



**Трубаєнко Андрій Анатолійович**

# **Обґрунтування робочих параметрів системи опалення для будинків котеджного типу із комбінованим використанням теплових насосів та сонячних колекторів**

- **Магістерська кваліфікаційна робота**

- **Науковий керівник**
- **к.,т.,н ., професор**
- **Коц Іван Васильович**

# Мета і задачі роботи

Метою дослідження є наукове обґрунтування та проектування енергоефективних систем опалення, для будинків котеджного типу із комбінованим використанням теплових насосів та сонячних колекторів.

Для досягнення цієї мети необхідно вирішити такі *задачі*:

- виконати аналітичний огляд і аналіз відомих досліджень в області енергоефективних систем опалення,;
- виконати техніко-економічне обґрунтування влаштування систем опалення ;
- розробити принципові та конструктивні рішення варіанту проекту системи енергоефективних систем опалення, та особливості роботи їх теплогенеруючого та теплоакumuлюючого устаткування;
- виконати математичне моделювання теплотехнічних, гідравлічних режимів з метою підбору оптимального обладнання для ефективної роботи запроектованих систем;
- розробити заходи з охорони праці та посадові інструкції на виконання робіт.
- запланувати заходи з енергозбереження та виконати енергетичний паспорт житлової будівлі, враховуючи новітні технології, обладнання та матеріали;
- передбачити заходи з експлуатації та налагодження систем опалення, теплового насосу та сонячних колекторів.
- розробити кошторисну документацію та визначити техніко-економічні показники проектування та монтажу систем опалення, теплового насосу та сонячних колекторів

## Об'єкт та предмет дослідження

**Об'єкт дослідження** – тепломасообмінні процеси для створення нормативного мікроклімату, приміщень житлового будинку котеджного типу .

**Предмет дослідження** – параметри мікроклімату низькотемпературної системи опалення,. – визначення раціональних технологічних режимів та робочих параметрів теплогенеруючого і теплоакумуючого устаткування та іншого обладнання системи теплопостачання будинку котеджного типу.

# У роботі:

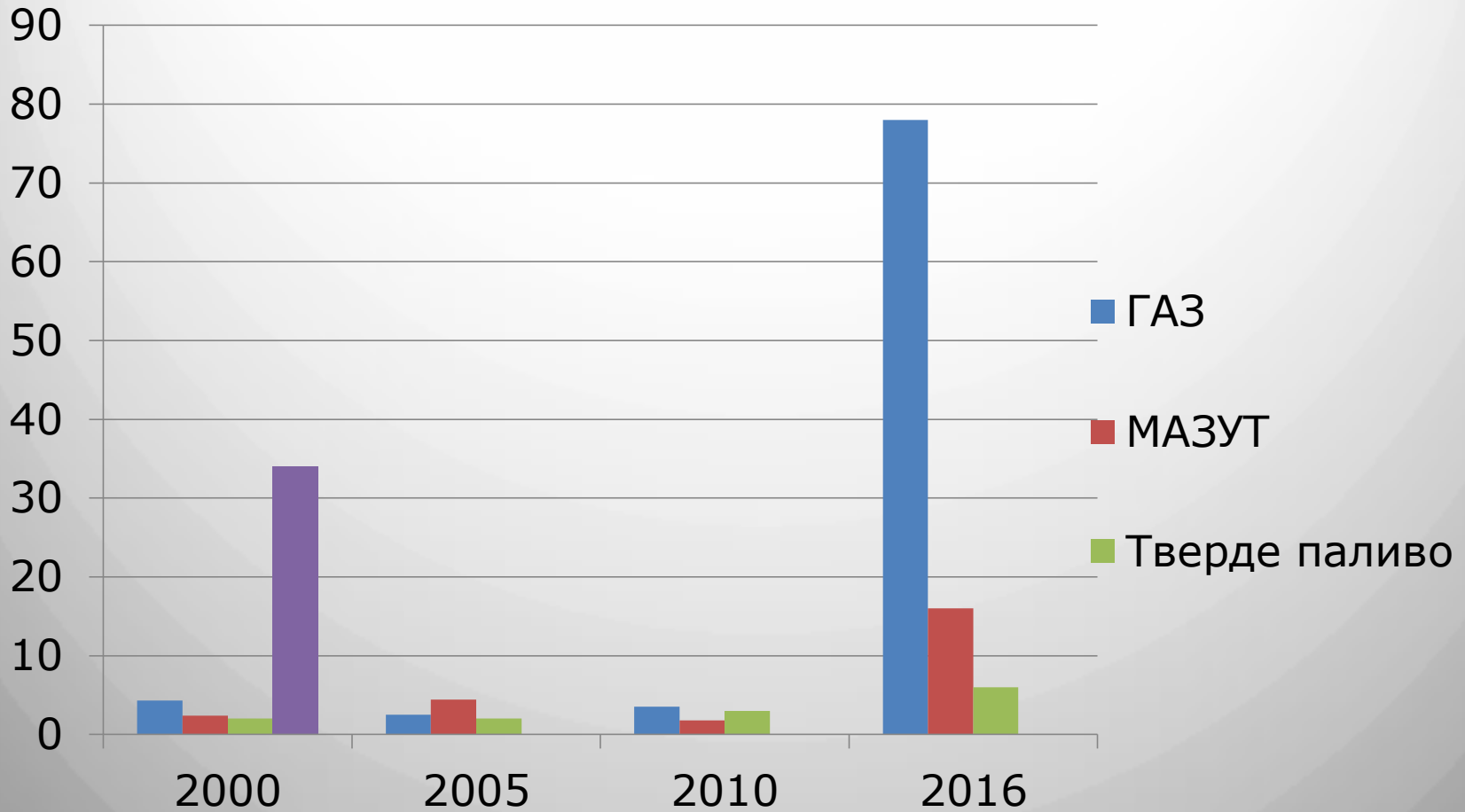
- розроблена математична модель теплових балансів у будинку, в основу якої покладено врахування надходжень та втрат теплової енергії, що виникають в при створені заданих умов тепловологісного режиму, завдяки якій забезпечується вибір раціонального співвідношення параметрів, що сприяють необхідному за функціональним призначенням мікроклімату в приміщенні та енергозбереженню;
- запропоновані аналітичні залежності взаємозв'язків між основними параметрами та характеристиками робочих систем опалення та гарячого водопостачання будівлі які надають можливості обґрунтування їх оптимальних співвідношень для підвищення ефективності систем теплопостачання.

## **Практичне значення одержаних результатів:**

розроблені принципи та конструктивні рішення систем теплопостачання житлового будинку та зимового саду, які забезпечують їх раціональне та ефективне функціонування, зокрема, в основу теплогенеруючого устаткування покладено застосування індуктивних систем нагріву, використання теплових насосів та сонячних колекторів, а також теплоакумулюючого устаткування;

запропонована науково обгрунтована методика розрахунку розглянутих систем теплопостачання різного призначення, яка може бути покладена в основу їх проектування;

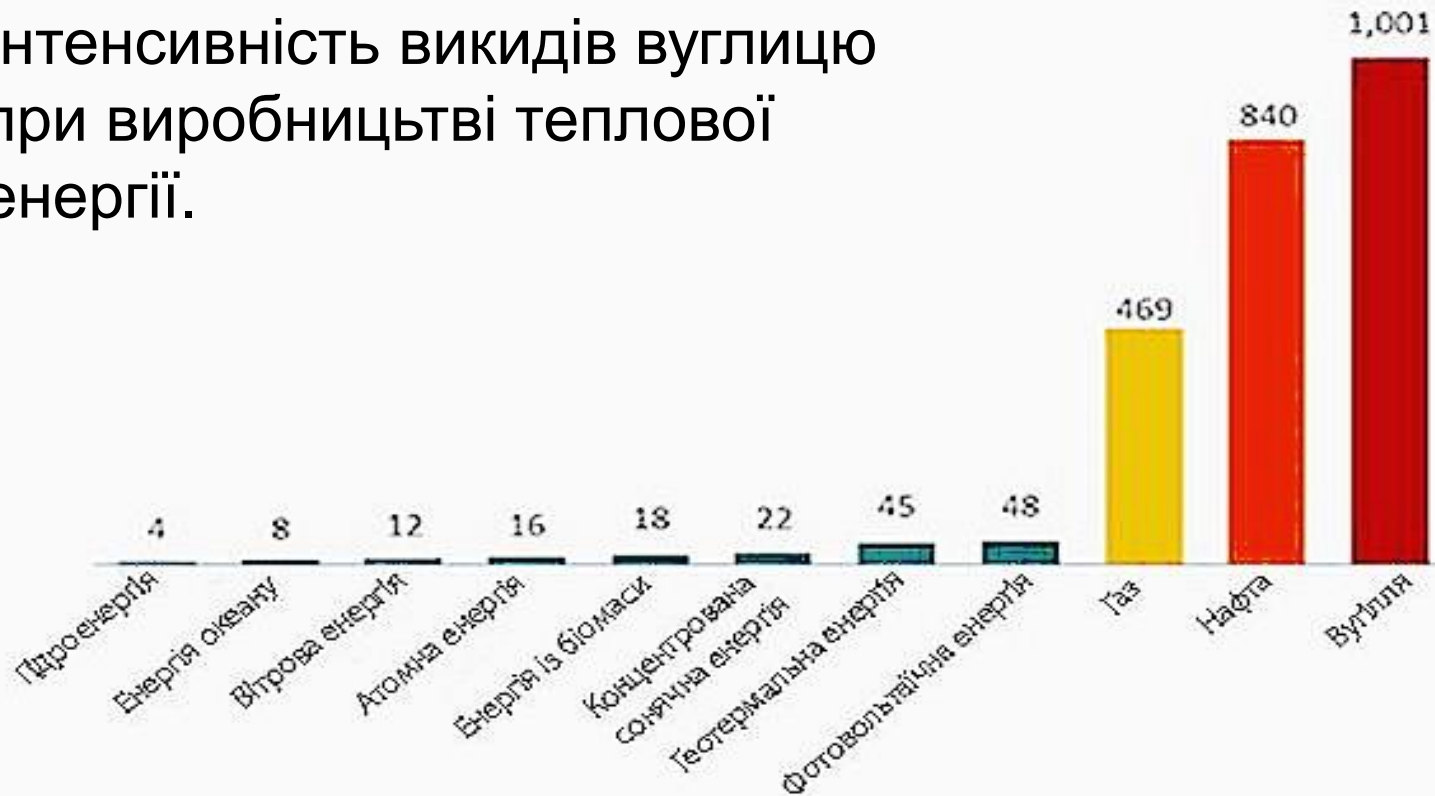
# Аналіз використання природних джерел для опалення



# Аналіз шкідливих викидів

## Екологічна складова

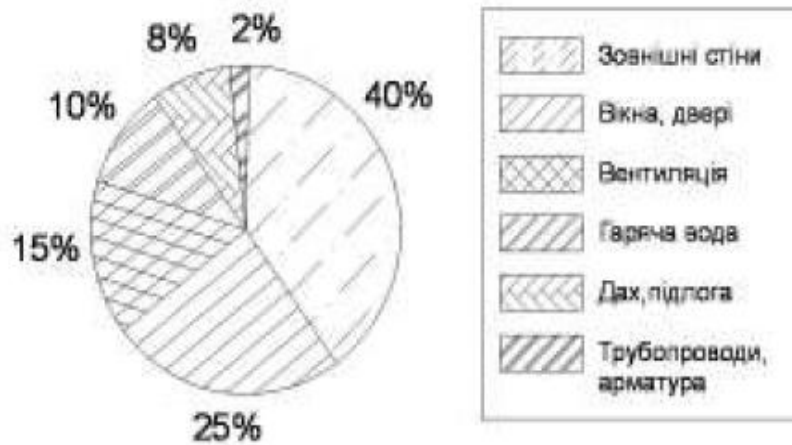
Інтенсивність викидів вуглицю при виробництві теплової енергії.



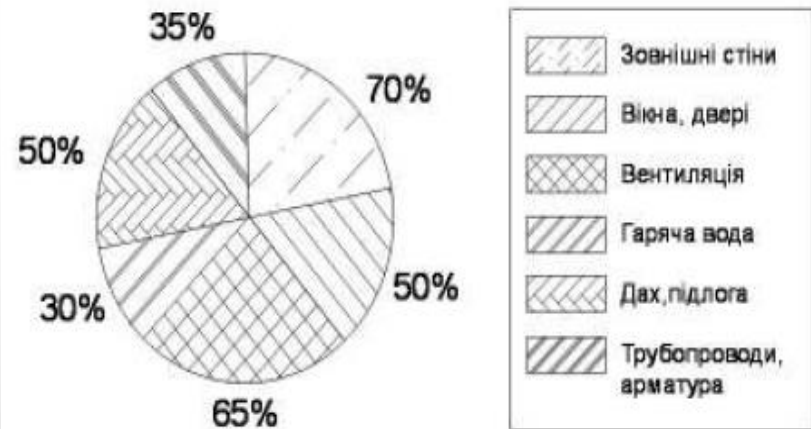


## Обґрунтування доцільності впровадження енергоефективних заходів в житлових будівлях

Діаграма втрат теплової енергії будинком










Діаграма потенційної економії енергії будинком



Збільшення собівартості енергоносіїв, що використовуються для обігріву будівель, призводить до економічної доцільності проектування і проведення термомодернізації захисних конструкцій із істотно більшими опорами теплопередачі.

# ПОРІВНЯЛЬНА ТАБЛИЦЯ ВАРТОСТІ ОПАЛЕННЯ

Топливо	Калорийність, ккал.	Цена за ед. топлива, в грн.	Цена за 1 Гкал в грн.
 Газ	8050	4700/ 1тыс.м <sup>3</sup>	648,72
 Електричество	860	0,337/ 1кВт	1174,66
 Диз. топливо	8240	9,5/ 1л	1253,17
 Пеллеты древесные	4100	1200/ 1т	343,52
 Пеллеты соломенные	3500	700/ 1т	308,12
 Пелета с шкарлупы подсолнечника	4200	1100/ 1т	235,29
 Щепки	3700	1000/ 1т	329,59
 Уголь (антрацит)	7100	1500/ 1т	248,55
 Дрова	3500	200/ 1т	110

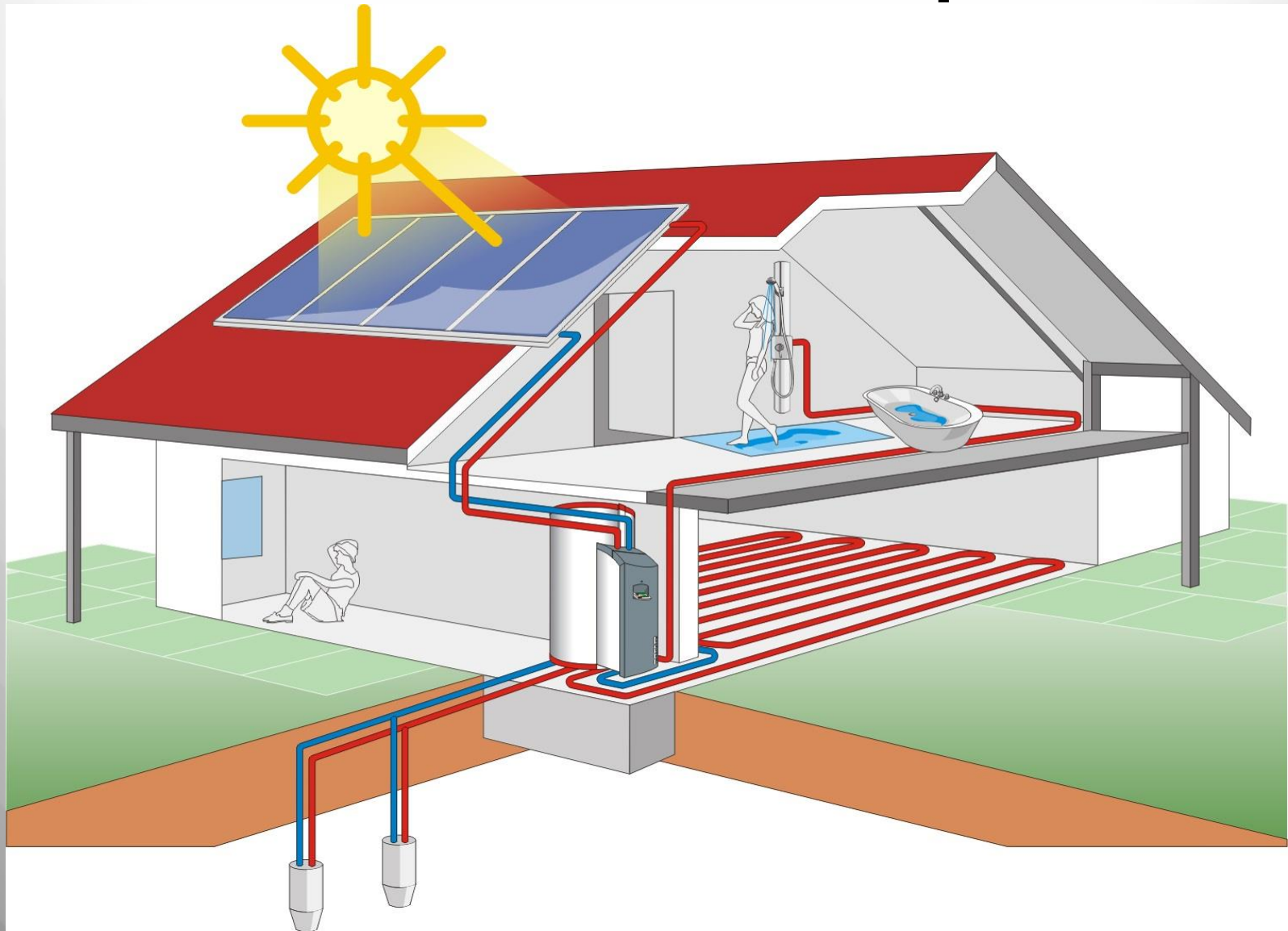
# Аналіз способів генерації тепла

№ п/п	Способи генерації тепла	Можливості задоволення потреб в:				Безпечність				Екологічність
		обігріванні	гарячому-водопостачанні	кондиціонуванні	приготуванні їжі	електро	пожехо	вибухо	отруєння газами	
1	Зовнішнє тертя тіл	0	0	-	-	+	-	0	-	-
2	Внутрішнє тертя в рідинах	+	+	0	-	+	+	+	+	+
3	Внутрішнє тертя в газах	+	+	+	0	+	+	+	+	+
4	Тепловий насос	+	+	+	-	+	+	0	+	+
5	П'яме електронагрівання	+	+		+	-	-	+	+	0
6	Електричний гістерезис	0	0	0	+	-	0	0	+	0
7	Струми високої частоти	+	+	0	-	+	+	+	+	+
8	Магнітний гістерезис	0	0	-	+	0	0	0	+	0
9	Сонячна радіація	0	+	+	-	+	+	+	+	+
10	Поглинання радіохвиль	0	0	-	+	0	0	0	+	-
11	Лазерне опромінення	+	+	-	+	+	0	0	+	+
12	Спалювання дров, торфу	0	0	-	+	+	-	0	-	-
13	Спалювання вугілля	0	0	-	+	+	-	0	-	-
14	Спалювання нафтопродуктів	+	+	-	+	+	-	-	0	-
15	Спалювання газу	+	+	-	+	+	0	-	0	-

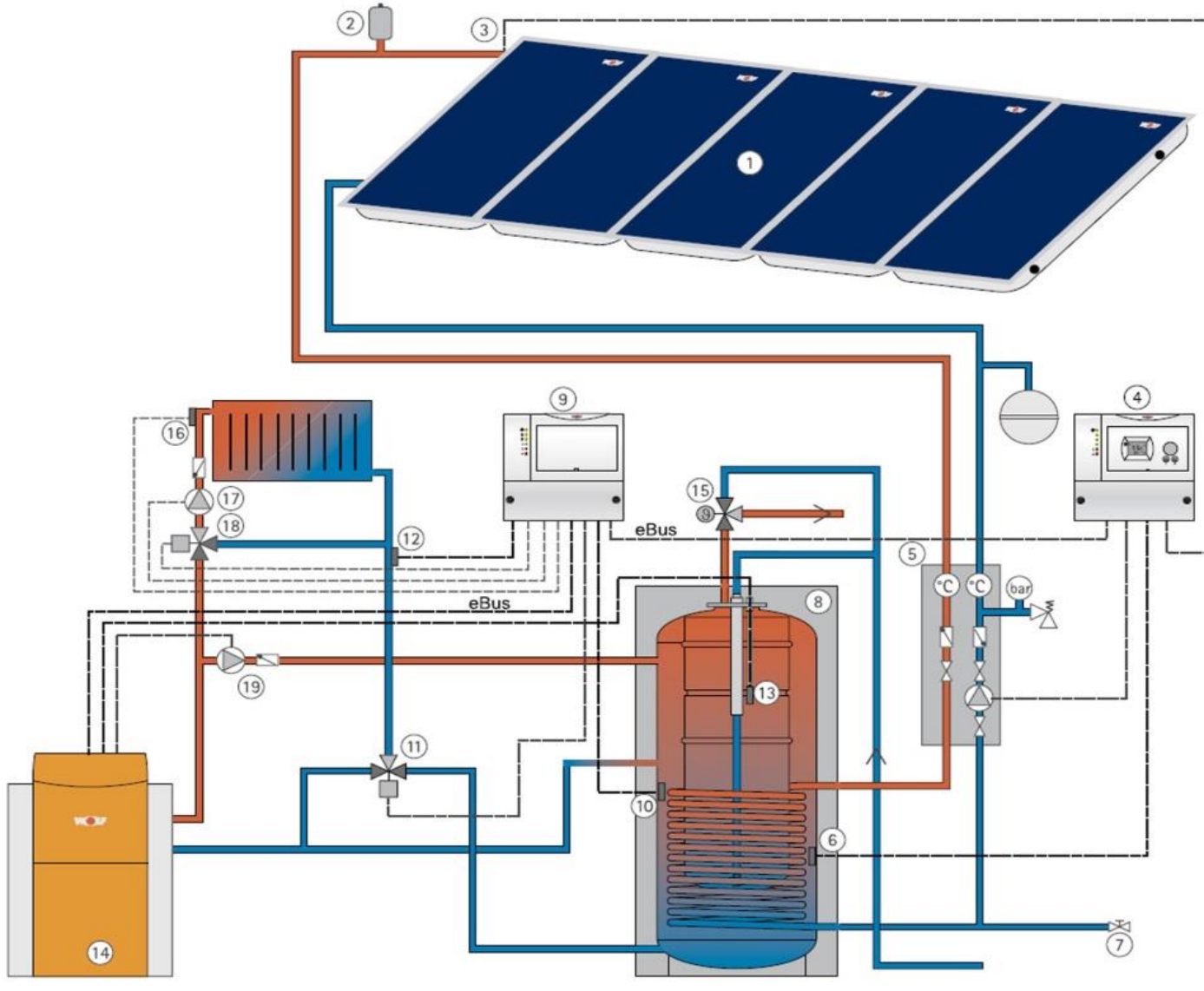
**Примітка:** Таблицю складено методом експертних оцінок, виходячи з чисельних експериментальних даних та теоретичних узагальнень. Оцінки виставлені за шкалою: висока (+), задовільна (0), низька (-)



# Схема конструктивного рішення системи опалення та гарячого



# Схема підключення теплового насосу та сонячних колекторів





# geoTHERM VWS 220/2

Теплові насоси великої потужності для опалення та гарячого водопостачання, що використовують низькопотенційне тепло ґрунту як джерело

Моделі потужністю 22, 30, 38 і 46 кВт

Теплові насоси типу "розсол - вода"

Каскадне підключення двох теплових насосів для великих об'єктів

Тиха робота завдяки

багатошаровій шумоізоляції

Вбудований погодозалежний регулятор опалення та гарячого

Водопостачання





# Вакуумний сонячний колектор auroTHERM exclusiv VTK



Трубчатий сонячний вакуумний колектор для роботи в класичних сонячних системах, що працюють під тиском. Висока ефективність поглинання сонячної енергії та вакуумна теплова ізоляція дозволяють акумулювати сонячну енергію навіть при низьких температурах. Надійність конструкції забезпечена використанням гідравлічних трубок з нержавіючої сталі, дзеркала з керамічним покриттям, та довговічного алюмінієво-нитридного теплообмінника.

# allSTOR plus VPS 300/3-5 - 2000/3-5



Буферний накопичувач для комбінації з тепловими насосами, підлоговими і навісними газовими котлами всіх типів, твердопаливними котлами, сонячними системами

Універсальність. Може використовуватися з будь-яким типом теплогенераторів  
Комбінація з тепловими насосами, підлоговими і навісними газовими котлами всіх типів, твердопаливними котлами, сонячними системами  
Можливість встановлення зовнішньої станції приготування гарячої води  
Можливість встановлення зовнішньої сонячної станції

# Котельня в будинку котеджного типу .



## Вплив імовірнісного характеру зміни погодно-кліматичних умов на параметри природної вентиляції будинку

Природний повітрообмін у будинку обумовлений дією двох параметрів – різницею температур внутрішнього та зовнішнього повітря та вітровим напором. При цьому, для визначення кратності повітрообміну пропонується використовувати принцип суперпозиції

$$ACH = \frac{V_{inf}}{V_h} = \frac{k_{inf} \cdot (\Delta p)^{n_{inf}}}{V_h},$$

Відповідно, витрата енергії на нагрівання інфільтраційного повітря буде визначатися за формулою

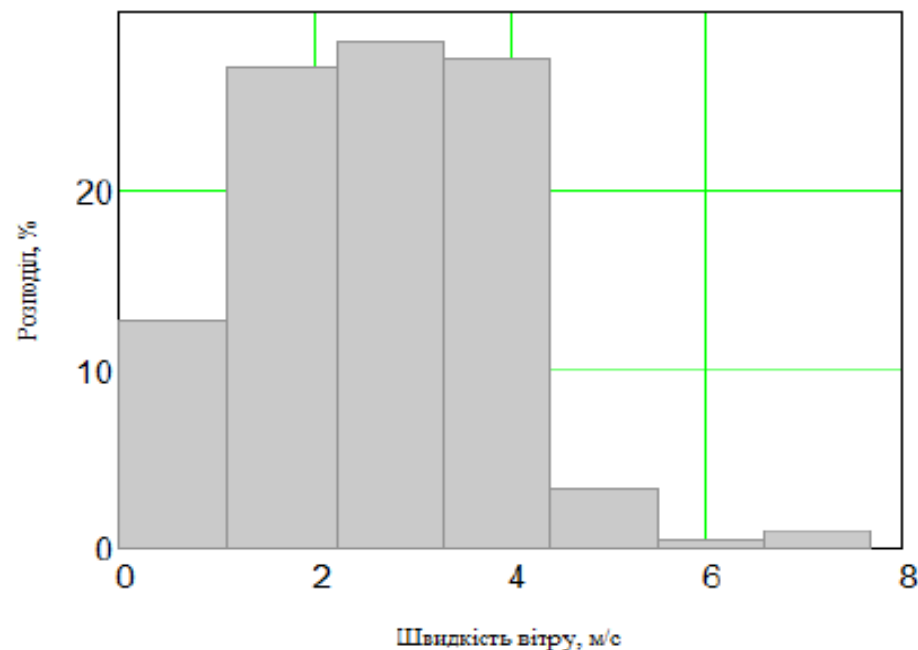
$$Q_{inf} = c \cdot k_{inf} \cdot \left( k_{stack} \Delta T + k_{wind} w^2 \right)^{n_{inf}} \cdot \rho_v \cdot \gamma_0 \cdot \eta \cdot \Delta T.$$

Отже, бачимо, що і кратність повітрообміну  $ACH$ , і витрата енергії  $Q_{inf}$  на нагрівання інфільтраційного повітря є нелінійними функціями відносно різниці температур та швидкості вітру, які є змінними в часі.

Гістограма розподілу різниці температур внутрішнього повітря в приміщенні та середньодобової температури зовнішнього повітря окремо взятого опалювального періоду для Одеського регіону

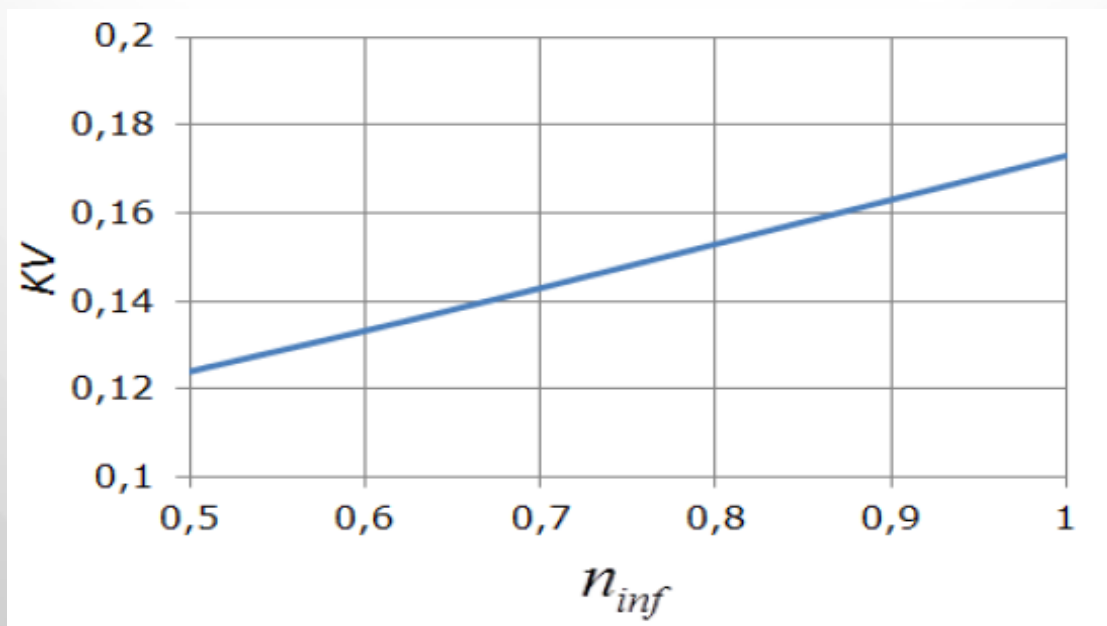


Гістограма розподілу середньодобової швидкості вітру окремо взятого опалювального періоду для Одеського регіону



Враховуючи перетворення та аналітичні залежності, отримано графік зміни коефіцієнта варіації витрати енергії  $KV$  на нагрівання інфільтраційного повітря за опалювальний період

Зміна коефіцієнта варіації витрати енергії  $KV$  на нагрівання інфільтраційного повітря за опалювальний період

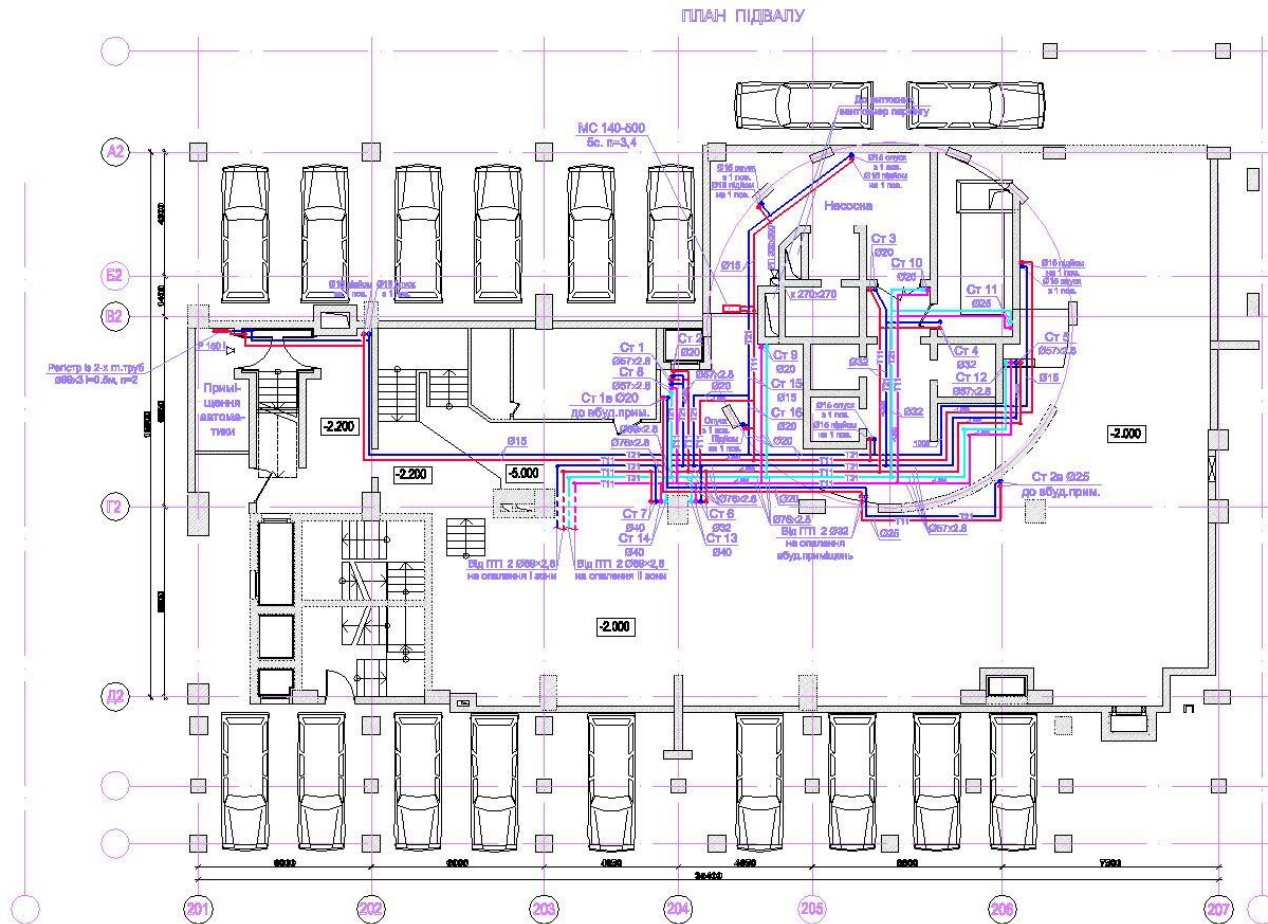


Отже, у випадку природної вентиляції, при визначенні витрат енергії на нагрів вентиляційного повітря за опалювальний період, використання середньостатистичних значень метеорологічних параметрів є недостатньо обґрунтованим і призводить до заниження частини енергоспоживання від 6 до 12%.

## Варіативний вибір типу системи опалення

	Переваги	Недоліки
Водяне опалення	<ul style="list-style-type: none"> <li>– невисока температура поверхні опалювальних приладів, яка виключає пригоряння на них пилу;</li> <li>– можливість центрального регулювання тепловіддачі опалювальних приладів зміною температури води залежно від температури зовнішнього повітря.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– збільшений гідростатичний тиск у нижній частині систем опалення висотних будинків;</li> <li>– можливе замерзання води в трубопроводах, прокладених у неопалюваних приміщеннях.</li> </ul>
Парове опалення	<ul style="list-style-type: none"> <li>– висока тепловіддача опалювальних приладів;</li> <li>– менша, ніж у систем водяного опалення, витрата труб і опалювальних приладів;</li> <li>– можливість переміщення пари на досить великі відстані без використання насосів.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– висока температура поверхонь труб і опалювальних приладів, що призводить до створення антисанітарних умов у приміщеннях;</li> <li>– неможливість центрального якісного регулювання тепловіддачі опалювальних приладів;</li> <li>– збільшення втрати теплоти трубопроводами, прокладеними в неопалюваних приміщеннях;</li> <li>– менший, ніж в системах водяного опалення, термін експлуатації через підвищену корозію металу.</li> </ul>
Повітряне опалення	<ul style="list-style-type: none"> <li>– можливість однією системою виконувати одночасно опалення і вентиляцію приміщень;</li> <li>– відсутність в опалюваних приміщеннях опалювальних приладів;</li> <li>– можливість швидкого нагрівання повітря в приміщенні відразу ж після включення системи;</li> <li>– можливість центрального якісного регулювання.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– великі поперечні розміри повітропроводів, а тому підвищені витрати матеріалів і погіршення інтер'єру приміщень;</li> <li>– великі втрати теплоти повітропроводами в неопалюваних приміщеннях.</li> </ul>

# План підвалу. Система опалення



Лист № 001  
Розробник: [blank]  
Дата: 15.05.18

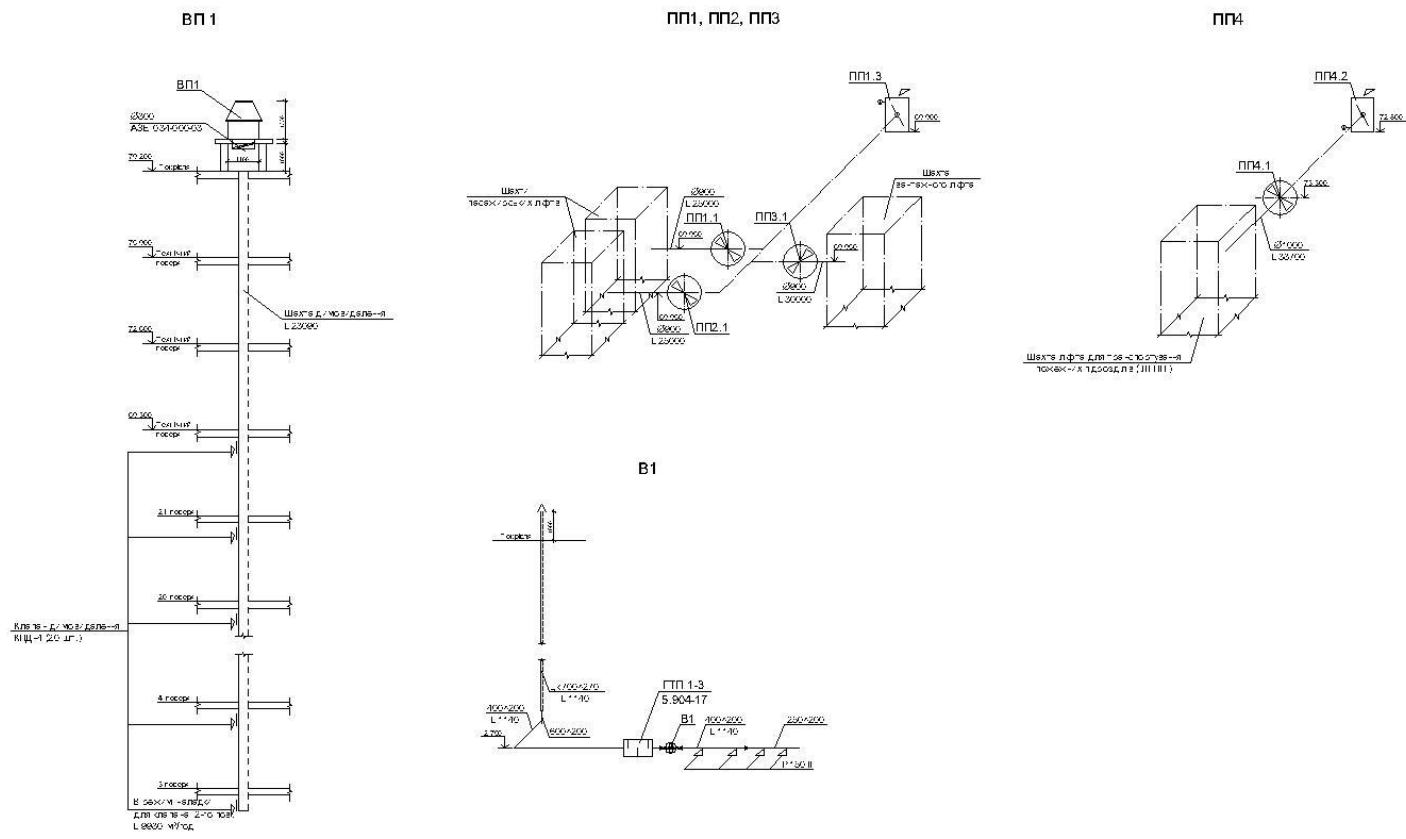
Система опалення та вентиляції 21-поверхової будівлі					
Вн.	Кіев.	Арх.	Надз.	Підпис	Дата
Система опалення					
План підвалу.					
План теплового пункту					
Розробка	Перевірка	Дозволені	Статус	Архив	Архив
Розробка	Перевірка	Дозволені			



# План типового поверху. Система опалення



# Аксонетрична схема системи вентиляції та протидимного захисту



№	ПІСЬМОВИЙ	№
1	1	1

					Система опалення та вентиляції 21-поверхового Будівлі		
Зм.	В.Лас	А.Ск	М.Ск	П.Д.Т.С	Д.С.Т.		
Схеми систем протидимного захисту					Схема	Асфм	Асфмш
Схеми систем ВП1, ПП1-ПП4, В1							



## Аналіз основного способу термомодернізації будівлі

Завданням енергоаудиту є:

- розроблення енергетичного паспорта будівлі;
- проектування розділу «Енергоефективність» в момент реконструкції або нового будівництва;
- визначення класу енергоефективності будівлі.

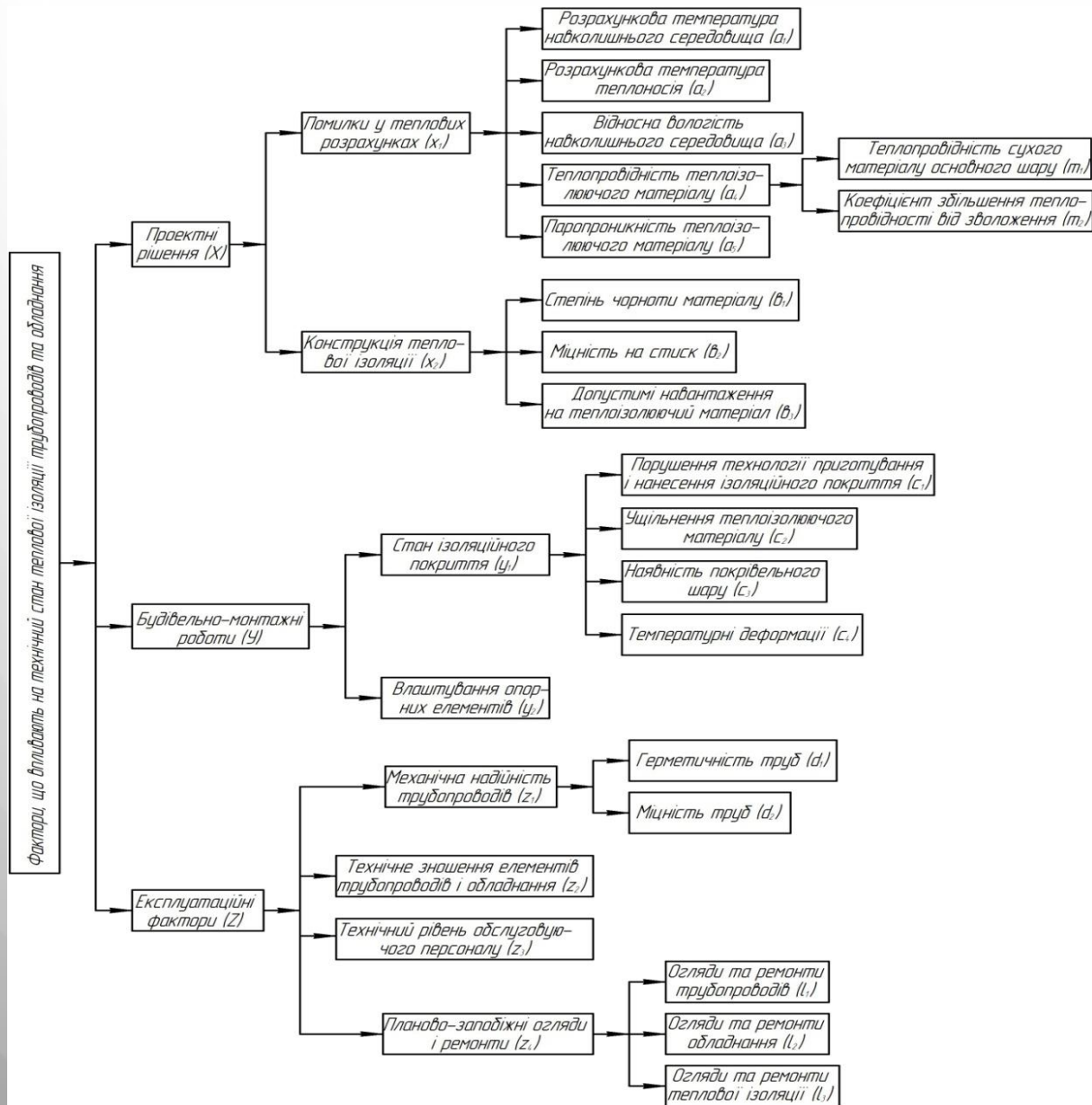
Термомодернізація будівель включає в себе виконання комплексу обов'язкових заходів:

- утеплення огороджувальних конструкцій;
- установку енергоефективних вікон і дверей;
- модернізація систем опалення, вентиляції та кондиціонування будівлі;
- організація якісного моніторингу споживання тепла.

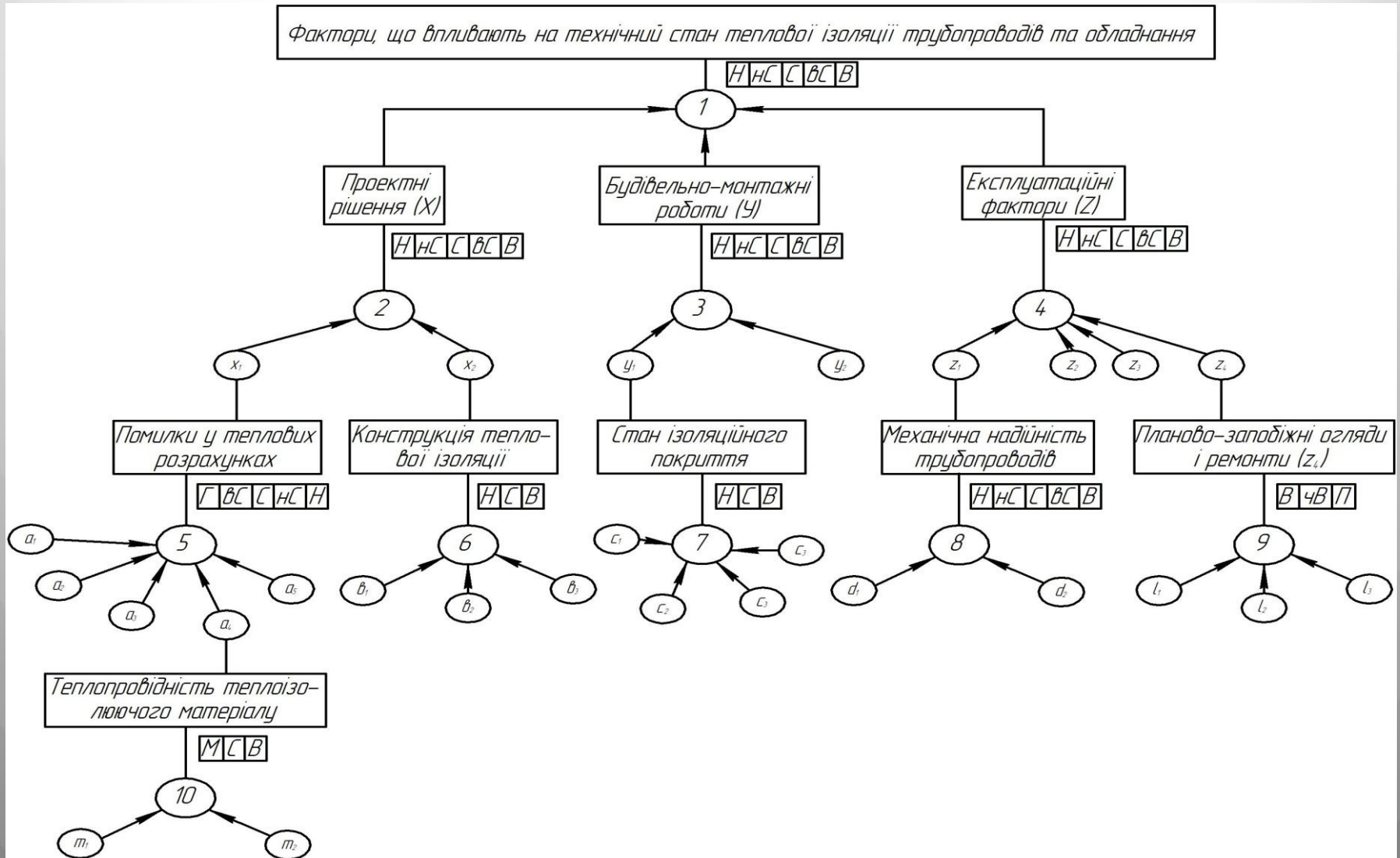
Одним із ключових етапів термомодернізації є модернізація систем опалення, будівлі.



## системи теплопостачання



# Дерево логічного висновку ієрархічних зв'язків факторів, що впливають на оцінку технічного стану системи теплопостачання





## Висновки:

У розділі науково-технічного обґрунтування проведено аналітичне оцінення використання природних ресурсів для впровадження енергозберігаючих систем опалення,

Обґрунтовано доцільність впровадження енергоефективних заходів в будівлях котеджного типу. Виконано обґрунтування способу автоматичного регулювання теплового потоку в системах опалення, в результаті чого запропоновано спосіб, який забезпечує вимірювання теплового потоку, а відтак і витрати використаної теплової енергії, в опалювальних приладах а також регулювання величини теплового потоку на кожному опалювальному приладі, в залежності від зміни температури зовнішнього повітря та потреб споживача.

Визначено основні чинники, що викликають необхідність індивідуального автоматичного регулювання витрати теплоти опалювальними приладами.

Внаслідок виконання варіативного вибору типу системи опалення (водяного, парового та повітряних систем) підтверджено, що для житлового будинку котеджного типу доцільно застосовувати низькотемпературну водяну систему опалення. Та комбіновану систему гарячого водопостачання.

В технічній частині виконано розрахунок тепловтрат приміщень, які складають 20.5 кВт, в результаті підбрано панельні радіатори фірми КОРАДО, виконано гідравлічний розрахунок, в якому визначено довжини та діаметри труб, виконано підбір балансувальних клапанів «ГЕРЦ». Підбрано баки-акумулятори для системи опалення та гарячого водопостачання – бак об'ємом по 0.6 м<sup>3</sup>

В розділі організаційно-технологічної частини складено відомості потреби у витратних матеріалах та виробках, а також пораховано загальну масу матеріалів та виробів, яка становить:

- основні матеріали – 23050,7 кг;
- допоміжні матеріали – 149,3 кг.

Підбрано необхідні машини та механізми, залежно від виду робіт, що виконуються. Розраховано окремо для кожної з робіт трудомісткість, тривалість та склад бригад монтажників. Підраховано витрати електроенергії на монтаж системи, які складають:

- перфоратором Makita HR3200C – 23,46 кВт·год;
- агрегатом для зварювання Odwerk BSG 73 – 205,8 кВт·год;
- опресувальним насосом RP-30 – 77,22 кВт·год.

Таким чином, загальні витрати електроенергії становлять 306,48 кВт·год.

В розділі організаційно-технологічного забезпечення реалізації проектних рішень проаналізовано способи термомодернізації будівель, одним з яких визначено енергоаудит будівлі, основною складовою якого є енергетичний паспорт будівлі.

В розділі експлуатації та налагодження систем наведено правила і рекомендації з експлуатації системи опалення, вентиляції та гарячого водопостачання. Також проведено оцінку надійності проектованої системи опалення житлового будинку. Класифіковано фактори, що впливають на технічний стан системи; наведено фактори впливу у вигляді лінгвістичних змінних, із зазначенням універсальних множин та термів для їх оцінки; а також, на основі вище наведених даних, побудовано дерево логічного висновку ієрархічних зв'язків, що впливають на оцінку технічного стану системи теплопостачання.

В розділі охорона праці пророблено системи протидимного захисту та системи оповіщення про пожежу та управління евакуювання людьми.

В економічній частині складено локальний кошторис на проведення монтажу систем опалення, згідно розрахункових техніко-економічних показників. Загальна кошторисна вартість проведення робіт, враховуючи вартість матеріалів, становить 526,5 тис.грн., а термін окупності проекту складає 8,5 років.

Дякую за увагу!