкції теплої підлоги), що забезпечує по кімнатне регулювання температури по протоколу MODBUS системою Розумний будинок.

На гребінках передбачити запірну арматуру типу «антипотоп» із сервоприводом, що спрацьовує при виявленні протікання тепло/холодоносія. Передбачити дистанційне відключення гілок тепло/холодопостачання при аваріях.

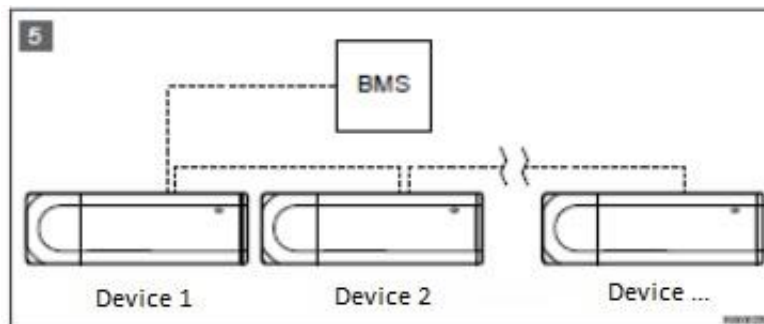


Рис 2.3.1 Підключення до BMS системи

Специфікація по автоматичі:

Артикул	Опис	К-ть, ШТ
<b>Дротова автоматика Uponor Smatrix Pulse</b>		
1087813	Uponor Smatrix Base Дротовий термогірометр Style T-149 Bus	20
1071684	Uponor Smatrix Датчик виносний (підлоги) S-1XX	13
1000138	Uponor Vario PLUS Сервопривід для пласт. колекторів NC 24V MT30x1,5	28
1013008	Uponor Vario S Сервопривід для стал. колекторів NC 24V FT30x1,5	7
1087821	Uponor Smatrix Base Настінна панель біла Style T-149 A-14X	20
1120013	Uponor Smatrix Base PRO Контролер X-148 Modbus RTU	4
1071686	Uponor Smatrix Base Розширювальний модуль M-140 Bus 6X	2

					Пояснювальна записка	Арк.
						75
		№ докум.	Підпис	Дата		

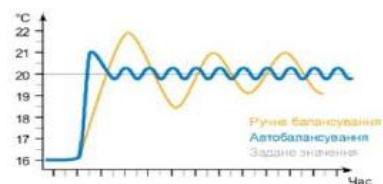
## Функціональні особливості

Інтелектуальні системи Smatrix спеціально розроблені для максимального комфорту та енергоефективності та мають функції самонавчання, автобалансування та динамічної зміни робочої характеристики. Вони безперервно контролюють та аналізують всі дані, що надходять з кожного приміщення, як по опаленню так і охолодженню, і забезпечують постачання по кожному контуру тільки оптимальної кількості енергії. Цим ми досягаємо до 20% економії в порівнянні з системами без автобалансування, полегшуємо та прискорюємо гідравлічні та програмні налаштування, зменшуючи до мінімуму вплив людського фактору та інших об'єктивних та суб'єктивних факторів.

### Основні можливості та переваги

1. Наявність дротової або бездротової системи передачі даних.
2. Керування опаленням та охолодженням однією системою.
3. Повністю автоматична система, що працює в режимі 24/7.
4. Функції самонавчання та автобалансування
5. Максимальний комфорт в будь-який момент без регулювання вручну.
6. Простота контролю та налаштувань, де б ви не знаходились.
7. Підвищена на 25% швидкість реакції.
8. Економія енергоспоживання до 20%.
9. Можливість підключення до існуючої системи.

### Автобалансування



### Надточні датчики

Чутливі термогігрометри Smatrix Style контролюють температуру повітря, температуру випромінювання, а також вологість. Реагуючи на всі теплові потоки в приміщенні, в тому числі на сонячне випромінювання, система завжди підтримує комфортний мікроклімат в приміщенні.

### Додаток Smatrix

Програма Smatrix дозволяє керувати температурою в приміщеннях звідусіль. Тепер ви зможете налаштувати собі комфортні умови ще до приїзду додому. А якщо ви їдете на тривалий час, просто переключіть опалення в режим «ЕКО».

### Сенсорна панель

Єдина для 192 приміщень панель керування:

- Можливість інтеграції за протоколами Modbus, KNX
- Тижневе програмування для всіх кімнат або поодиночі
- Профілактичний запуск насосів і клапанів
- Статистика роботи за тиждень

	№ докум.	Підпис	Дата	

## 7. ДЖЕРЕЛО ТЕПЛОТИ/ХОЛОДУ

					Пояснювальна записка	Арк.
						77
		№ докум.	Підпис	Дата		

## 7.1 НАВАНТАЖЕННЯ ДЖЕРЕЛА ТЕПЛОТИ/ХОЛОДУ

Враховуюючи результати проведених розрахунків (у розділах 2-5 цієї пояснювальної записки) визначаємо та підписуємо на тепловій/холодильній схемі споживання всіма системи життєзабезпечення будівлі. Додатково вказуємо параметри тепло/холодоносіїв та втрати тиску за гідраавлічним розрахунком. Див. рис. 7.1.

Споживач	Теплота, Вт	Холод, Вт
Вентиляція	60	46
Фанкойли цоколь	15	8,7
Фанкойли перший поверх	10	45
Конвектори цоколь	3	-
Конвектори перший поверх	4	-
Тепла підлога цоколь	6	5,9
Тепла підлога перший поверх	10,5	6,7
Всього	108,5	112,3

**Річне тепlopостачання системи опалення: 109 874,1 кВт·год/рік**

**Необхідна потужність для системи опалення: 48 кВт**

**Річне тепlopостачання системи вентиляції з рекуператором: 137 336,6 кВт·год/рік**

**Необхідна потужність для системи вентиляції з рекуператором: 60 кВт**

Визначення навантаження на теплове джерело від системи гарячого водopостачання виконується за ДБН В.2.5-64:2012 «Внутрішній водopровід та каналізація. Частина I . Проектування. Частина II. Будівництво.

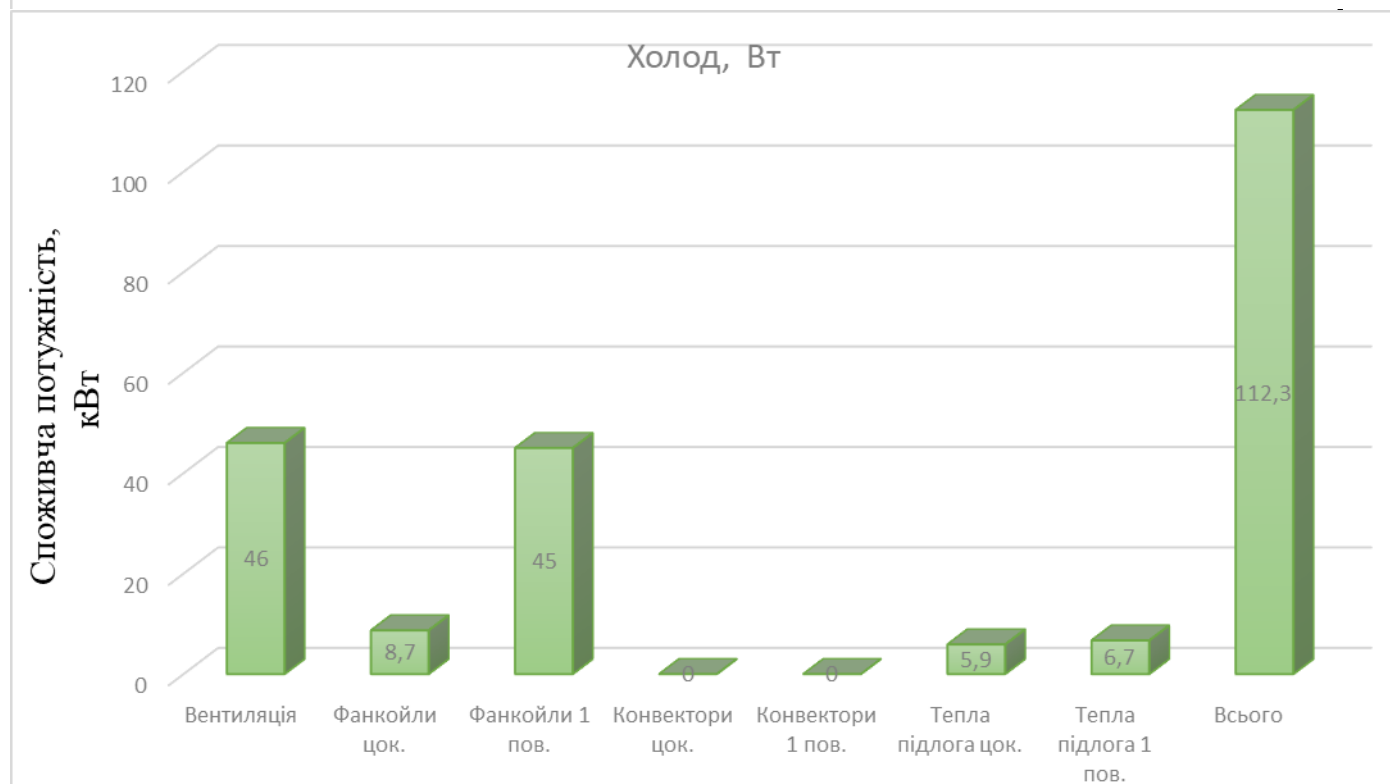
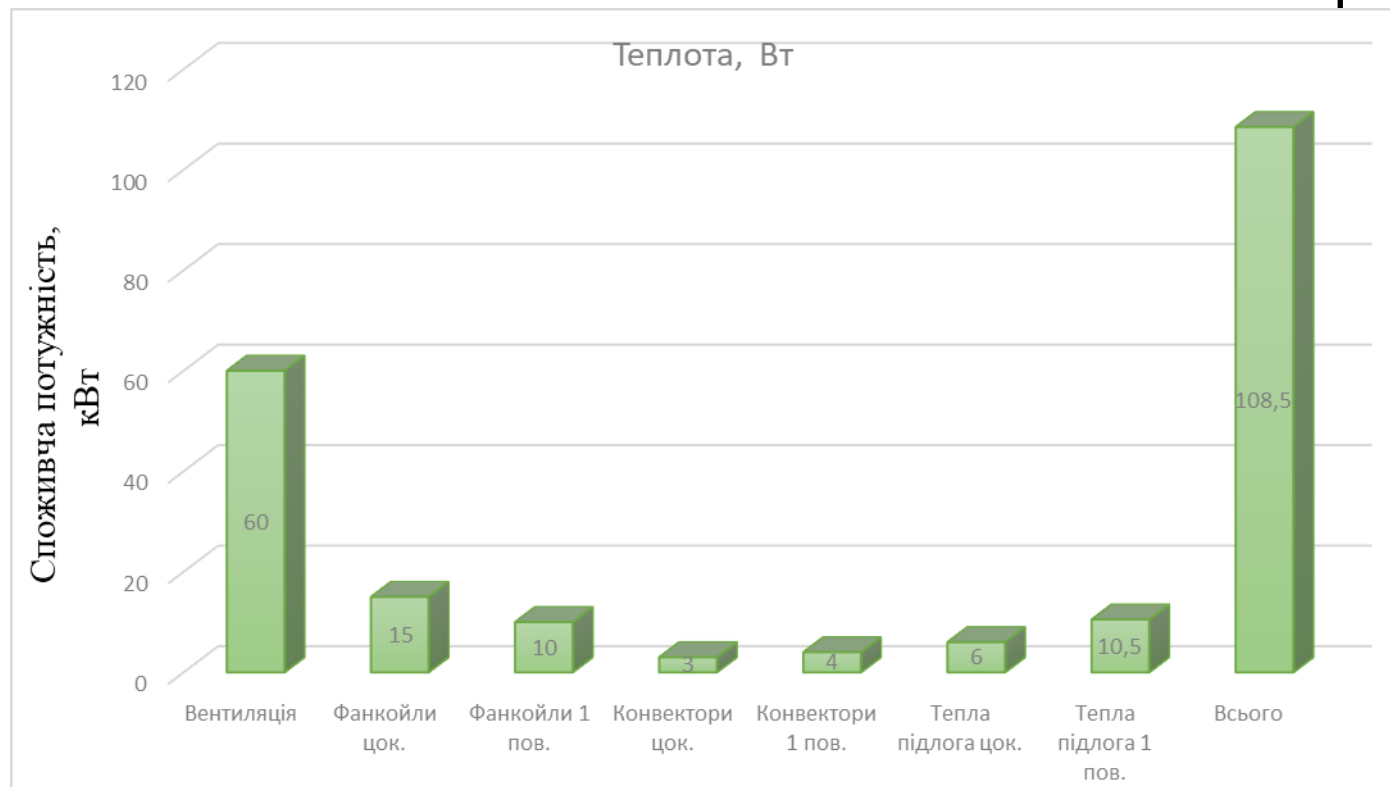
**Витрати теплоти на нагрів гарячої води: 30 655,1 кВт·год/рік**

**Витрати теплоти на рециркуляційну лінію: 1 095 кВт·год/рік**

**Сумарні витрати теплоти на систему ГВП: 31 750,1 кВт·год/рік**

**Необхідна потужність для системи ГВП: 7,8 кВт**

					Пояснювальна записка	Арк.
						78
		№ докум.	Підпис	Дата		



	№ докум.	Підпис	Дата	

Пояснювальна записка

Арк.

79



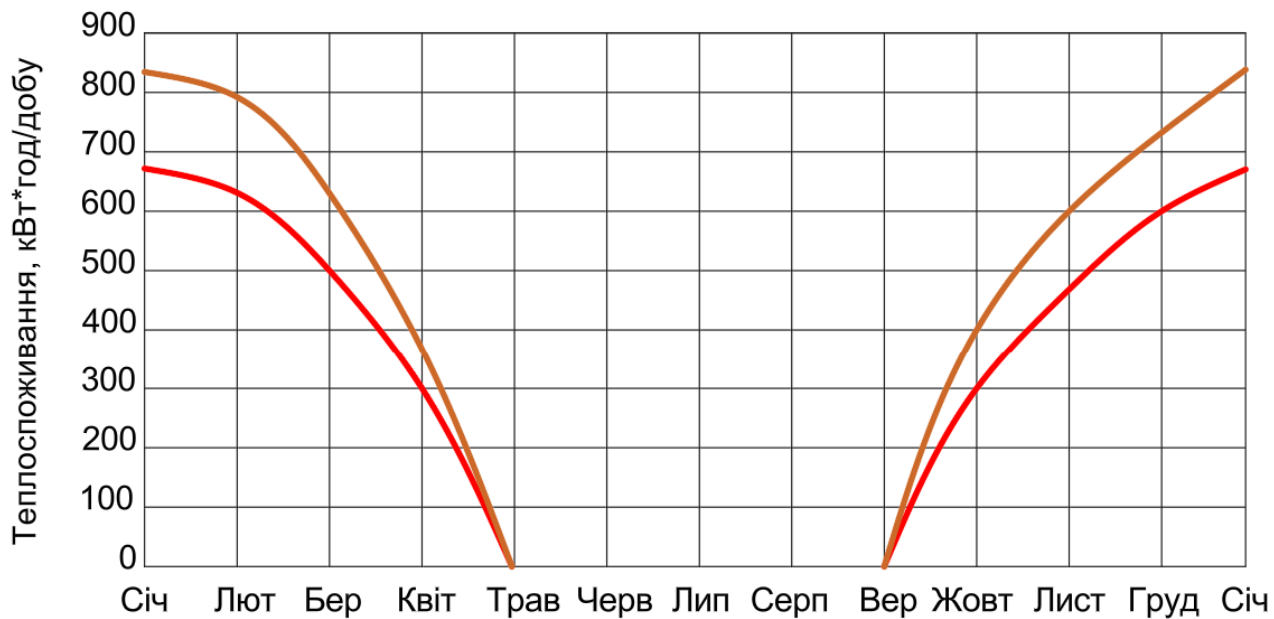


Рис. 7.2 Теплоспоживання:  
 червоний – система вентиляції;  
 помаранчевий – система опалення

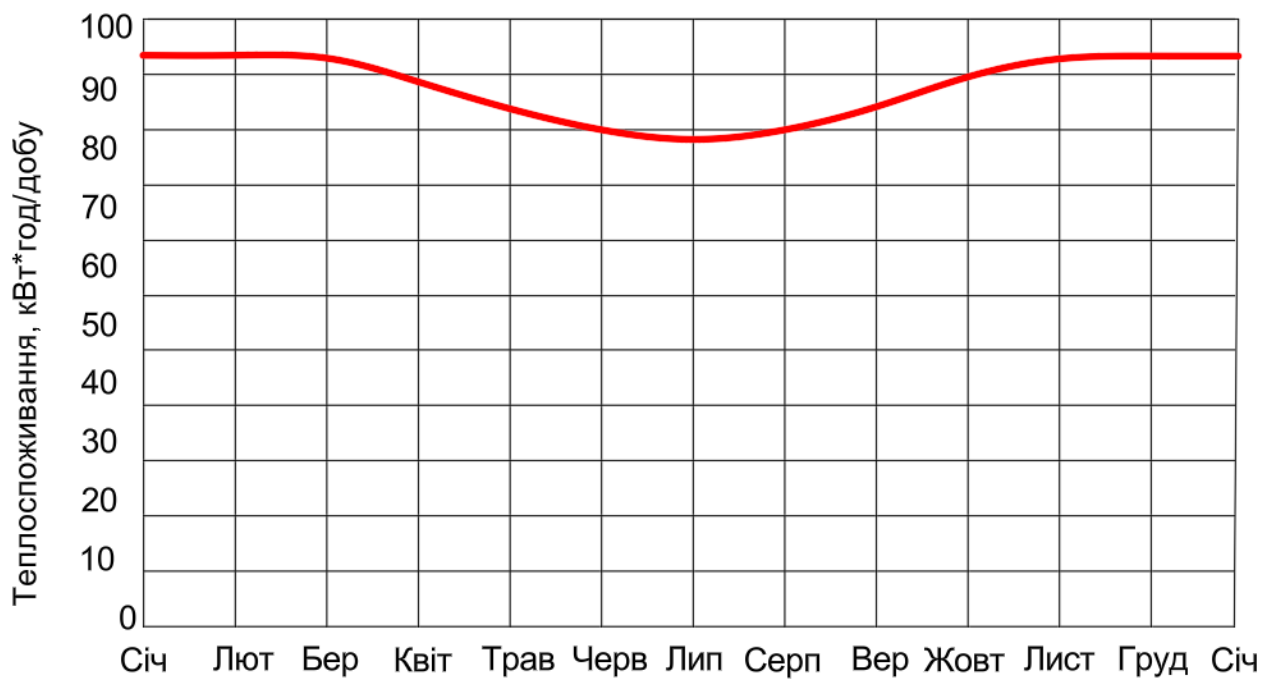


Рис. 7.3 Теплоспоживання системою ГВП

№ п/п	Назва споживача	Одиниця вимірювання	Кількість споживачів	Кількість приладів	Час споживання води (година чи зміна)	Середня (за рік) добова витрата води літою на одного споживача		Середня година витрата води літою на одного споживача		Коеф. макс. добової нерівномірності		Максимальна добова витрата води, м3/доба			Максимальна годинна витрата води, м3/год			Максимальна секундна витрата води, л/сек			
						Загальна	Гаряча	Загальна	Гаряча	Загальна	Гаряча	Холодна	Гаряча	Холодна	Загальна	Гаряча	Холодна	Загальна	Гаряча	Холодна	Загальна
<b>1 Господарсько-питне водопостачання</b>																					
1.1	Приміщення відпочинку	1 відвід.	66	8	24	40	25	1,53	1,67	1,04	4,04	2,52	1,51	4,04	0,39	0,3	0,3	0,39	0,31	0,24	0,31
1.2	Навчальні приміщення	1 учень	25	8	24	20	8	1,77	0,83	0,33	0,89	0,35	0,53	0,89	0,39	0,3	0,3	0,39	0,31	0,24	0,31
1.3	Приміщення охорони	1 працівник	6	2	24	15	6	1,77	0,63	0,25	0,16	0,06	0,10	0,16	0,18	0,13	0,13	0,18	0,23	0,18	0,23
<b>Всього на госп.-питні потреби, в тому числі:</b>																					
<b>Приготування гарячої води ГВП, кВт</b>																					
<b>2 Протипожежне водопостачання</b>																					
2.1	Внутрішнє пожежогасіння										-										
2.2	Зовнішнє пожежогасіння										108,00				36,00						10,00

## 7.2 ПІДБІР ТЕПЛООВОГО НАСОСУ ТА ОБЛАДНАННЯ

Приймаю до встановлення каскад теплових насосів: FlexoTherm exclusive VWF 197/4 (23 кВт) + FlexoTherm exclusive VWF 197/4 (23 кВт) + FlexoTherm exclusive VWF 117/4 (12.9 кВт)

**Розрахункове теплопостачання:** 67,8 кВт;

**Теплова потужність теплового насоса (ТН):** 60,1 кВт  
(при  $t_{\text{зовн}} = -22^{\circ}\text{C}$ );

**Теплова потужність ТН із вбудованим електронагрівачем:** 69,1 кВт  
(при  $t_{\text{зовн}} = -22^{\circ}\text{C}$ );

**Покриття розрахункового теплопостачання ТН:** 89%;

**Покриття розрахункового теплопостачання ТН із вбудованим електронагрівачем:** 102%;

**Дефіцит потужності (без електронагрівача):** 7,7 кВт;

**Запас потужності (з електронагрівачем):** 1,3 кВт;

**Температура бівалентності:**  $-16,6^{\circ}\text{C}$ ;

**Об'єм теплоаккумуляторів для ГВП:** 1000 л.

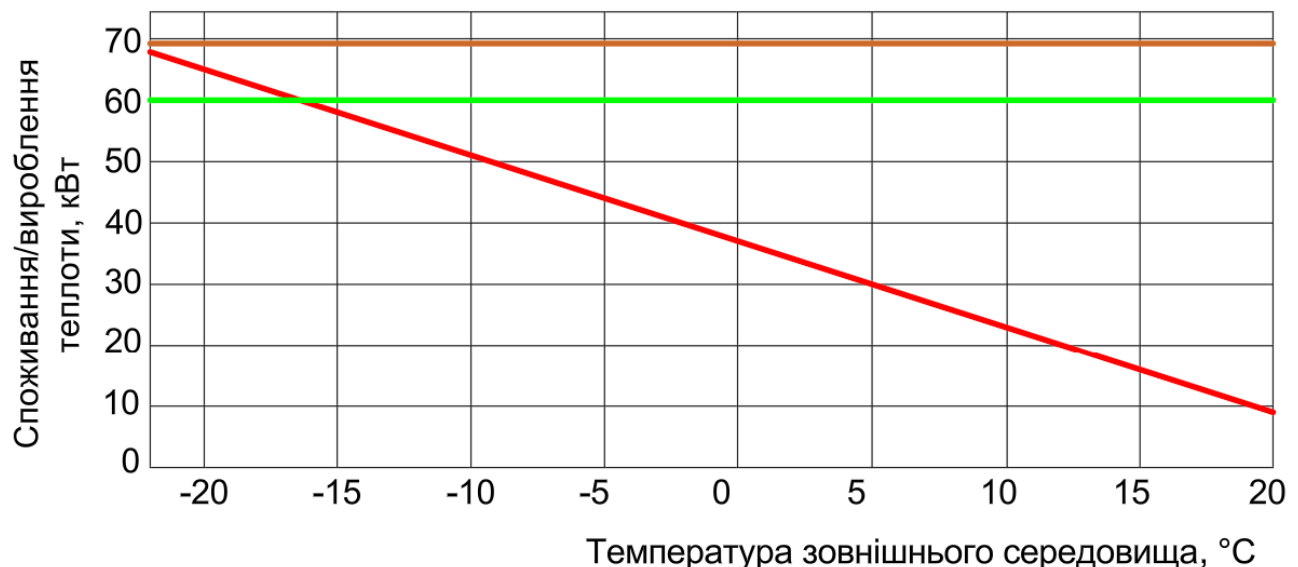


Рис. 7.4 Температурний баланс системи у залежності від температури зовнішнього середовища: червоне – сумарне споживання теплоти; зелене – теплова потужність ТН; помаранчеве – теплова потужність ТН з електронагрівачем

**Розрахункове споживання холоду:**  $51 + 6,5 = 57,5$ кВт;

**Холодопродуктивність теплового насоса (ТН):** 50,4 кВт  
(при температурі подачі 10°C);

**Покриття розрахункового споживання холоду:** 88 %;

**Дефіцит потужності:** 7,1 кВт.

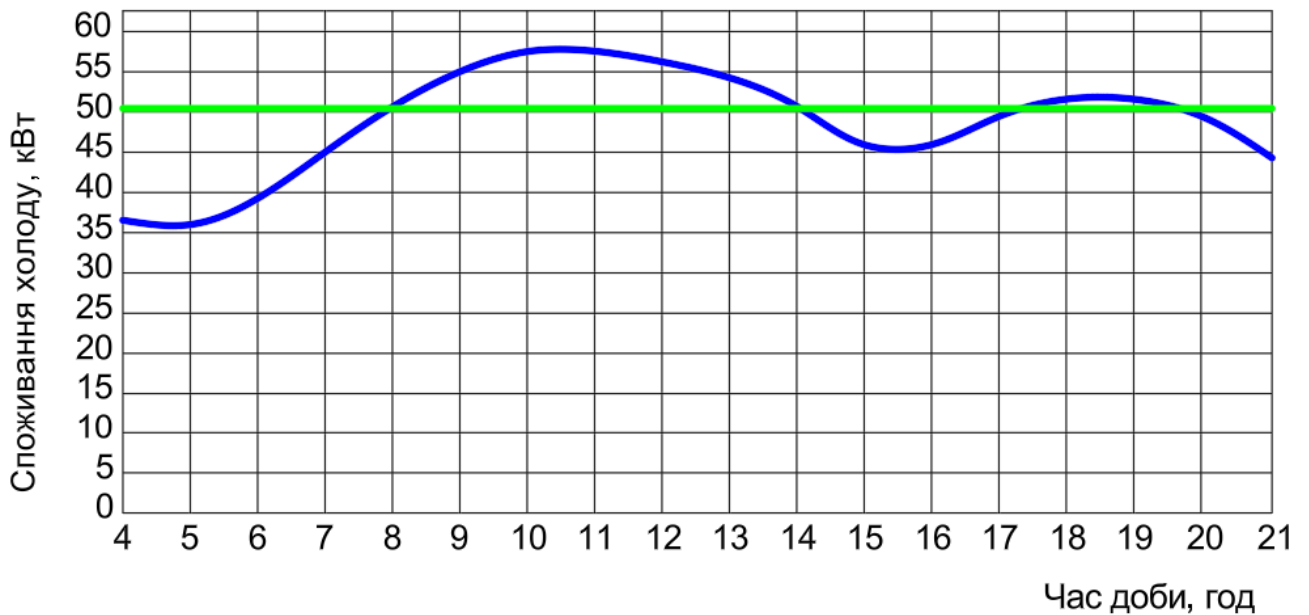


Рис. 7.5 Енергетичний баланс системи із ТН у залежності від години доби:  
синій – сумарне споживання холоду;  
зелене – теплова потужність ТН

Підбір насосів виконую на офіційному сайті Grundfoss за втратами тиску та необхідною тепловою та або холодительною потужністю системи:

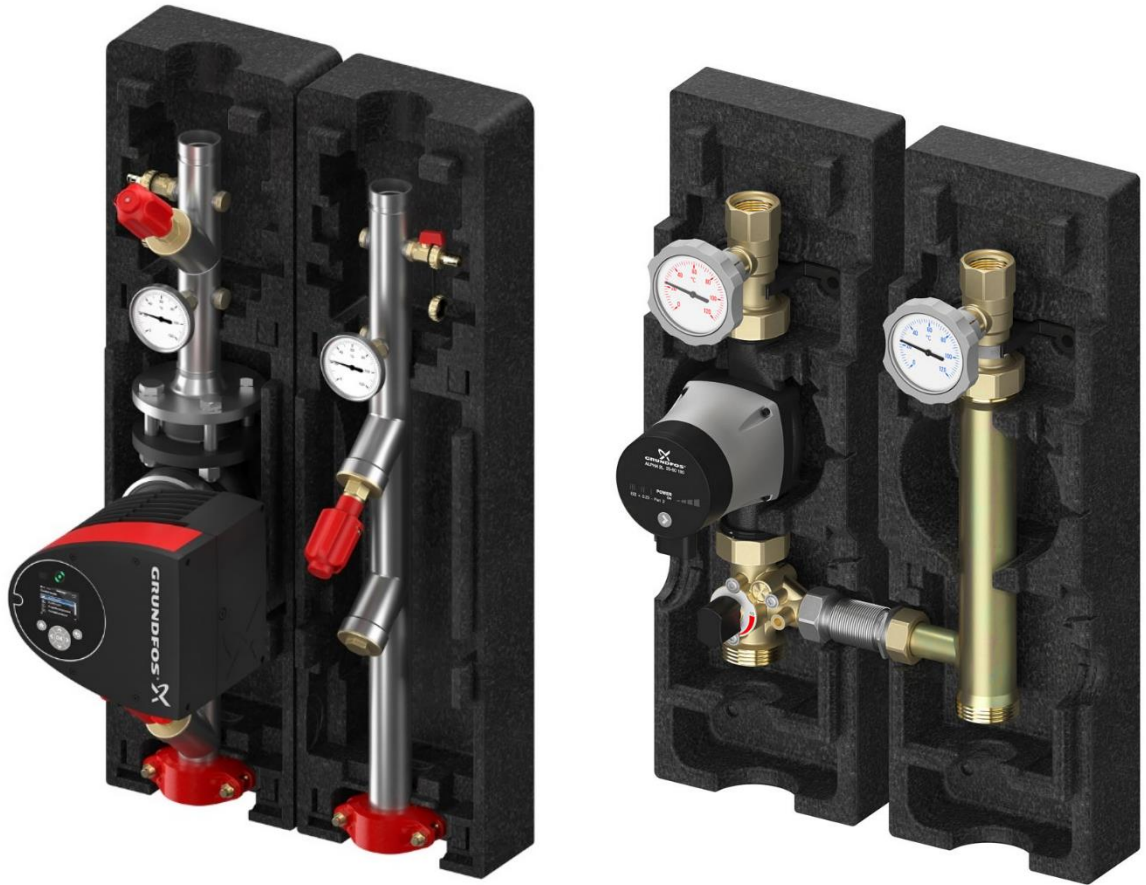


Рис. 7.6 Насосна група Grundfos  
 Підбираю інше обладнання системи – рис. 7.7

					Пояснювальна записка	Арк.
		№ докум.	Підпис	Дата		85



**8. ДОСЛІДЖЕННЯ ОСОБЛИВОСТЕЙ РОБОТИ ЗАПРОЄКТОВАНОГО  
ТЕПЛОВОГО НАСОСУ**

					Пояснювальна записка	Арк.
						87
		№ докум.	Підпис	Дата		

## 8.1 ОСНОВНА ІДЕЯ ДОСЛІДЖЕННЯ

Теплові насоси "повітря-вода" працюють шляхом вилучення тепла з повітря для обігріву води, яка потім використовується в системах опалення. Продуктивність таких систем зменшується в холодну пору року, особливо при низьких температурах, коли різниця між зовнішньою температурою і необхідною температурою в будинку зростає. З іншого боку, у теплу пору року можливе зниження ефективності через перевантаження або неправильно налаштовану систему.

Мета роботи — проаналізувати, як змінюються ключові показники продуктивності (наприклад, коефіцієнт ефективності COP, енергоспоживання) в залежності від кліматичних умов, і запропонувати технічні рішення для адаптації системи до змінних кліматичних умов.

## 8.2 ТЕОРЕТИЧНИЙ АНАЛІЗ

### 8.2.1 ВИВЧЕННЯ ПРИНЦИПУ РОБОТИ ТЕПЛОВИХ НАСОСІВ "ПОВІТРЯ-ВОДА"

Тепловий насос складається з чотирьох основних елементів: компресора, випарника, дросельного клапана та конденсатора (рис. 1.1). Він має циклічний процес вироблення теплової та/або холодильної енергії:

1. Газоподібний холодоагент ( $6^{\circ}\text{C}$ ) надходить в компресор для стиснення.
2. Компресор використовуючи електричну енергію стискає газоподібний холодоагент, при цьому його тиск і як наслідок температура холодоагенту збільшуються згідно універсального газового закону Менделєєва-Клапейрона (рис. 1.2).
3. Нагрітий холодоагент ( $85^{\circ}\text{C}$ ) під високим тиском надходить в конденсатор (рис.1.3). В конденсаторі відбувається передача тепла від нагрітого хладгента теплоносія (повітря або води, в залежності від типу конденсатора). В результаті халадагент охолоджується і відбувається процес конденсації (перехід з газоподібного стану в рідке).
4. Після конденсатора встановлений розширювальний вентиль. Функція розширювального вентиля – знизити тиск холодоагенту. Внаслідок зниження тиску температура також падає.
5. Пройшовши через розширювальний вентиль холодоагент надходить у теплообмінник, який розташований на вулиці (випарник) (рис. 1.4). У випарнику холодоагент випаровується (переходить з рідини в газ) або простіше сказати закипає. При цьому температура кипіння холодоагенту нижче температури зовнішнього повітря (нормальна температура кипіння фреону R22 при атмосферному тиску  $-40^{\circ}\text{C}$ ). У процесі кипіння фреон відбирає тепло зовнішнього повітря. Далі цикл відбувається знову.

						Арк.
					Пояснювальна записка	88
		№ докум.	Підпис	Дата		

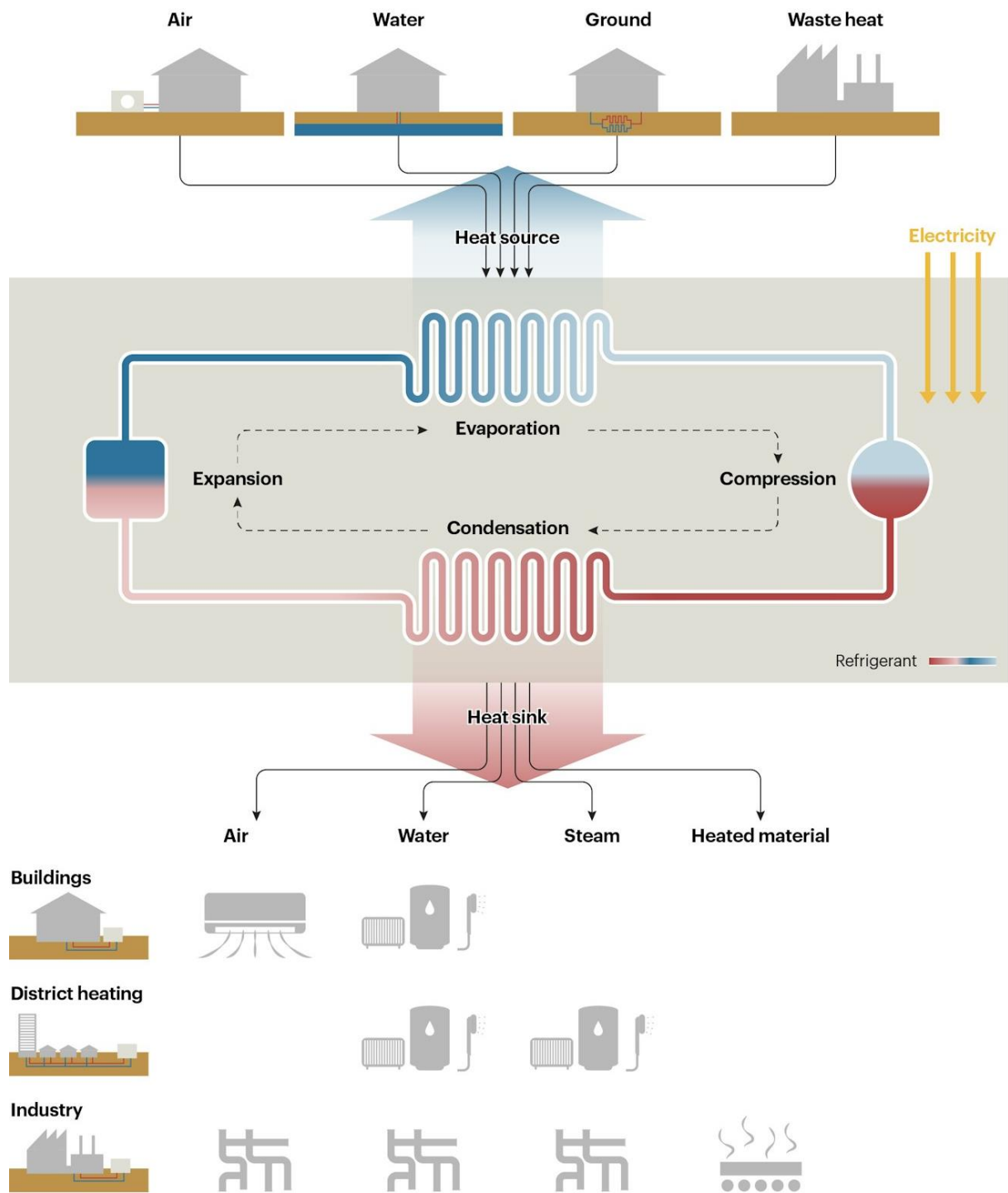


Рис. 1.1 Вироблення енергії тепловим насосом

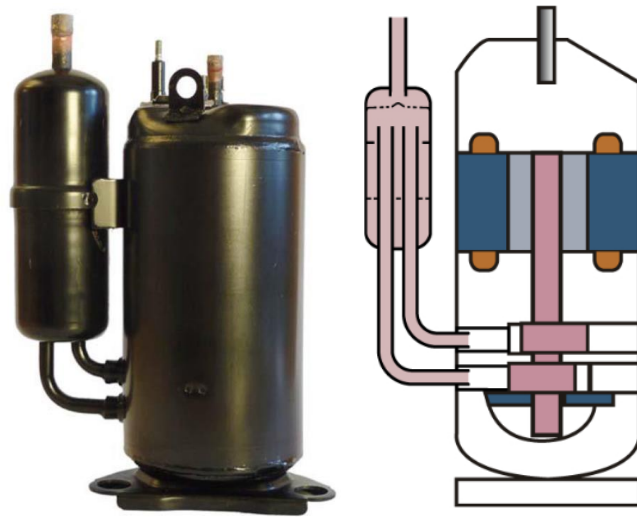


Рис. 1.2 Інверторний роторно-поршневий компресор

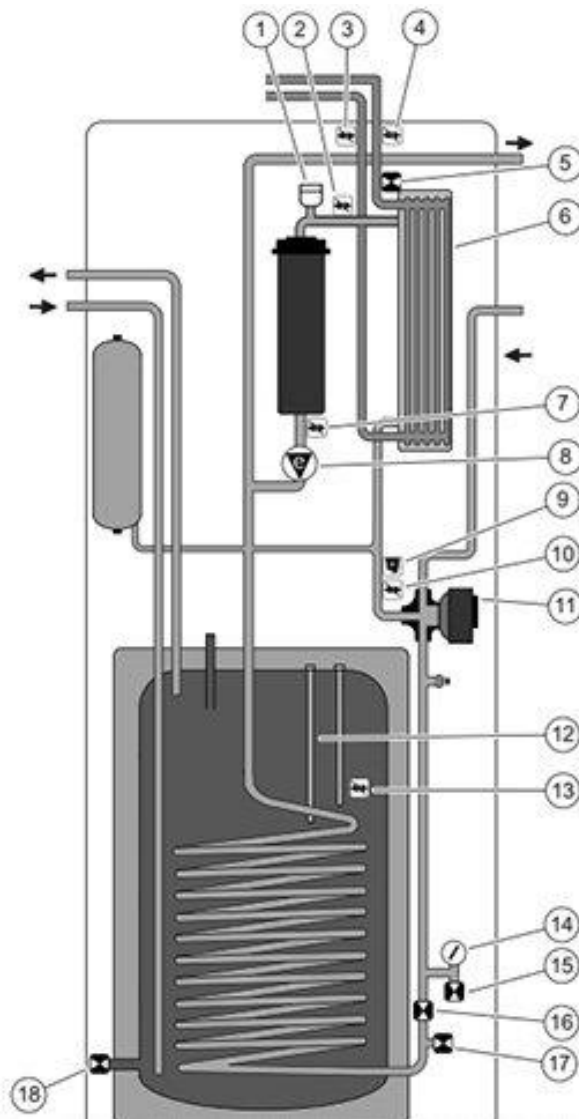


Рис. 1.3 Конструкція конденсатора ТН:

1) Повітровідвідник. 2) Датчик лінії подачі. 3) Вимірювач температури контуру холодоагенту на виході. 4) Вимірювач температури контуру холодоагенту на

								Арк.
								90
		№ докум.	Підпис	Дата	Пояснювальна записка			

вході. 5) Газовий трубопровід. 6) Теплообмінник. 7) Вимірювач нагрівального елемента. 8) Насос. 9) Датчик тиску контуру опалення. 10) Вимірювач температури зворотної лінії. 11) Пріоритетний клапан. 12) Магнієвий захисний анод. 13) Вимірювач тепла нагрівача. 14) Манометр. 15) Наповнювач. 16) Промивний кран. 17) Кран зливу. 18) Мембранний розширювальний бак на 18 л.

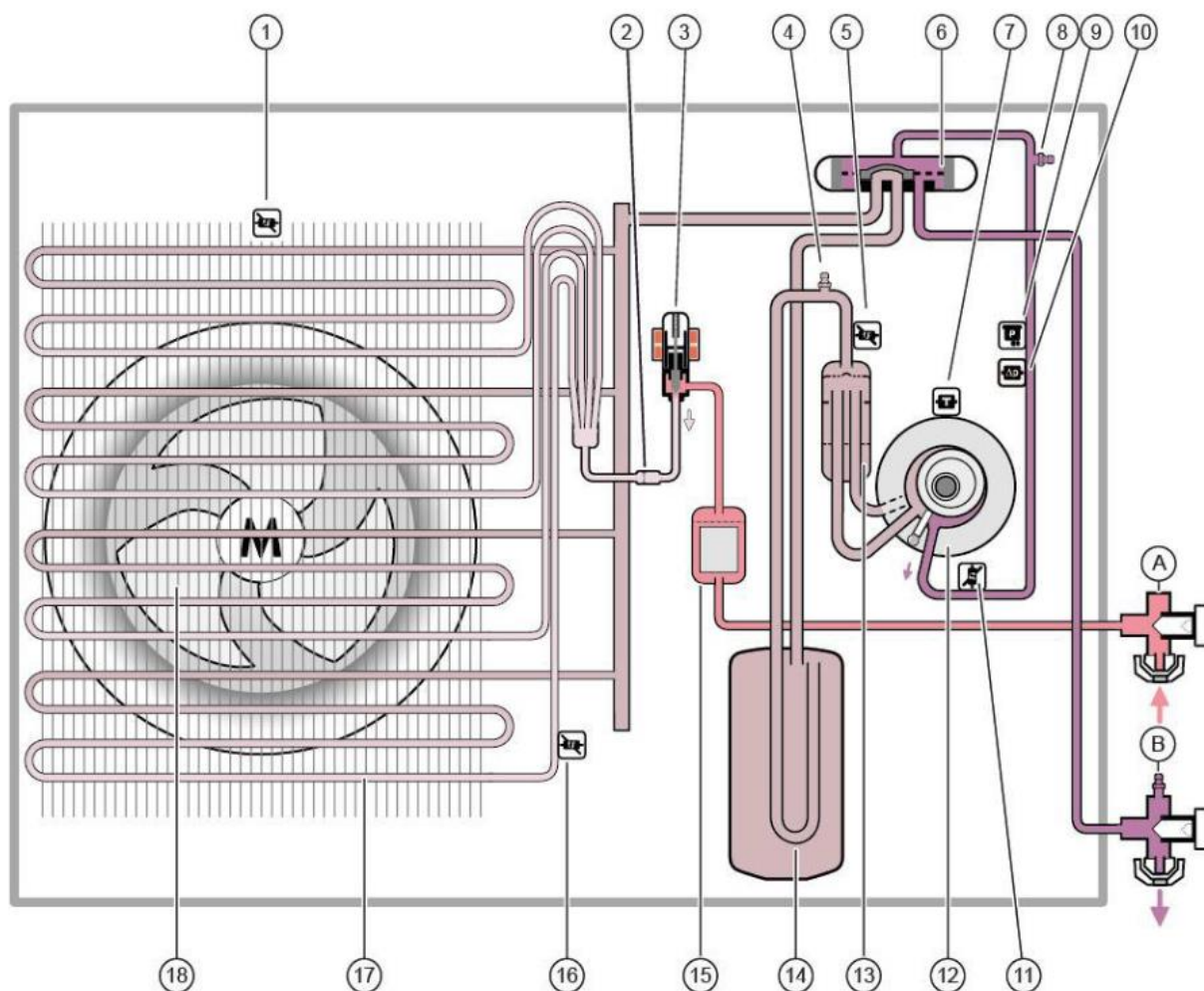


Рис. 1.4 Конструкція випарника ТН:

1 – Датчик температури повітря; 2 – Фільтр; 3 – Електронний розширювальний клапан; 4 – Клапан Шредера; 5 – Датчик температури фреону перед компресором; 6 - 4-х ходовий клапан; 7 – Датчик температури компресора; 8 - Клапан Шредера; 9 – Датчик високого тиску; 10 – Реле високого тиску; 11 – Датчик температури фреону на виході із компресора; 12 – Компресор; 13 – Сегазатор; 14 – Ємність для холодоагенту; 15 – Фільтр для осушення холодоагенту; 16 – Датчик температури вигазника; 17 – Вигазник (теплообмінник); 18 – Вентилятор; А – Підключення фреонового контуру (рідина); В – Підключення фреонового контуру (газ)

Підсумовуючи, принцип роботи теплового насоса повітря-вода наступний: компресор працює не для вироблення теплоти, а для її переміщення з вулиці в

						Арк.
		№ докум.	Підпис	Дата	Пояснювальна записка	91

приміщення. Тому, витрачаючи всього 1 кВт електричної потужності для обертання валу компресора, ми отримуємо 3,5 – 5,0 кВт теплоти на конденсаторі.

## 8.2.2 ДОСЛІДЖЕННЯ ОСНОВНИХ ФАКТОРІВ, ЯКІ ВПЛИВАЮТЬ НА ЇХ ПРОДУКТИВНІСТЬ

Перед тим як визначити основні впливові фактори ефективності роботи теплового насоса повітря-вода, було проведено змістовний аналіз сучасних досліджень за даної темою.

Хухтеманн і Мюллер [14] досліджували вплив температури подачі води на коефіцієнти сезонної ефективності (SPF) системи опалення з повітряним тепловим насосом (ASHP) за допомогою числового моделювання. Вони встановили, що при зниженні температури подачі води на 1 °C SPF збільшувався на 2%. Багарелла та ін. [15] вивчали вплив розміру теплового насоса, розміру теплових акумуляторів і втрат при циклічному включенні/виключенні на енергетичну ефективність систем ASHP. Результати показали, що при задоволенні потужністю теплового насоса від 59% до 72% проектного навантаження будівлі SPF систем з фіксованою частотою роботи досягав оптимальних показників. Однак SPF систем з фіксованою частотою залишався на 12% нижчим порівняно з системами з змінною частотою через втрати при включенні/виключенні. Донгелліні та ін. [16] змоделивали вплив потужності теплового насоса та характеристик регулювання потужності на ефективність роботи. Результати показали, що основним фактором, який впливає на ефективність системи ASHP, є коефіцієнт навантаження. Коли потужність ASHP становила від 80% до 120% проектного навантаження будівлі, SCOP досягав максимальних значень. Однак SCOP системи з змінною частотою був на 20% вищим за SCOP системи з фіксованою частотою.

Деякі дослідження вивчали сталу ефективність ASHP в лабораторних умовах. Наприклад, Сюй та ін. [17] показали, що COP каскадного теплового насоса залишався на рівні 1,69 при зовнішніх температурах до -21 °C. Для більшості досліджених випадків COP був близько 2,0. Ху та ін. [18] провели експериментальні дослідження в тестовому будинку з різними типами обігрівальних пристроїв. Результати показали, що підлогове опалення забезпечувало найбільший рівень теплового комфорту, в той час як збільшення температури подачі води на 1,0 °C спричиняло зниження COP на 0,9%. Поспісіл [19] застосував прогностичне управління на основі прогнозів зовнішньої температури на наступні 48 годин, що дозволило досягти покращення SCOP до 23%.

**Дослідники проводили також оцінку ефективності через польові випробування.** Наприклад, Ву та ін. [20] здійснили моніторинг системи ASHP, інтегрованої з водяним накопичувачем, в реальному будинку в Пекіні. Виявлено, що в порівнянні з традиційним безперервним режимом роботи, стратегія роботи

						Арк.
					Пояснювальна записка	
		№ докум.	Підпис	Дата		92

ASHP з обігрівом та заряджанням вдень, а також вимиканням та розряджанням вночі, дозволила збільшити середній COP на 14% в найхолодніший день і SCOP на 26,1%.

У загальному можна сказати, що на роботу систем ASHP впливають кліматичні умови, температура води, тип обігрівача, рівень навантаження та стратегія управління системою. Однак універсальність раніше отриманих висновків потребує подальшого підтвердження. Окрім обмежених випадків, деякі дослідження були проведені за допомогою аналізу польових випробувань на великих вибірках теплових насосів. Хухтеманн і Мюллер [21] провели польовий тест для 21 повітряного теплового насоса і 22 наземних теплових насосів. Результати показали, що на сезонну ефективність впливають тип опалювальних приладів (радіатори чи підлогове опалення), температура подачі води та наявність буферних накопичувачів. Однак дослідження зосереджувалося переважно на оцінці польових випробувань і не виявило закономірностей впливу факторів на ефективність. Також, Денд та ін. [22] вивчали 11 повітряних, 14 наземних та 7 водяних теплових насосів у холодних регіонах Китаю. Результати показали, що на реальну енергетичну ефективність впливають тип джерела тепла, надмірна потужність та система розподілу тепла. Однак методологія польових випробувань була короткостроковою (не менше 48 годин), що не дозволяє оцінити довгострокову ефективність ASHP. Тому необхідно проводити моніторинг протягом опалювального сезону для аналізу факторів, що впливають на ефективність.

Підсумовуючи вище наведене приходимо до висновку, що основними впливовими факторами є:

1. **Тип опалювального приладу:** має великий вплив на ефективність системи, оскільки він визначає, як тепло передається в приміщення і які температури необхідні для роботи насоса.
2. **Рівень навантаження та співвідношення потужності:** рівень навантаження (відповідність потужності теплового насоса до проектного навантаження будівлі) є важливим фактором: якщо потужність насоса перевищує чи недостатня для потреб будівлі, це може призвести до зниження ефективності.
3. **Тип джерела тепла (повітря, вода, ґрунт):** тип джерела тепла впливає на COP і SCOP теплового насоса (повітряні джерела є більш чутливими до коливань температури зовнішнього середовища).
4. **Температура подачі води:** підвищення температури подачі води може знижувати COP і SCOP теплового насоса.
5. **Режим роботи та стратегія управління:** стратегії включення/виключення, а також режими роботи (безперервна робота чи циклічне включення) можуть впливати на енергетичну ефективність системи, зокрема через втрати при включенні та вимиканні.

						Арк.
					Пояснювальна записка	
		№ докум.	Підпис	Дата		93

6. **Наявність буферного накопичувача:** забезпечує стабільність роботи і ефективність системи, зменшуючи втрати енергії при коливаннях навантаження.

Ці фактори варто враховувати під час проектування, налаштування та експлуатації теплових насосів повітря-вода для досягнення оптимальної ефективності та економії енергії.

### 8.2.3 АНАЛІЗ КЛІМАТИЧНИХ ЗМІН (ТЕМПЕРАТУРНИХ АНОМАЛІЙ, СЕЗОННИХ КОЛИВАНЬ) У РЕГІОНІ ДОСЛІДЖЕННЯ

Аналіз кліматичних змін базується на статистиці змін зовнішньої температури зібраної українськими та міжнародними метеорологічними станціями. Було використано архів погодинних кліматичних даних для географічних координат м. Києва від метеорологічної компанії Meteoblue [23]. Для побудови графіку (рис. 8.2) використано модель ERA5T, що за даними метеорологічної компанії є найбільш точною ніж дані метеорологічних станцій або інші моделі прогнозування й обробки статистичних даних змін кліматичних умов.

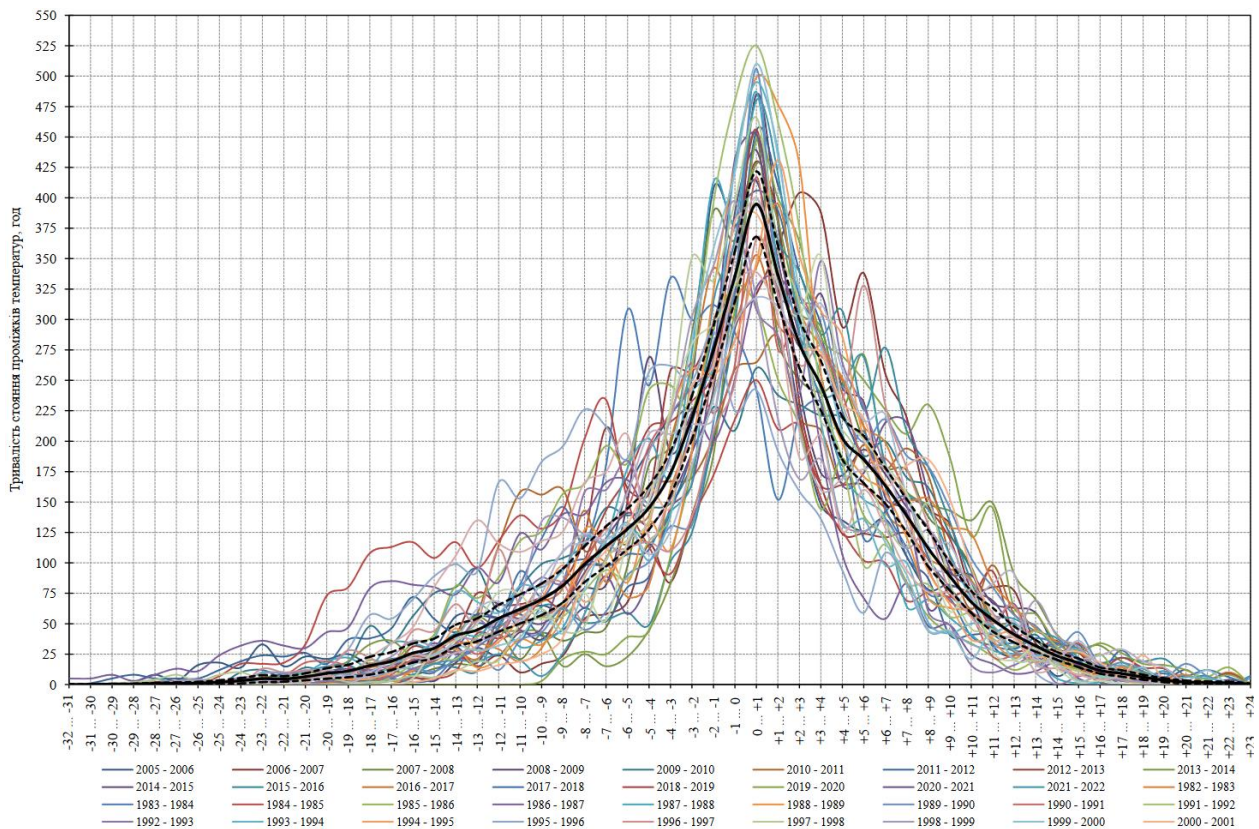


Рис. 8. 2. Інтервальний графік температур від  $-32^{\circ}\text{C}$  до  $+24^{\circ}\text{C}$  з кроком  $\Delta T=1^{\circ}\text{C}$  протягом 1982 – 2022 рр. за моделлю ERA5T [23]

Коефіцієнт ефективності (COP) є комплексним показником та параметром оцінки системи теплового насоса повітря-вода (ASHP). Він визначається як співвідношення загальної теплової потужності до загального споживання енергії системою ASHP. Споживана потужність (P) включає енергоспоживання самого теплового насоса, водяного насоса та відповідної системи керування. Залежно від періоду оцінки, COP поділяється на сезонний коефіцієнт ефективності системи (SCOP) та денний коефіцієнт ефективності системи (COP<sub>daily</sub>):

$$SCOP = \frac{\sum Q}{\sum P}$$

$$COP_{daily} = \frac{\bar{Q}_{daily}}{\bar{P}_{daily}}$$

де  $Q$  та  $\bar{Q}_{daily}$  - це теплові потужності системи ASHP за опалювальний сезон і за день відповідно, а  $P$  та  $\bar{P}_{daily}$  - це споживана потужність системи ASHP за опалювальний сезон і за день відповідно.

Для оцінки результуючої невизначеності теплової потужності та COP, спричиненої невизначеностями різних датчиків, можна застосувати метод поширення помилок Клайна та МакКлінтока [24], що виражається рівнянням:

$$w_R = \sqrt{\left(\frac{\partial R}{\partial x_1} w_1\right)^2 + \left(\frac{\partial R}{\partial x_2} w_2\right)^2 + \left(\frac{\partial R}{\partial x_3} w_3\right)^2 + \dots + \left(\frac{\partial R}{\partial x_n} w_n\right)^2}$$

де  $w_R$  - це результуюча невизначеність, а  $w_1, w_2, \dots, w_n$  - невизначеності незалежних змінних.  $R$  є функцією незалежних змінних  $x_1, x_2, \dots, x_n$ . Середні невизначеності для теплової потужності та миттєвого COP складають приблизно 6%.

Рівень навантаження системи (LR) показує, наскільки добре співвідноситься проектне навантаження будівлі з номінальною потужністю теплового насоса. Це співвідношення між фактичним тепловим постачанням та номінальним тепловим постачанням на одиницю площі. Залежно від періоду оцінки, рівень навантаження системи поділяється на сезонний рівень навантаження (LR), денний рівень навантаження (LR<sub>daily</sub>) і рівень навантаження на найхолодніший день (LR<sub>cd</sub>):

$$LR = \frac{q}{q_0}$$

$$LR_{daily} = \frac{q_{daily}}{q_0}$$

					Пояснювальна записка	Арк.
						95
		№ докум.	Підпис	Дата		

$$LR_{cd} = \frac{q_{cd}}{q_0}$$

де  $q$  - це фактичне теплове постачання на одиницю площі за опалювальний сезон, Вт/м<sup>2</sup>;  $q_{daily}$  - це фактичне теплове постачання на одиницю площі за день, Вт/м<sup>2</sup>;  $q_{cd}$  - фактичне теплове постачання на одиницю площі на найхолодніший день, Вт/м<sup>2</sup>; а  $q_0$  - номінальне теплове постачання на одиницю площі, Вт/м<sup>2</sup>.

Коефіцієнт роботи одиниці (Rrt) є загальним показником для оцінки явищ включення/вимикання та часу роботи теплового насоса через модуляцію, що визначається як співвідношення часу роботи одиниці.

**Схематичне зображення типової системи ASHP та системи моніторингу** представлено на рис. 8.2.

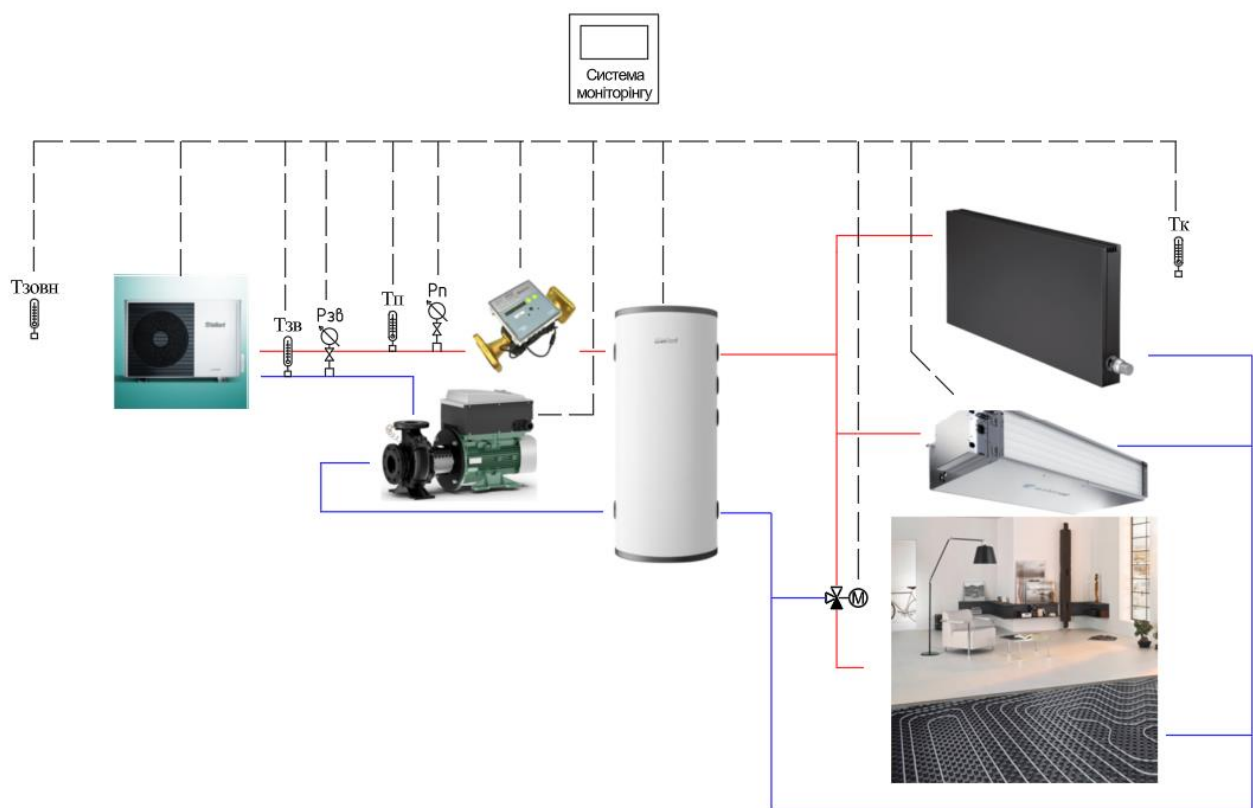


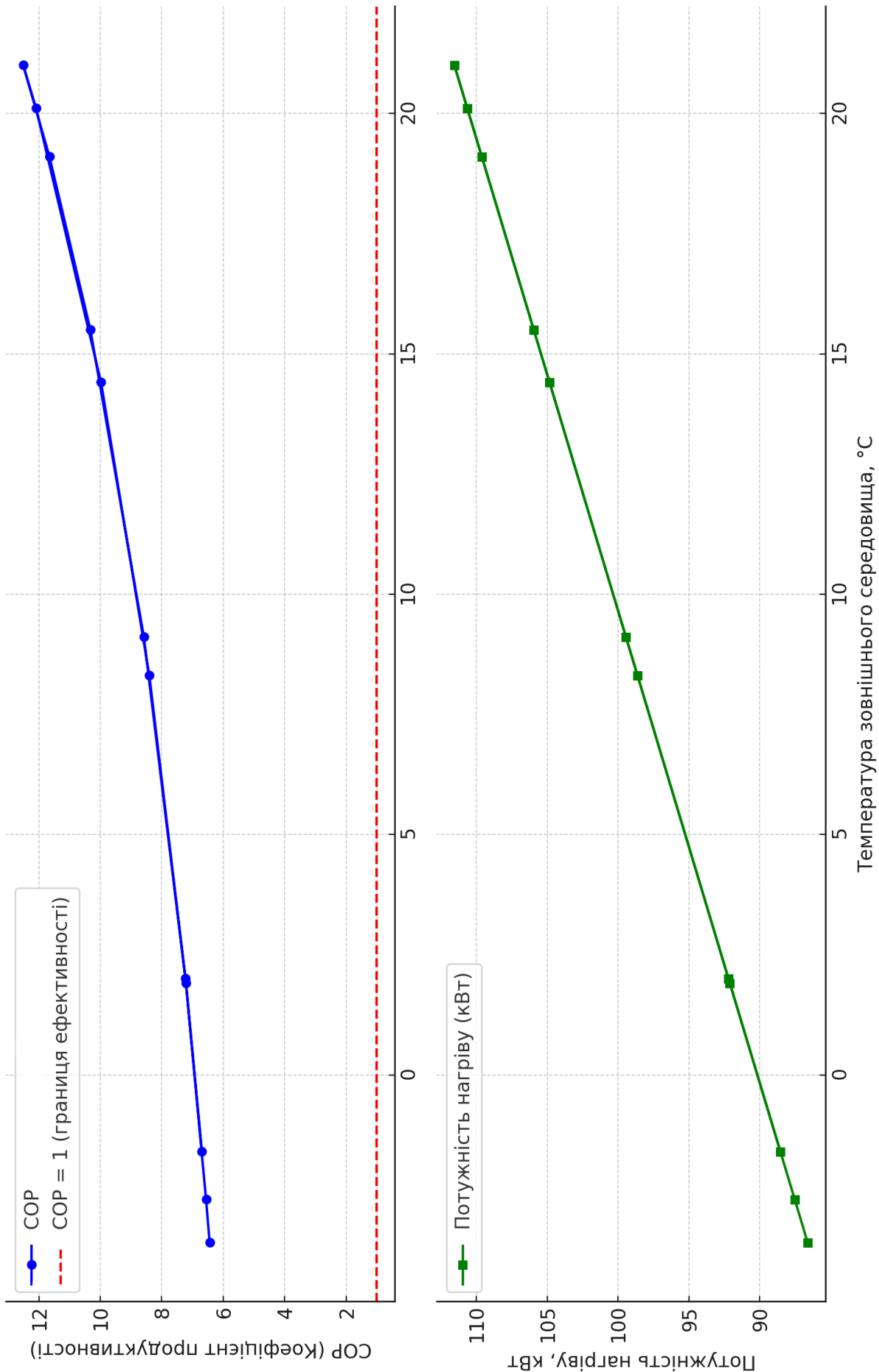
Рис. 8.2 Типова схема теплового насоса типу «повітря-вода» та система моніторингу основними параметрами

**Таблиця 8.1. Список вимірювальних пристроїв.**

№	Прилад	Тестовані параметри	Невизначеність
1	Термометр	Температура в приміщенні	±0,5 °С

№	Прилад	Тестовані параметри	Невизначеність
		Температура подачі та зворотної води	$\pm 0,2$ °C
2	Лічильник потоку	Витрати води	$\pm 2\%$
3	Електронний ваттметр	Електричні параметри	$\pm 1\%$

					Пояснювальна записка	Арк.
		№ докум.	Підпис	Дата		



	№ докум.	Підпис	Дата	

Пояснювальна записка

### **8.3. АНАЛІЗ ВПЛИВУ ТИПУ СПОЖИВАЧА ТЕПЛОТИ/ХОЛОДУ НА ПРОДУКТИВНІСТЬ ТЕПЛОВОГО НАСОСУ**

У запроєктованій будівлі функціонують дві системи охолодження – фанкойли та холодна підлога. Холодна підлога є ефективною у приміщеннях з великою площею скління, де основним джерелом теплонадлишків є сонячна радіація.

Система охолодження фанкойлами вимагає параметрів холодоносія 7/12 °С або 12/17 °С за умови використання додаткового проміжного теплообмінника.

Для комфортної роботи холодної підлоги параметри холодоносія мають бути 16/19 °С.

Процеси теплопередачі, що відбуваються при цьому:

#### **Поглинання сонячної радіації склом**

Сонячна радіація (інфрачервоні, видимі та ультрафіолетові хвилі) досягає поверхні скління. Скло частково відбиває, частково пропускає та частково поглинає енергію сонячного випромінювання. Якість цього процесу залежить від типу скла (звичайне, енергозберігаюче, тоноване тощо).

#### **Передача тепла через скло в приміщення**

Пряма передача світла: Пропущене через скло випромінювання потрапляє всередину приміщення, де воно поглинається поверхнями (підлога, меблі, стіни), які нагріваються. Вторинне випромінювання: Нагріті поверхні починають випромінювати довгохвильове інфрачервоне випромінювання, яке затримується в приміщенні, створюючи парниковий ефект.

#### **Теплопровідність скла**

Скло, нагріте сонцем, частково передає тепло в приміщення за рахунок теплопровідності. Однак цей механізм є менш ефективним у порівнянні з випромінюванням.

#### **Вентиляція та конвекція (додаткові фактори)**

Нагріте повітря піднімається вгору, створюючи конвекційні потоки, які розподіляють тепло по приміщенню. Якщо скління має щілини або погано герметизоване, частина тепла може втрачатися.

#### **Роль енергоефективного скла**

Якщо використовується енергозберігаюче скло (з напиленням металу чи інертним газом усередині), це допомагає мінімізувати втрати тепла взимку та зменшити нагрів улітку. Такий процес забезпечує значне надходження теплової енергії в приміщення, особливо у будівлях із великою площею скління. Це явище активно використовується в пасивній сонячній енергетиці, але вимагає правильного регулювання для уникнення перегріву влітку.

									Арк.
		№ докум.	Підпис	Дата	Пояснювальна записка				99

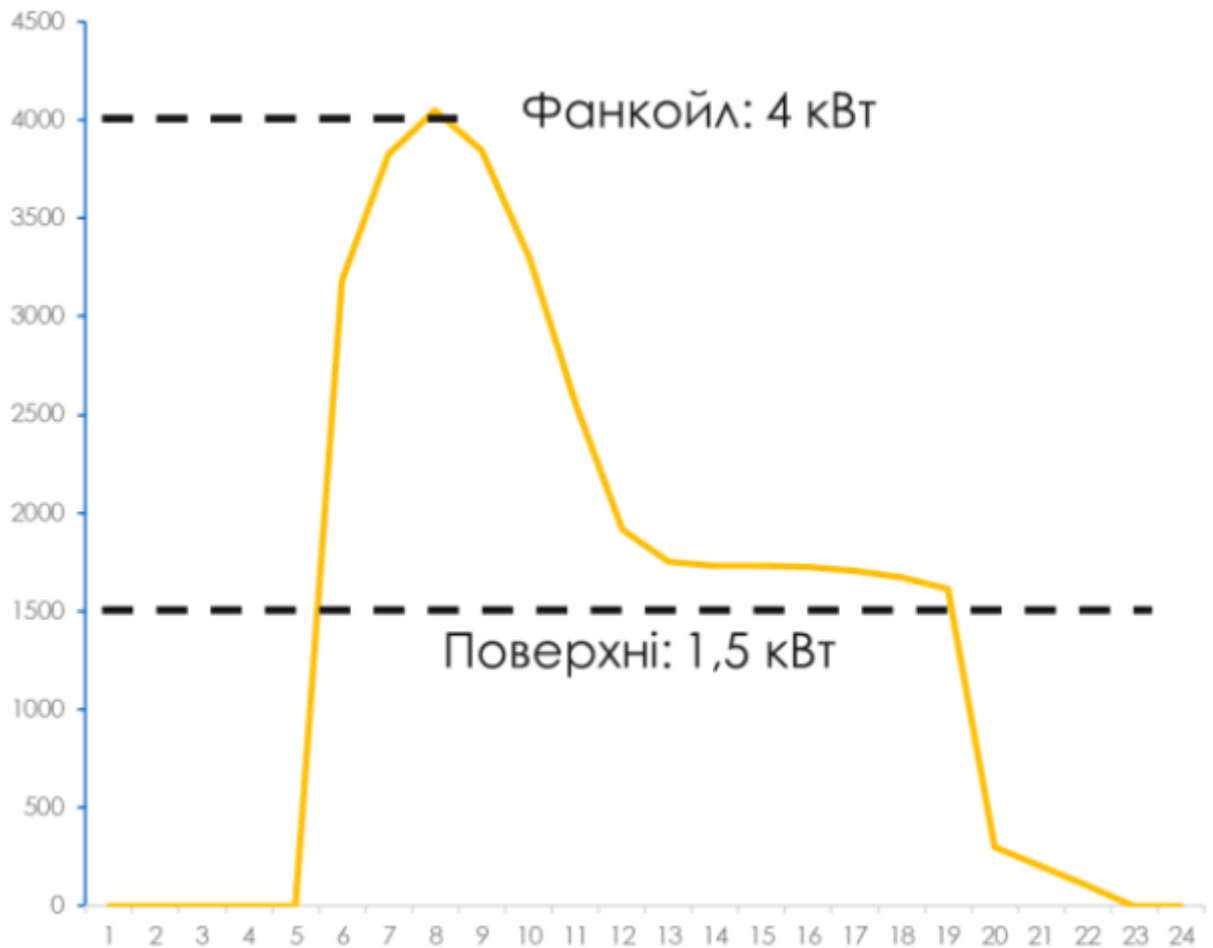


Рис. 8.4. Зміна теплонадходжень приміщення протягом доби – жовтий;  
потужність систем охолодження – чорний штрихпунктир

Поверхневі системи охолодження є сучасним інженерним рішенням, яке забезпечує комфортний мікроклімат завдяки рівномірному розподілу теплової енергії та низьким експлуатаційним витратам. Зокрема, системи охолодження підлог, стін і стель використовують принцип теплопередачі через випромінювання, що створює природний комфорт без протягів і шуму, характерних для традиційних систем кондиціонування.

#### Ефективність роботи охолоджувальних підлог

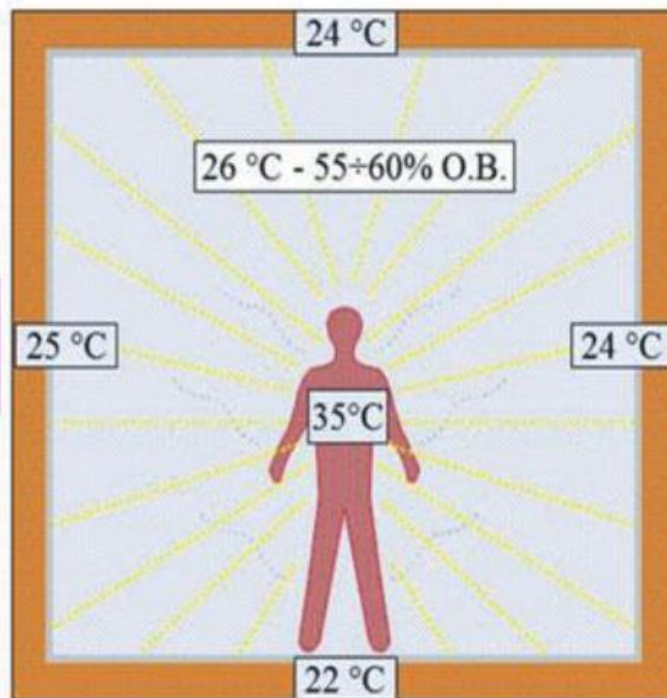
Наукові дослідження підтверджують, що для ефективного охолодження приміщень достатньо підтримувати температуру поверхні підлоги на рівні **21–23°C**. Такий температурний режим комфортний і безпечний навіть для дітей, оскільки виключає ризик переохолодження кінцівок. Якщо в приміщенні вже функціонує система водяного опалення підлоги, додаткова інфраструктура для охолодження не потрібна — достатньо подати в труби охолоджену воду.

					Пояснювальна записка	Арк.
						100
		№ докум.	Підпис	Дата		

Дослідження показали, що при температурі повітря 26°C і температурах поверхонь 22-23°C досягається оптимальний комфорт

Це забезпечує добре збалансований теплообмін.

Випаровування 35%  
Конвекція 18%  
Випромінювання 40-50%  
Теплопередача 2%



Однак для запобігання конденсації на поверхнях потрібне впровадження автоматики, яка контролює:

- Температуру повітря у приміщенні.
- Температуру поверхонь для запобігання випаданню точки роси.
- Відносну вологість для підтримання оптимального мікроклімату.

Системи поверхневого охолодження також придатні для встановлення під натуральні покриття (паркет, пробкове покриття, ДСП тощо), що відкриває широкі можливості їх застосування в житлових і комерційних приміщеннях.

### Обмеження та альтернативи

Через обмежену площу підлоги інколи неможливо компенсувати всі теплопритоки лише за допомогою поверхневого охолодження. У таких випадках застосовуються:

- Стельові або настінні охолоджувальні системи.
- Рекуперація та охолодження системи вентиляції для компенсації пікових навантажень.

### Переваги поверхневих систем охолодження

Науково обґрунтовано наступні переваги таких систем:

- Рівномірний розподіл температури та мінімальна швидкість руху повітря.
- Відсутність шуму, характерного для кондиціонерів.
- Зниження енергоспоживання: завдяки температурному режиму 16/19°C (у два рази вище, ніж у фанкойлів), ефективність теплових насосів значно підвищується.

					Пояснювальна записка	Арк.
						101
		№ докум.	Підпис	Дата		

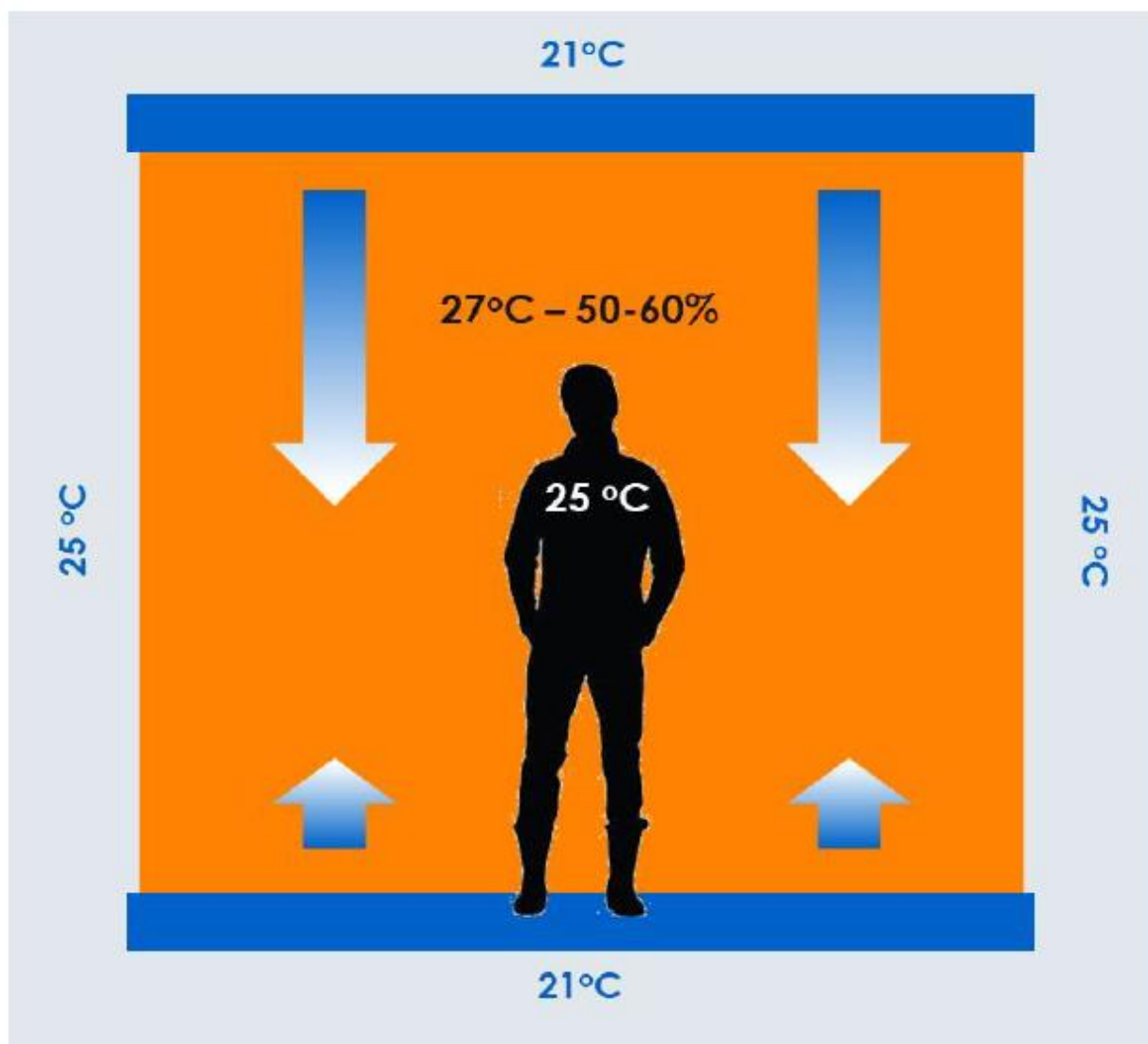
- **Естетичність:** відсутність громіздких приладів і мінімізація вентиляційних пристроїв зберігають привабливий вигляд приміщень.

### Роль інерційності в роботі систем

Поверхневі системи мають високу інерційність, що дозволяє акумулювати холод у нічний час, коли навантаження на джерела охолодження мінімальне, і використовувати його для компенсації денних пікових теплопритоків. Завдяки цьому можна зменшити встановлену потужність обладнання на 30–50%, що підтверджується дослідженнями в галузі енергоефективності будівель.

### Досягнення комфортного середовища

Чим більша площа охолоджувальних поверхонь, тим ефективніше забезпечується комфорт. Наприклад, активне використання підлоги й стелі дозволяє повністю покрити потреби в охолодженні без додаткового охолодження повітря. Середня температура у приміщенні при цьому буде близько **25°C**, навіть якщо припливне повітря матиме температуру **27°C**, що є комфортним для літнього періоду.



Таким чином, системи поверхневого охолодження демонструють високий рівень енергоефективності, забезпечують комфортні умови перебування в приміщенні та знижують витрати на обслуговування в порівнянні з традиційними системами кондиціонування. Впровадження таких систем особливо актуальне для енергоефективних і «зелених» будівель.

Проаналізувати взаємозв'язок між тепловим відчуттям і оперативною температурою можна за наступним алгоритмом.

1. **Оперативна температура** може бути розрахована за такою формулою [25]:

$$t_o = (h_r * t_r + h_c * t_a) / (h_r + h_c),$$

де  $t_o$ ,  $t_r$ ,  $t_a$ ,  $h_r$ ,  $h_c$  позначають відповідно: оперативну температуру ( $^{\circ}\text{C}$ ), середню радіаційну температуру ( $^{\circ}\text{C}$ ), температуру повітря ( $^{\circ}\text{C}$ ), коефіцієнт теплопередачі випромінюванням ( $\text{Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$ ), коефіцієнт теплопередачі конвекцією ( $\text{Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$ ).

## 2. Розрахунок коефіцієнта теплопередачі конвекцією ( $h_c$ )

Формула для розрахунку коефіцієнта  $h_c$  базується на швидкості повітря. Використано рівняння, отримане Мітчеллом [26]:

$$h_c = 3.1, \text{ якщо } 0 < V < 0.2,$$

$$h_c = 8.3 * V^{0.6}, \text{ якщо } 0.2 < V < 1.5.$$

## 3. Розрахунок коефіцієнта теплопередачі випромінюванням ( $h_r$ )

Коефіцієнт теплопередачі випромінюванням обчислювався шляхом множення середньої емісійної здатності одягу або поверхні тіла ( $\epsilon = 0.95$ ) на 4.7 [26]:

$$h_r = 4.7 * \epsilon.$$

## 4. Середня радіаційна температура ( $t_r$ )

Середня радіаційна температура розраховувалася на основі температури повітря, температури глобуса і швидкості повітря за формулою [25]:

$$t_r = [6.32 * D^{(-0.4)} * V^{0.5} * \sigma * \epsilon * (t_g - t_a) + t_g^4]^{(0.25)},$$

де  $\epsilon$  — емісійна здатність поверхні глобуса (0.95),  $D$  — діаметр глобуса (0.15 м),  $\sigma$  — константа Стефана-Больцмана.

## 5. Нейтральна температура

Нейтральна температура визначається як температура, при якій суб'єкт відчуває тепловий нейтралітет. Рівняння регресії було обчислено методом лінійної регресії, однак різниця виявилася несуттєвою ( $p > 0.05$ ). Тому нейтральна температура була обчислена за методом Гріффіта:

$$t_n = t_o - (TSV - TSV_{neutral}) / a,$$

								Арк.
		№ докум.	Підпис	Дата			Пояснювальна записка	103

де  $t_n$  — нейтральна температура ( $^{\circ}\text{C}$ ),  $t_o$  — оперативна температура ( $^{\circ}\text{C}$ ),  $TSV$  — оцінка теплового відчуття,  $TSV_{neutral} = 0$  — тепловий нейтралітет,  $a$  — коефіцієнт (0.33 або 0.5).

Коефіцієнт теплопередачі конвекцією був розрахований на основі формули Юргеса [27]:

$$\alpha_{cv} = 5.6 + 3.9v, \text{ якщо } v \leq 4.9 \text{ м/с,}$$

$$\alpha_{cv} = 7.2v^{0.78}, \text{ якщо } v > 4.9 \text{ м/с,}$$

де  $\alpha_{cv}$  — коефіцієнт теплопередачі конвекцією ( $\text{Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$ ),  $v$  — швидкість повітря (м/с).

Відстань від стіни фундаменту (мм)	Коефіцієнт теплопередачі конвекцією ( $\text{Вт}/\text{м}^2 \cdot \text{К}$ )	Коефіцієнт теплопередачі випромінюванням ( $\text{Вт}/\text{м}^2 \cdot \text{К}$ )	Загальний коефіцієнт теплопередачі ( $\text{Вт}/\text{м}^2 \cdot \text{К}$ )
0–455	6.13	5.29	12.33
455–910	5.48	4.59	10.46
910–1365	6.45	4.77	10.30
1365–1820	7.26	4.74	13.51
1820–2275	7.33	4.69	12.55
2275–2730	5.95	5.49	11.05
2730–3185	6.34	5.05	12.51
3185–3640	6.29	5.27	11.11

Коефіцієнт теплопередачі випромінюванням був розрахований на основі теплообміну випромінюванням між двома паралельними площинами [28]. Тепловий потік випромінювання від поверхні об'єкта виражається формулою:

$$q_r = \varepsilon \sigma T^4,$$

де  $q_r$  — тепловий потік випромінювання ( $\text{Вт}/\text{м}^2$ ),  $\varepsilon$  — коефіцієнт емісійної здатності (0.9),  $\sigma$  — константа Стефана-Больцмана ( $5.67 \times 10^{-8} \text{ Вт}/\text{м}^2 \cdot \text{К}^4$ ),  $T$  — температура поверхні (К).

Теплообмін випромінюванням між двома паралельними площинами описується рівнянням:

$$q_r = \sigma(T_1^4 - T_2^4) / (1/\varepsilon_1 + 1/\varepsilon_2 - 1),$$

де  $q_r$  — теплообмін випромінюванням ( $\text{Вт}/\text{м}^2$ ),  $T_1$ ,  $T_2$  — температура поверхонь (К),  $\varepsilon_1$ ,  $\varepsilon_2$  — коефіцієнти емісійної здатності фундаментної плити (0.90) та першого поверху (0.90).

					Пояснювальна записка	Арк.
						104
		№ докум.	Підпис	Дата		

## Порівняння коефіцієнта перетворення енергії (COP) теплового насоса

ТН повітря-вода для системи охолодження із використанням холодної підлоги та фанкойлів демонструє суттєві відмінності у їх енергоефективності. Основним фактором, що впливає на COP, є робоча температура теплоносія.

### 1. Температурні режими

**Холодна підлога:** Робоча температура теплоносія в системі поверхневого охолодження зазвичай становить **16–19°C**. Такий режим дозволяє працювати тепловому насосу з вищим COP, оскільки різниця температур між зовнішнім повітрям і теплоносієм менша.

**Фанкойли:** Для ефективного охолодження фанкойли вимагають температури холодоагенту на рівні **7–12°C**. Це знижує COP теплового насоса, оскільки більший температурний перепад вимагає більше енергії для роботи компресора.

### 2. COP теплового насоса

**Холодна підлога:** У типових умовах COP теплового насоса для холодної підлоги може досягати **4.5–6.0**, залежно від зовнішньої температури та характеристик насоса.

**Фанкойли:** У системах з фанкойлами COP зменшується до **3.0–4.0**, оскільки охолодження до нижчих температур є менш енергоефективним.

### 3. Причини різниці COP

**Тепловий насос працює в більш сприятливому діапазоні температур:** Для холодної підлоги тепловий насос працює з нижчим температурним градієнтом, що зменшує навантаження на компресор і знижує споживання електроенергії.

**Відсутність інтенсивного теплообміну:** У фанкойлах потрібен примусовий обдув теплообмінника, що додає витрати електроенергії на роботу вентиляторів і викликає втрати енергії.

**Рівномірний розподіл холоду:** У системах з холодною підлогою поверхні забезпечують більшу площу теплообміну, що дозволяє працювати з вищими температурами теплоносія без втрати комфорту.

### Висновки

**Ефективність:** Система охолодження з холодною підлогою забезпечує вищий COP теплового насоса порівняно з фанкойлами через вищі робочі температури теплоносія. Різниця в COP може сягати **25–50%**.

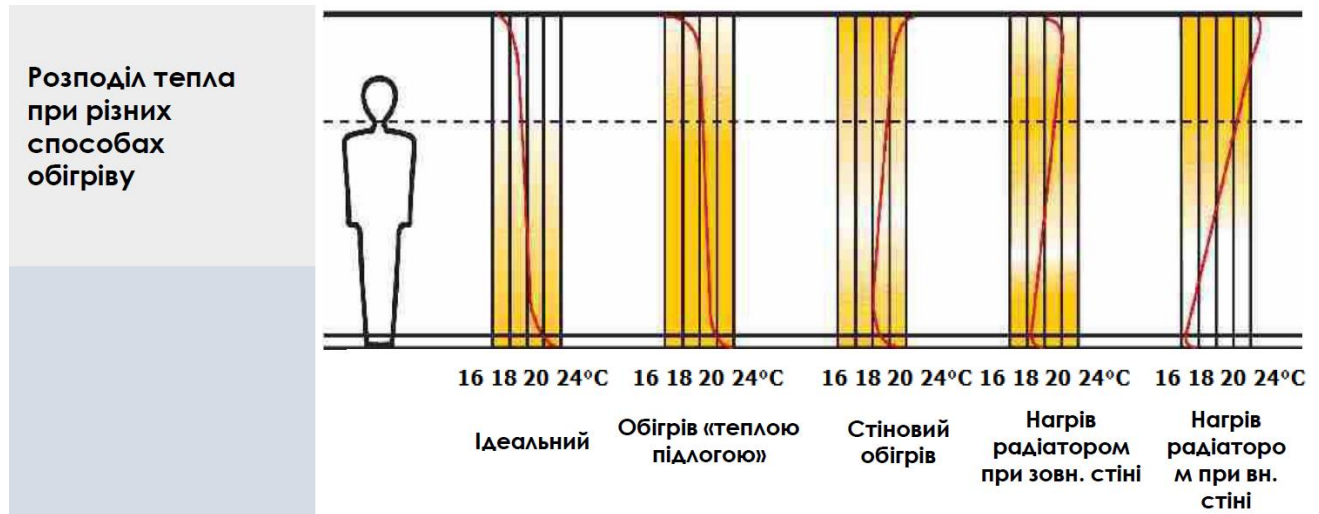
**Комфорт:** Система холодної підлоги створює більш рівномірний розподіл температур у приміщенні, що додає до її переваг.

**Енергоспоживання:** За однакових умов, енергоспоживання системи з холодною підлогою є нижчим через ефективніше використання теплового насоса.

						Арк.
		№ докум.	Підпис	Дата	Пояснювальна записка	105

Теплові насоси повітря-вода є особливо вигідними у поєднанні з системами поверхневого охолодження завдяки їхній здатності працювати з мінімальними витратами енергії на високих температурах теплоносія.

У теплий період року система теплої підлоги також має більші переваги аніж альтернативні системи опалення.



Під час роботи повітряного теплового насоса для обігріву може утворюватися іній на випарнику, що знижує його здатність до теплопередачі. Крім того, ефективність нагрівання зменшується через необхідність виконання операцій розморожування. Згідно з даними, отриманими в результаті інтерв'ю з виробником, за температури зовнішнього повітря нижче 5 °С цикл роботи складається у середньому з 50 хвилин нагрівання та 10 хвилин розморожування.

Для оцінки експлуатаційної продуктивності під час безперервної роботи потрібно розраховувати споживання енергії, теплову потужність та коефіцієнт ефективності (COP).

У [29] зазначається, що нагрівальна потужність і коефіцієнт ефективності (COP) знижуються зі збільшенням товщини шару інею на поверхні випарника. Крім того, було виявлено, що діапазон температур повітря, за якого швидкість росту інею досягає максимуму, становить приблизно 0 °С. У дослідженні [30] зниження COP спостерігалось в діапазоні температур, що починається раніше, ніж температура.

Температура поверхні підлоги може викликати локальний тепловий дискомфорт. Згідно зі стандартом ASHRAE 55, частка незадоволених через температуру підлоги не повинна перевищувати 10%, а рекомендований діапазон температур становить 19–29 °С.

Для кутового приміщення 3 та середнього приміщення 3 було побудовано графіки зміни температури (рис. 8.4) на базі дослідних даних – система моніторингу стану теплої підлоги інженерів-експлуатації будівлі.

						Арк.
		№ докум.	Підпис	Дата	Пояснювальна записка	106

Значення температури приміщень варіювалися наступним чином:

Прим. 2: від 22.1 до 25.0 °С.

Прим. 3: від 23.1 до 25.5 °С.

Температури підлоги перебували в межах комфортного діапазону, забезпечуючи прийнятний рівень теплового комфорту.

Для забезпечення теплового комфорту відповідно до стандартів ASHRAE та ISO температура підлоги повинна підтримуватися в межах рекомендованого діапазону. Однак необхідно враховувати одяг осіб, що перебувають у приміщеннях, оскільки це впливає на сприйняття теплового дискомфорту при нижчих температурах.

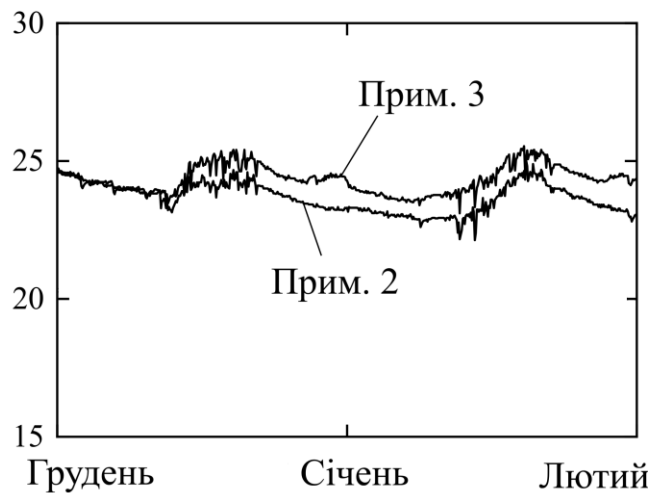


Рис. 8.4 Зміна температури поверхні підлоги протягом трьох зимових місяців для приміщень 2 та 3

Температура повітря на висоті 0.1 м над підлогою та на висоті 1.1 м над підлогою були порівняні для визначення вертикальної різниці температур. Згідно зі стандартом України та ISO 7730 [31], вертикальна різниця температур між цими рівнями повинна бути в межах 3.0 °С.

Прим. 2:

Максимум: 2,95 °С,

Середнє значення: 1,41 °С,

Мінімум: 3,58 °С (у межах стандарту, але на межі допустимого значення).

Прим. 3:

Максимум: 2,19 °С,

Середнє значення: 1,39 °С.

					Пояснювальна записка	Арк.
						107
		№ докум.	Підпис	Дата		

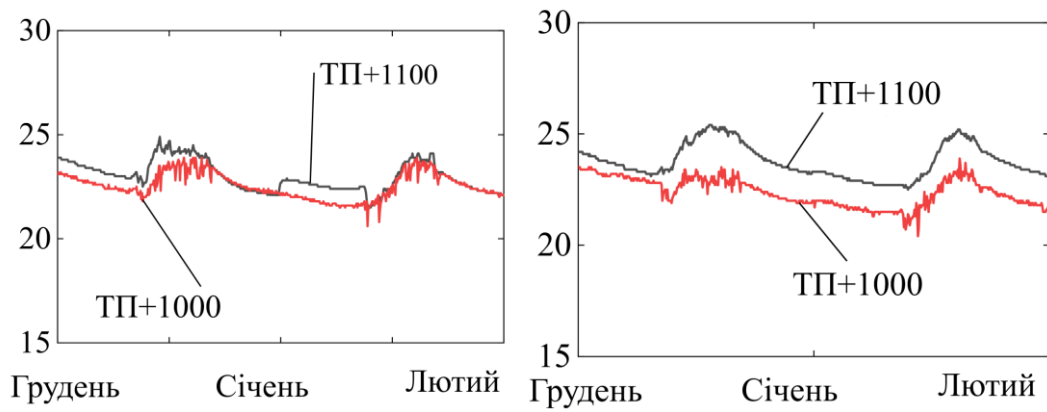


Рис. 8.5 Зміна температури повітря над підлогою на відстані 1100 мм (ТП+1100) та 1000 мм (ТП+1000) протягом трьох зимових місяців для приміщень 2 та 3

Як видно з графіків 8.5 вертикальна різниця температур перебуває в межах норми, що вказує на низьку ймовірність локального теплового дискомфорту.

## ВИСНОВКИ:

Це дослідження аналізує ефективність роботи теплового насоса «повітря-вода», визначає ключові фактори, які впливають на розрахунок та прогнозування коефіцієнта ефективності (COP) теплового насоса, а також оцінює комфортність внутрішнього теплового середовища при використанні теплої/холодної підлоги. Результати можуть бути корисними для проєктування систем опалення та охолодження з використанням теплої/холодної підлоги у поєднанні з тепловими насосами або іншими джерелами тепла чи холоду.

Під час експлуатації теплового насоса повітряного джерела тепла взимку є ризик зниження ефективності через утворення льоду на випарнику. Проте, згідно з результатами дослідження, запропонований тепловий насос працював ефективно. За даними діаграми  $p-h$ , процес опалення за допомогою теплового насоса відбувався без збоїв. Це дозволяє стверджувати, що тепловий насос «повітря-вода» може бути використаний як надійне опалювальне обладнання.

У процесі опитування щодо внутрішнього теплового середовища майже не було зафіксовано локальних теплових дискомфортив, і більшість респондентів залишилися задоволені тепловими умовами. Однак опитування проводилось при стабільній температурі, що не дозволило оцінити зміни в тепловому сприйнятті залежно від коливань температури. Крім того, кількість учасників була обмежена, що ускладнило виявлення індивідуальних відмінностей у відчуттях температури. Для більш точного оцінювання комфортності слід розширити температурний діапазон, в якому проводиться опитування, а також збільшити кількість учасників. Це дозволить отримати більш чітке уявлення про рівень комфорту.

						Арк.
					Пояснювальна записка	
		№ докум.	Підпис	Дата		109

## СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. ДСТУ-Н Б В.1.1-27:2010 Будівельна кліматологія [Чинні від 2011-11-01] – К.: Мінрегіон України, 2011. – 127 с.
2. ДБН В.2.6-31:2021 Теплова ізоляція та енергоефективність будівель. – К.: Мінрегіон України, 2022. – 27 с.
3. ДСТУ 9191:2022 Теплоізоляція будівель. Метод вибору теплоізоляційного матеріалу для утеплення будівель. Прийнято наказом ДП «Український науково-дослідний і навчальний центр проблем стандартизації, сертифікації та якості» від 10.06.2022 р. № 201, чинний з 01.03.2023 р.
4. В. Коновалюк, А. Москвітіна, М. Шишина Опалення, вентиляція, охолодження та газопостачання житлового будинку: методичні вказівки до виконання практичних занять та курсового проектування з дисципліни «Інженерне обладнання будівель і споруд: теплогазопостачання і вентиляція» для студентів спеціальності 191 «Архітектура та вістобудування» ОПП «Архітектура та містобудування» – К.: КНУБА, 2023. – 104 с.
5. ДБН В.2.5-67:2013. Опалення, вентиляція та кондиціонування. [Чинні від 2014-01-01]. – К.: Мінрегіон України, 2014. – 149 с.
6. ДБН В.2.2-9:2018 Будинки і споруди. Громадські будинки та споруди. Основні положення. Зміна № 1 [Чинні від 2022-09-01]. – К.: Мінрегіонбуд України, 2022. – 49 с.
7. Москвітіна А., Шишина М., Пефтева І. Розрахунок надходження шкідливостей до приміщень житлових та громадських будівель: метод. вказів. до практич. занять, курс. та дипломного проектування: для студ. спец. 192 "Буд-во та цивіл. інженерія" ОПП "Теплогазопост. і вентиляція". Київ: КНУБА, 2023. 60 с.
8. Мілейковський В. О. Вентиляція індивідуального житлового будинку: навч. посібник / В. О. Мілейковський, Л. М. Котелков. – Дніпро: «Середняк Т. К.», 2018. – 156 с.

									Арк.
		№ докум.	Підпис	Дата					110

Пояснювальна записка

9. Боженко, М. Ф. Системи опалення, вентиляції і кондиціювання повітря будівель [Електронний ресурс] : навчальний посібник для студентів спеціальності 144 «Теплоенергетика» / М. Ф. Боженко ; КПІ ім. Ігоря Сікорського. – Електронні текстові дані (1 файл: 11,7 Мбайт). – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2019. – 380 с.: <https://ela.kpi.ua/handle/123456789/30248>. / (дата звернення: 09.05.2024). – Назва з екрана.
10. Про енергетичну ефективність: Закон України від 21.10.2021 р. – Відомості Верховної Ради України (ВВР), 2022, № 2, ст.8.
11. Пирков В. В. Особливості проектування сучасних систем водяного опалення. – К.: «Такі справи», 2003.– 176 с.
12. Пирков В.В. Danfoss: Одно- і двотрубні системи водяного опалення гідравлічні і економічні відмінності // Ринок інсталяційний. – 2004. - №3. – С.46-47.
13. Зінич П.Л. Вентиляція громадських будівель. Навчальний посібник. - К.: КНУБА, 2002.-256 с.
14. Huchtemann K, Müller D. Simulation study on supply temperature optimization in domestic heat pump systems. Build Environ 2013;59:327–35.
15. Bagarella G, Lazzarin R, Noro M. Sizing strategy of on–off and modulating heat pump systems based on annual energy analysis. Int J Refrig 2016;65:183–93.
16. Dongellini M, Naldi C, Morini GL. Sizing effects on the energy performance of reversible air-source heat pumps for office buildings. Appl Therm Eng 2017;114: 1073–81. <https://doi.org/10.1016/j.applthermaleng.2016.12.010>.
17. Xu Y, Huang Y, Jiang N, Song M, Xie X, Xu X. Experimental and theoretical study on an air-source heat pump water heater for northern China in cold winter: effects of environment temperature and switch of operating modes. Energy Build 2019; 191:164–73. <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2019.03.028>.

					Пояснювальна записка	Арк.
		№ докум.	Підпис	Дата		

18. Hu B, Wang RZ, Xiao B, He L, Zhang W, Zhang S. Performance evaluation of different heating terminals used in air source heat pump system. *Int J Refrig* 2019; 98:274–82. <https://doi.org/10.1016/j.ijrefrig.2018.10.014>.
19. Pospíšil J, Špiláček M, Kudela L. Potential of predictive control for improvement of seasonal coefficient of performance of air source heat pump in Central European climate zone. *Energy* 2018;154:415–23. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2018.04.131>.
20. Wu P, Wang Z, Li X, Xu Z, Yang Y, Yang Q. Energy-saving analysis of air source heat pump integrated with a water storage tank for heating applications. *Build Environ* 2020;180:107029. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2020.107029>.
21. Huchtemann K, Müller D. Evaluation of a field test with retrofit heat pumps. *Build Environ* 2012;53:100–6. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2012.01.013>.
22. Deng J, Wei Q, Liang M, He S, Zhang H. Does heat pumps perform energy efficiently as we expected: field tests and evaluations on various kinds of heat pump systems for space heating. *Energy Build* 2019;182:172–86. <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2018.10.014>.
23. History+ Weather History & Archive - meteoblue. Meteoblue. URL: <https://www.meteoblue.com/en/historyplus>
24. McGraw-Hill. Data reduction and error analysis for the physical sciences. 2003.
25. Benton, C.C.; Bauman, F.S.; Fountain, M.E. A field measurement system for the study of thermal comfort. *ASHRAE Trans.* 1990, 96, 1.
26. SHRAE Fundamental 2013 CHAPTER9 Thermal Comfort. American Society of Heating; Refrigerating and Air Conditioning Engineers, Inc.: Atlanta, GA, USA, 2013.
27. Tanaka, S.; Takeda, H.; Iwata, T.; Tsuchiya, T.; Terao, M.; Akimoto, T. *Architectural Environmental Engineering*, 4th ed.; Inoue Shoin Co., Ltd.: Tokyo, Japan, 2014. (In Japanese).

					Пояснювальна записка	Арк.
		№ докум.	Підпис	Дата		112

28. Nakaya, T. Basis of the Architectural Environmental Engineering—Heat Transfer of the Building Wall Affected by The Sun; Pubfull: Tokyo, Japan, 2018. (In Japanese)
29. Guo, X.-M.; Chen, Y.-G.; Wang, W.-H.; Chen, C.-Z. Experimental study on frost growth and dynamic performance of air source heat pump system. Appl. Therm. Eng. 2008, 28, 2267–2278.
30. Ikeda H, Ooi Y, Nakaya T. Underfloor Heating Using Room Air Conditioners with Air Source Heat Pump in a Foundation Insulation House. Energies. 2021; 14(21):7034.
31. ISO 7730. Ergonomics of the Thermal Environment—Analytical Determination and Interpretation of Thermal Comfort Using Calculation of the PMV and PPD Indices and Local Thermal Comfort Criteria; International Organization for Standardization: Geneva, Switzerland, 2005.

					Пояснювальна записка	Арк.
		№ докум.	Підпис	Дата		