

НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ  
І ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ  
ІННІ ЕНЕРГЕТИКИ, АВТОМАТИКИ І ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ

ДОПУСКАЄТЬСЯ ДО ЗАХИСТУ  
Завідувач кафедри  
інженерії енергосистем  
(назва кафедри)

Є.О.Антипов

\_\_\_\_\_ (підпис)

„\_\_\_\_\_” \_\_\_\_\_ 2025р.

## БАКАЛАВРСЬКА КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на тему: Розробка системи опалення житлової будівлі із використанням  
твердопаливних котлів

Спеціальність 144 «Теплоенергетика»

02.03 – КР. 2024 «С» 2024.11.12 002 ПЗ

Гарант освітньої програми

канд. техн. наук, доцент  
(науковий ступінь та вчене звання)

\_\_\_\_\_ (Підпис)

О.В.Шеліманова

\_\_\_\_\_ (ПІБ)

Керівник

канд. техн. наук, доцент  
(науковий ступінь та вчене звання)

\_\_\_\_\_ (Підпис)

С.Є.Тарасенко

\_\_\_\_\_ (ПІБ)

Виконав

\_\_\_\_\_ (Підпис)

І.А.Гриценко

\_\_\_\_\_ (ПІБ студента)

КИЇВ – 2025

НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
БІОРЕСУРСІВ І  
ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ  
ННІ ЕНЕРГЕТИКИ, АВТОМАТИКИ І ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ

**ЗАТВЕРДЖУЮ**

**Завідувач кафедри**  
**інженерії енергосистем**  
(назва кафедри)

Є.О.Антипов

(підпис)

„\_\_\_\_\_” \_\_\_\_\_ 2024 р.

**ЗАВДАННЯ**

на виконання бакалаврської кваліфікаційної роботи студенту  
Гриценку Ігорю Антоновичу

Спеціальність (напрямок підготовки): 144 "Теплоенергетика"

Тема бакалаврської кваліфікаційної роботи:

Розробка системи опалення житлової будівлі із використанням  
твердопаливних котлів

затверджена наказом ректора НУБіП України від "12" 11. 2024 р. №2024«С»

Термін подання завершеної роботи на кафедру "01" 06 2025 р.

Вихідні дані до бакалаврської кваліфікаційної роботи: \_\_\_\_\_

Перелік питань, які потрібно вирішити: \_\_\_\_\_

1. Загальна характеристика об'єкта проектування
2. Особливості застосування котлів на біомасі в системах тепlopостачання
3. Визначення потужності системи опалення житлової будівлі
4. Розрахунок та вибір обладнання твердопаливної котельні
5. Технічне забезпечення функціонування біокотелень

Перелік додаткових матеріалів: презентація,

Дата видачі завдання: "01" 11 2024 р

Керівник

канд. техн. наук, доцент

(науковий ступінь та вчене звання)

(Підпис)

С.Є.Тарасенко

(ПІБ)

Завдання прийняв до виконання \_\_\_\_\_

(Підпис)

І.А.Гриценко

(ПІБ студента)

# ЗМІСТ

Стор.

Перелік умовних позначень, символів, одиниць, термінів.....	
Вступ .....	
1 Загальна характеристика об'єкту проектування .....	
1.1 Характеристики огорожувальних конструкцій	
1.2 Елементи опалювальних установок	
2 Особливості застосування котлів на біомасі в системах теплопостачання.....	
2.1 Основні критерії вибору тепло генеруючого обладнання	
2.2 Твердопаливні котли до 10 кВт: особливості та переваги	
3 Визначення потужності системи опалення житлової будівлі	
3.1 Розрахунок теплових втрат існуючої будівлі	
3.2 Обґрунтування вибору типу утеплювача	
3.3 Визначення оптимальної товщини ізоляції зовнішніх стін	
4 Розрахунок та вибір обладнання твердопаливної котельні .....	
4.1 Основні критерії вибору теплогенеруючого обладнання	
4.2 Котел типу «газ-дрова»: особливості та переваги	
5 Технічне забезпечення функціонування біокотелень	
5.1 Основи технічних рішень із будівництва та реконструкції котелень на біомасі.....	
5.2 Експлуатація котла «газ-дрова» .....	
Висновки .....	
Список використаної літератури .....	

## ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СИМВОЛІВ, ОДИНИЦЬ, ТЕРМІНІВ

$\zeta$  коефіцієнт тепловіддачі, Вт/(м<sup>2</sup>⊕°С);

$\kappa$  — коефіцієнт теплопередачі, Вт/(м⊕°С);

$q$  тепловий потік, Вт/м<sup>2</sup>;

$c$  питома теплоємність, Дж/(кг⊕°С);

$\lambda$  коефіцієнт теплопровідності, Вт/(м⊕°С);

$\rho$  — густина, кг/м<sup>3</sup>;

$\delta$  товщина шару, м;

$F$  площа, м<sup>2</sup>;

$H$  площа поверхні нагріву котла, м<sup>2</sup>

$Q_{on}$  потужність системи опалення в теплий (неопалювальний) період року;

$Q_{m.втр}$  — втрати тепла в приміщенні через огороджувальні поверхні: стіни, стелю та підлогу;

$F$  — площа розглянутої огороджувальної поверхні;

$R$  — тепловий опір розглянутої огороджувальної поверхні;

$n$  — коефіцієнт, за яким враховується теплоізоляція розглянутої огороджувальної поверхні;

$\beta$  — коефіцієнт додаткових тепловтрат, який залежить від орієнтації сараю відносно напрямку вітру;

$R\lambda$  — тепловий опір теплопровідності через розглянуту огороджувальну конструкцію;

## ІНДЕКСИ

с.о. система опалення; річ — річна величина; ном номінальна (розрахункова) величина; max максимальна величина; орт оптимальна величина; min мінімальна величина;

## ВСТУП

В Україні проблема опалення будівель є надзвичайно актуальною у зв'язку зі зміною політичної ситуації у світі та внутрішньою потребою в енергетичній незалежності. Більшість житлових будівель опалюється природним газом. Водночас, волатильність цін та проблеми з постачанням змушують шукати альтернативні рішення для обігріву житла. Цікавою альтернативою є використання твердопаливних повітряних нагрівачів, які підходять для різних видів пального. Системи, здатні працювати як на твердому паливі (зокрема, дровах), так і на природному газі, викликають особливий інтерес і називаються газовими котлами.

Споживання твердого пального, такого як дрова, також дозволяє певну незалежність від центрального газопостачання і може бути дешевшим, якщо є місцеве джерело. Природний газ вважається зручним у використанні і чистішим у деяких випадках. Газові котли використовують природний газ або пропан для обігріву системи.

Об'єктом даної бакалаврської кваліфікаційної роботи є система теплопостачання часної житлової будівлі (м.Київ Київської обл.).

Предмет дослідження – вивчення переваг та недоліків роботи котла "газ-дрова" в умовах клімату, типовому для Києва

Мета роботи – розробити проєкт системи опалення житлової будівлі із використанням твердопаливних котлів

Для досягнення цієї мети необхідно:

- Розглянути особливості застосування котлів на біомасі в системах теплопостачання
- Визначити теплову потужність системи опалення будівлі до та після утеплення зовнішніх огорожень.
- Розробити проєкт модернізації індивідуальної котельні на основі сучасних твердопаливних котлів.
- Розглянути основні положення експлуатації котельних на біомасі

## РОЗДІЛ 1. ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА ОБ'ЄКТУ ПРОЄКТУВАННЯ

### 1.1. Характеристики огорожувальних конструкцій

Житлова будівля знаходиться в м. Київ по вул. Садова-23.

План розміщення приміщень в будівлі показано на рис.1.1.

Розміри будівлі в плані 11,5 x 10 м, будівельний об'єм приміщення 316,25 м<sup>3</sup>. Стіни виконані у вигляді цегляної кладки, товщина стіни 54 мм, загальна площа зовнішніх стін 118.25 м<sup>2</sup>.

Вікна – IDEAL 4000 NEW 85 подвійний склопакет 48 міліметрів з товщиною профілю 85 міліметрів з 6 камерами, загальна площа вікон 7 м<sup>2</sup>.



Утеплення стін – Базальтова вата BauGut Universell 30 100 мм 2,88 кв.м

Щільність: 30 кг/куб.м

Теплопровідність: 0,039 Вт/(кв.м\*К)

Додаткові характеристики: Максимальна температура експлуатації 250°C



Вхідні двері - NORMANN Thermo 65. Завдяки коефіцієнту теплопередачі до 0,87 Вт/м<sup>2</sup>·К, ці двері ідеально підходять для енергоефективного будівництва. Конструкція з терморозривом та сталевим полотном товщиною 65 мм забезпечує надійний захист від втрати тепла. Двері NORMANN Thermo65 також комплектуються багатоточковим замиканням для підвищеної безпеки.

Технічні характеристики

Товщина полотна: 65 мм

Матеріал: сталь з пінополіуретановим наповнювачем

Утеплення: поліуретанова піна

Терморозрив: присутній

Коефіцієнт теплопередачі: до 0,87 Вт/м<sup>2</sup>·К

Звукоізоляція: до 39 дБ

Тип замикання: 5-точкове

Петлі: регульовані, приховані

Напрямок відкривання: ліве / праве (на вибір)

Можливість виготовлення за індивідуальними розмірами



Утеплення перекриттів підлоги та горища - Поліуретановий ущільнювач щільністю 28-35 кг/м<sup>3</sup>

Поліуретанові ущільнювачі широко застосовуються в різних галузях завдяки своїм властивостям:

- Висока еластичність та гнучкість: Дозволяють матеріалу добре адаптуватися до нерівностей поверхонь і компенсувати рухи.
- Стійкість до стирання та зносу: Забезпечує тривалий термін служби в умовах механічного впливу.
- Широкий діапазон робочих температур: Зберігають свої властивості як при низьких, так і при високих температурах.
- Стійкість до впливу багатьох хімічних речовин: Олії, жири, розчинники (хоча стійкість може варіюватися залежно від конкретного типу поліуретану).
- Хороші діелектричні властивості: Не проводять електричний струм. Коефіцієнт теплопровідності ( $\lambda$ ): Один з найкращих серед поширених утеплювачів. Зазвичай знаходиться в межах 0,020 - 0,028 Вт/(м·К). Чим нижче значення, тим кращі теплоізоляційні властивості.

- **Водопоглинання:** Низьке, за рахунок переважно закритої комірчастої структури. Зазвичай становить 1-2% за об'ємом. Це робить матеріал добрим гідро- та пароізолятором.
- **Міцність на стиск:** Достатня для багатьох застосувань, де матеріал виступає як ущільнювач або легкий конструкційний елемент. Конкретне значення залежить від точної щільності та виробника, але зазвичай знаходиться в діапазоні 150-300 кПа.
- **Адгезія (зчеплення):** Висока до більшості будівельних матеріалів (бетон, цегла, дерево, метал тощо).
- **Експлуатаційний термін:** Довговічний матеріал, термін служби може сягати 25-50 років і більше, залежно від умов експлуатації та якості монтажу.
- **Температурний діапазон експлуатації:** Зберігає свої властивості в широкому діапазоні температур, типово від  $-50^{\circ}\text{C}$  до  $+80^{\circ}\text{C}$  (деякі склади можуть витримувати і вищі температури короткочасно).
- **Група горючості:** Зазвичай відноситься до груп Г2 або Г3 (помірногорючі або нормальногорючі), залежно від наявності антипіренів у складі. Важливо уточнювати цей параметр у виробника, особливо для вимогливих до пожежної безпеки об'єктів.
- **Паропроникність:** Дуже низька за рахунок закритої структури комірок. Це дозволяє використовувати його як паробар'єр.
- **Стійкість до біологічного впливу:** Не схильний до гниття, впливу плісняви, грибків, комах та гризунів.
- **Екологічність:** Після полімеризації вважається безпечним для здоров'я людини та навколишнього середовища.

Застосування як ущільнювача:

ППУ щільністю 28-35 кг/м<sup>3</sup> ефективно використовується для:

- Ущільнення щілин та стиків у будівельних конструкціях (стіни, покрівлі, фундаменти).
- Герметизації віконних та дверних прорізів.
- Ізоляції трубопроводів та інженерних комунікацій.
- Створення тепло- та гідроізоляційного шару з одночасним ефектом ущільнення на великих площах шляхом напилення.

## 1.2. Елементи опалювальних установок

Система опалення – водяна, двотрубна: джерелом теплопостачання є газовий котел (рис.1.1)

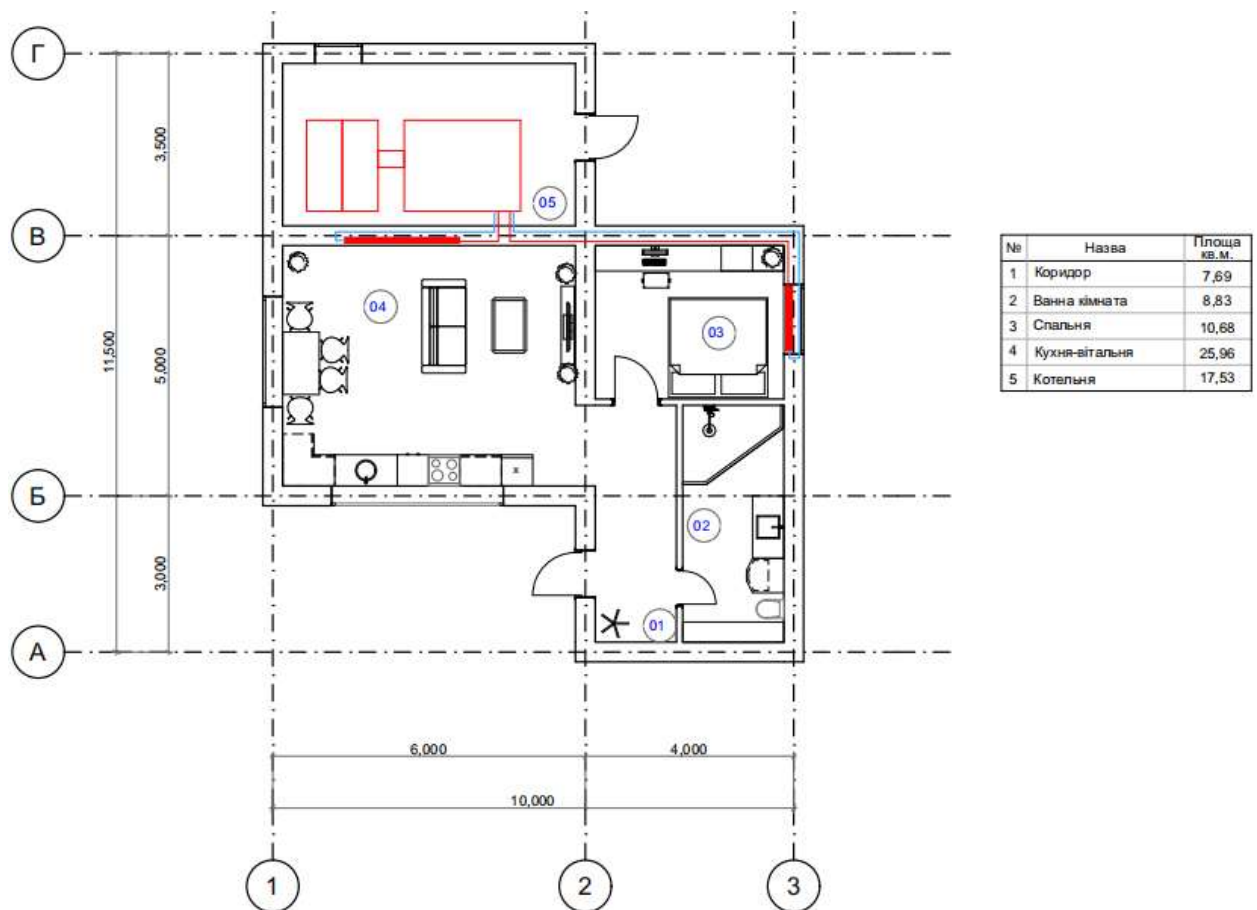


Рис.1.1. План приміщень будівлі

В Україні такі системи зазвичай використовуються через їх здатність нагрівати гарячу воду та обігрівати будівлі. Вони розроблені для використання води як теплоносія, рідини, яка має найвищу питому теплоємність, тому вона використовується для передачі тепла від котла до місця його використання.

Існує декілька основних типів цих систем, кожна з яких циркулює тепло дещо унікальним чином і використовує різний набір пристроїв для виробництва гарячої води. В одноконтурних системах кожен радіатор заповнюється гарячою водою, яка потім повертається в котел через ту саму трубу. Ця система простіша і дешевша в установці, але має недолік — температура води знижується від першого до останнього радіатора в контурі і існує ризик нерівномірного нагріву приміщення.

Двоконтурні системи мають другу трубу, підключену до кожного радіатора, щоб повернути охолоджену воду в котел. Підключення радіаторів паралельно забезпечує хороше розподілення тепла і дозволяє індивідуально контролювати кожну кімнату. Хоча двоконтурну систему важко встановити, вона є найефективнішою системою опалення.

Колекторні системи, або, як їх частіше називають, системи обігріву, є більш сучасним дизайном, де кожен елемент обігріву безпосередньо підключений до центральної станції в одній точці з однією подачею і зворотною лінією (трубою) для кожного елемента. Це забезпечує найбільшу точність у контролюванні кожного нагрівального елемента, дозволяє зонування і зазвичай використовується в поєднанні з системами підлогового або настінного обігріву. Проте вони зазвичай є найдорожчими і важкими в установці через велику кількість труб.

Компоненти гідравлічної системи опалення

Основними частинами гідравлічної системи опалення є котел (газовий, дров'яний або нафтовий пальник, що нагріває воду), система трубопроводів (труби, клапани та радіатори, які розподіляють нагріту воду) та вентилятор або насос, що використовується для циркуляції нагрітої води по всьому будинку. Радіатори виступають теплообмінниками, передаючи тепло від гарячої води в трубах в повітря в приміщенні. Існують радіатори, виготовлені з алюмінію, біметалу, сталі, чавуну з різною теплопровідністю, теплоємністю та стійкістю до тиску.

Трубопроводи використовуються для циркуляції теплоносія від джерела тепла до системи розподілу тепла (радіатори та ребра) і назад, а також для підключення нагрівальних і охолоджувальних пристроїв до котла гарячої води, використовуючи різні матеріали, такі як сталь, мідь, скловолокно (GRP), метал або нержавіючу сталь, відповідно до вимог конкретної системи опалення.

Циркуляційний насос забезпечує циркуляцію води в системі і є особливо корисним для великих будинків і складніших систем опалення. Розширювальний бак компенсує зміни в об'ємі води під час циклів нагрівання та охолодження, зберігаючи рівномірний тиск у системі. Ізоляційні та керуючі клапани передбачені для контролю потоків води, ізоляції секцій системи й підтримання безпеки під час експлуатації.

. Енергоефективні заходи щодо систем опалення будівель.

При реконструкції, термомодернізації, капітальному ремонті та технічному переоснащенні існуючих систем опалення та внутрішнього теплопостачання, з метою забезпечення нормованих санітарно-епідеміологічних параметрів мікроклімату приміщень, виконання вимог безпеки та охорони навколишнього середовища, раціонального використання енергетичних ресурсів під час експлуатації слід виконувати відповідно до

вимог ДБН В.2.5-67:2013 Опалення вентиляція та кондиціонування. Необхідним є теплова ізоляція трубопроводів систем опалення, внутрішнього теплопостачання, охолодження, внутрішнього холодоохолодження, холодного та гарячого водопостачання (окрім внутрішнього) відповідно до ДБН В.2.5-67:2013 Опалення\_вентиляція\_та\_кондиціонування Додатку Б.

Система індивідуального (поквартирного) опалення (теплопостачання) - система, яка розташована в окремому приміщенні в межах квартири (садиби, котеджу) та призначена для обслуговування цієї квартири (садиби, котеджу).

Індивідуальне опалення має перевагу над централізованим або автономним у тому що воно може регулюватися самими власниками житла залежно від їх потреб і бажань.

Індивідуальне опалення актуально як для власників приватних будинків і котеджів, так і для власників квартир, де є централізовані тепломережі, але які не завжди справляються зі своїм призначенням.

На вибір системи впливає опалювальна площа і потужність виду палива. Саме ці фактори є найважливішими при інженерних розрахунках системи індивідуального опалення.

## РОЗДІЛ 2. ОСОБЛИВОСТІ ЗАСТОСУВАННЯ КОТЛІВ НА БІОМАСІ В СИСТЕМАХ ТЕПЛОПОСТАЧАННЯ

### 2.1. Основні критерії вибору тепло генеруючого обладнання

Збереження тепла за допомогою спалювання твердого палива є найдавнішим методом обігріву, відомим людству. Сучасні котли, що працюють на твердому паливі, кардинально відрізняються від своїх попередників, навіть тих, що використовувалися 10-15 років тому, і являють собою високотехнологічні пристрої для ефективного перетворення палива на тепло. Завдяки простоті конструкції, твердопаливні котли представлені у великому розмаїтті та можуть застосовуватися в різних сферах, що сприяє їх широкому виробництву, включно з найпростішими моделями.

Для досягнення максимальної ефективності опалювальної системи ключове значення має правильний вибір та монтаж обладнання. Вибір палива диктується економічними можливостями споживача, географічними особливостями регіону (наприклад, доступність лісових ресурсів, вугільних родовищ або відходів деревообробки та сільського господарства) та типом котла (наприклад, пелетний або з ручним завантаженням).

Різні види твердого палива, детально описані в розділі 1.2 цієї роботи, мають свої переваги та недоліки. Наприклад, теплотворна здатність традиційного палива – дров – значно залежить від їхньої вологості. Дрова вважаються сухими при вологості 20%. Підвищення вологості до 30% зменшує їхню калорійність на 10-15%, а при 50% вологості – на 35-40%. Для опалення важливо, щоб тепло виділялося повільно, але протягом тривалого часу, що найкраще забезпечують дрова з листяних порід дерев, таких як дуб, ясен, береза, осика та вільха.

Використання пелет має низку переваг:

- **Екологічна безпека:** Це чисте паливо, безпечне для довкілля та здоров'я людини, що забезпечує в 10-15 разів менші викиди вуглекислого газу та в 15-20 разів менше утворення золи порівняно з вугіллям.
- **Необмеженість сировини:** Для виробництва можна використовувати деревину низької якості.
- **Зручність логістики:** Легко транспортувати та зберігати.
- **Висока теплотворна здатність:** У 1,5 рази вища, ніж у дров.
- **Ефективність котлів:** Котли на пелетах характеризуються довшим терміном служби, більшою економічністю та меншими потребами в обслуговуванні.

Перед придбанням котла важливо врахувати, як часто ви зможете дозавантажувати паливо. Необхідно продумати, чи є у вас можливість регулярно підкидати паливо в топку. Також слід пам'ятати, що різні види палива згоряють з різною швидкістю, а на тривалість горіння впливають розмір фракції та щільність укладання палива.

Якщо ви не маєте змоги постійно контролювати котел, варто обрати модель з великою камерою згоряння або котел з автоматичною подачею палива. Більший об'єм камери дозволяє рідше здійснювати дозавантаження. Котли з автоматичною подачею оснащені місткими бункерами для палива і при повному завантаженні можуть працювати автономно до одного тижня.

Орієнтовна частота дозавантаження палива для різних типів котлів:

- **Дров'яний котел:** При використанні дров одне завантаження горить 4-6 годин, вугілля – 8-12 годин.
- **Котел тривалого горіння:** На дровах працює 8-24 години, на вугіллі – від 1 до 5 діб на одному завантаженні.
- **Котел шахтного типу:** На дровах працює 8-14 годин, на вугіллі – близько 24 годин.

- **Піролізний котел:** Одне завантаження горить 8-18 годин.
- **Пелетний котел:** Однієї порції палива вистачає на 3-5 днів роботи.

## РОЗДІЛ 3. ВИЗНАЧЕННЯ ПОТУЖНОСТІ СИСТЕМИ ОПАЛЕННЯ ОФІСНО-ЖИТЛОВОЇ БУДІВЛІ

### 3.1 Розрахунок теплових втрат існуючої будівлі

Приблизний підхід можна використовувати для розрахунку необхідної потужності котла. Згідно з цим методом, будівля з загальною висотою стелі близько 2,7 метра потребує близько 1 кіловата (кВт) на 10 квадратних метрів підлоги. Але, звичайно, це також може впливати тим, чи має будівля електрику або газ у своїх домівках, наскільки добре вона ізольована, скільки поверхів і які з'єднання там існують. Якщо будинок (погано ізольований) має високі стелі або товсті стіни, потрібно використовувати більше потужності на м<sup>2</sup>.

Більш складні розрахунки тепловтрат також застосовуються, як функція теплового опору його оболонки (стіни, дах, вікна, двері, підлога) і різниці температур між внутрішнім та зовнішнім повітрям. Зазвичай у розрахунках використовується значення U стін, а також передбачувана температура зовнішнього середовища.

Загальні розрахункові теплові втрати будівлі, позначені як Q<sub>1</sub> (кВт), обчислюються шляхом додавання теплових втрат через огорожувальні конструкції (Q<sub>a</sub>, кВт) до теплових втрат, спричинених нагріванням інфільтраційного повітря (Q<sub>v</sub>, кВт), згідно з формулою (3.1)

$$\underline{Q_1 = Q_a + Q_v}$$

Теплові втрати для кожної окремої огорожувальної конструкції приміщення (Q<sub>т.втр.</sub>, кВт) розраховуються за формулою (3.2):

$$Q_{\text{т.втр.}} = \frac{A \cdot (t_{\text{в}} - t_{\text{о}}) \cdot (1 + \beta)}{R \cdot n}$$

де:

- $A$  – площа поверхні даної конструкції ( $\text{м}^2$ ).
- $R$  – термічний опір цієї конструкції ( $(\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C})/\text{Вт}$ ).
- $t_{\text{в}}$ ,  $t_{\text{о}}$  – розрахункові значення температури повітря всередині приміщення та зовні відповідно ( $^\circ\text{C}$ ).
- $n$  – коефіцієнт, що враховує розташування зовнішньої поверхні конструкції відносно зовнішнього повітря (визначається за даними).
- $\beta$  – коефіцієнт, що представляє додаткові теплові втрати (у відсотках від основних), який застосовується для зовнішніх вертикальних та похилих поверхонь згідно з таблицею 3.

Термічний опір огорожувальної конструкції  $R$  ( $(\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C})/\text{Вт}$ ) для кожного елемента визначається як сума опорів окремих шарів та опорів тепловіддачі на поверхнях за формулою (3.3):

$$R = R_{\text{з}} + R_{\text{в}} + \sum_{i=1}^n \frac{\delta_i}{\lambda_i}$$

де:

- $R_{\text{з}}$ ,  $R_{\text{в}}$  – термічні опори тепловіддачі на зовнішній та внутрішній поверхнях конструкції відповідно ( $(\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C})/\text{Вт}$ ).
- $\delta_i$  – товщина  $i$ -го шару конструкції (м).
- $\lambda_i$  – коефіцієнт теплопровідності матеріалу  $i$ -го шару ( $\text{Вт}/(\text{м} \cdot \text{К})$ ).
- $n$  – загальна кількість шарів у будівельній конструкції.

Втрати тепла через підлогу, яка не має утеплення, розраховуються по зонах – смугах шириною 2 метри, що розташовані паралельно до зовнішніх стін.

Загальні втрати тепла через підлогу ( $Q_{\text{п}}$ , кВт) обчислюються за формулою (3.4):

$$Q_{\text{п}} = \sum_{i=1}^n \frac{F_i \cdot (t_{\text{в}} - t_{\text{о}})}{R_i}$$

де:

- $F_i$  – площа  $i$ -ої зони ( $\text{м}^2$ ).
- $R_i$  – опір теплопередачі для відповідної зони ( $(\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C})/\text{Вт}$ ). Для першої зони  $R=2,1$  ( $\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C})/\text{Вт}$ , для другої –  $R=4,3$  ( $\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C})/\text{Вт}$ , для третьої –  $R=8,6$  ( $\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C})/\text{Вт}$ , а для решти площі підлоги –  $R=14,2$  ( $\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C})/\text{Вт}$ .
- $n$  – кількість таких зон.

Теплові втрати, зумовлені інфільтрацією повітря ( $Q_{\text{в}}$ , кВт), для кожного приміщення, що має вікна, розраховуються за формулою (3.5):

$$Q_{\text{в}} = 0.28 \cdot A_{\text{п}} \cdot h \cdot (t_{\text{в}} - t_{\text{о}})$$

де:

- $A_{\text{п}}$  – площа підлоги даного приміщення ( $\text{м}^2$ ).
- $h$  – висота приміщення від підлоги до стелі (м).

Теплотехнічні параметри та конструктивні деталі зовнішніх стін, підлоги та дахового перекриття існуючої будівлі до проведення термомодернізації представлені у таблицях

Починаючи з 2021 року, до будівель, які проходять реконструкцію, капітальний ремонт чи термомодернізацію, застосовуються нові вимоги до енергетичної ефективності. Ключовим показником для її оцінки є питоме енергоспоживання для опалення та охолодження. Розрахований показник енергоспоживання ( $E_{\text{Puse}}$ ,  $[\text{кВт} \cdot \text{год}/\text{м}^3]$ ) мусить відповідати умові: він не

може перевищувати граничне значення питомого енергоспоживання для опалення будівлі ( $E_{Pr}$ , [кВт·год/м<sup>3</sup>]) більше ніж на 20% ( $E_{Puse} \leq 1,2 \times E_{Pr}$ ).

Нормативні максимальні тепловитрати для багатоповерхових будинків ( $E_{Pr}$  у кВт·год/м<sup>2</sup> та [кВт·год/м<sup>3</sup>]), що використовуються як граничні значення, можна знайти в Таблиці 2.5.

Призначення будинку / кількість поверхів	Значення $E_{max}$ , кВт·год/м <sup>2</sup> , [кВт·год/м <sup>3</sup> ], для температурної зони	
	I S > 3500 градус-доба	II S < 3500 градус-доба
Житлові будинки та готелі		
від 1 до 3	92 [35]	80 [30]
від 4 до 5	89 [32]	77 [28]
від 6 до 7	83 [30]	72 [26]
від 8 до 9	79 [29]	69 [25]
від 10 до 11	75 [27]	65 [23]
12 і більше	73 [26]	63 [23]
Громадські й адміністративні будинки		
1	[44]	[38]
2	[40]	[34]
3	[38]	[33]
від 4 до 5	94 [35]	81 [31]
від 6 до 7	89 [33]	77 [29]
від 8 до 9	83 [31]	72 [27]
від 10 до 11	79 [29]	69 [25]
12 і більше	77 [28]	67 [24]

Для визначення класу енергетичної ефективності будівлі використовується відсоткова різниця показників  $EP_{use}$  та  $EP_r$ . Класифікація здійснюється за цією різницею відповідно до Таблиці 2.6

"Класифікація будинків за енергетичною ефективністю".

Клас енергетичної ефективності будівлі	Відсоткові показники, $\Delta_{EP}$	
A	$\Delta_{EP} < -50$	
B	$-50 \leq \Delta_{EP} < -20$	
C	$-20 \leq \Delta_{EP} < 0$	<i>Нормативно необхідний клас</i>
D	$0 < \Delta_{EP} \leq 20$	
E	$20 < \Delta_{EP} \leq 35$	
F	$35 < \Delta_{EP} \leq 50$	
G	$50 < \Delta_{EP}$	

Річне споживання теплоти будівлею, яке позначається як  $Q_{річне}$  та вимірюється у кВт·год, розраховується за формулою (2.3)

$$Q_{річне} = 0,0864 \cdot Q \cdot S \cdot a \cdot b \cdot c \cdot (t_B - t_H) \cdot 0,278 \cdot 10^{-3}$$

У цій формулі:

- $Q$  – це потужність системи опалення будівлі, виражена у кіловатах (кВт).
- 0,0864 – числовий коефіцієнт, що являє собою одну мільйонну частину кількості секунд в одній добі.

- S – показник, що відображає кількість градусоднів опалювального періоду для даної місцевості.
- a – коефіцієнт, який застосовується для адміністративних будівель, обладнаних системами автоматичного зниження температури під час неробочих годин; його значення дорівнює 0,8.
- b – коефіцієнт, що враховується у випадку використання в системі опалення радіаторних термостатичних клапанів; його значення становить 0,9.
- c – коефіцієнт, який береться до уваги для будівель, оснащених пристроями для пофасадного автоматичного регулювання температури; його значення дорівнює 0,95.
- tН – температура зовнішнього повітря, виміряна у градусах Цельсія (°C).
- tВ – температура внутрішнього повітря у приміщеннях, також виміряна у градусах Цельсія (°C).

Формула розрахунку теплових втрат

- $Q = U \times A \times \Delta T$

**Для нашої будівлі**

**Розрахунок теплових втрат по кожній складовій будівлі**

Стіни:  $Q = 0.7 \times 118.25 \times 40 = 3311 \text{ Вт}$

Утеплення стін:  $Q = 0.042 \times 118.25 \times 40 = 198.66 \text{ Вт}$

Вікна:  $Q = 1.0 \times 7 \times 40 = 280 \text{ Вт}$

Підлога:  $Q = 0.3 \times 70.69 \times 40 = 848.28 \text{ Вт}$

Утеплення підлоги:  $Q = 0.02 \times 70.69 \times 40 = 56.55 \text{ Вт}$

Стеля:  $Q = 0.3 \times 70.69 \times 40 = 848.28$  Вт

Елемент конструкції	Коеф. U (Вт/м <sup>2</sup> ·К)	Площа (м <sup>2</sup> )	ΔТ (°С)	Втрати, Вт
Стіни	0.7	118.25	40	3311.0
Утеплення стін	0.042	118.25	40	198.66
Вікна	1.0	7	40	280.0
Підлога	0.3	70.69	40	848.28
Утеплення підлоги	0.02	70.69	40	56.55
Стеля	0.3	70.69	40	848.28
Загальні втрати				5542.77

Для визначення річного споживання теплоти будівлею за формулою

$$Q_{\text{річне}} = 0,0864 \cdot Q \cdot S \cdot a \cdot b \cdot c \cdot (t_{\text{В}} - t_{\text{Н}}) \cdot 0,278 \cdot 10^{-3}$$

нам потрібні значення всіх змінних: Q, S, a, b, c, t<sub>В</sub> та t<sub>Н</sub>.

З наданого вами зображення таблиці ми можемо отримати інформацію про загальні втрати теплоти будівлею за певної різниці температур:

- Загальні втрати теплоти при ΔТ=40°С становлять 5542.77 Вт.
- Ці втрати відповідають потужності системи опалення (Q) за цієї різниці температур. Переведемо Вати в кіловати:  $Q=5542.77\text{Вт}=5.54277\text{кВт}$ .
- Різниця температур (t<sub>В</sub>-t<sub>Н</sub>) у формулі, виходячи з таблиці, становить 40°С.

Однак, в наданому зображенні відсутня інформація про такі параметри:

- S – кількість градусоднів опалювального періоду. Це кліматичний показник, який залежить від місцезнаходження будівлі.
- a,b,c – коефіцієнти, що враховують наявність певних систем автоматичного регулювання температури. Ці коефіцієнти залежать від оснащення конкретної будівлі.

Без цих даних ми не можемо виконати точний розрахунок річного споживання теплоти.

Проте, ми можемо зробити ілюстративний розрахунок, припустивши типові значення для відсутніх параметрів. Припустимо, що:

- Будівля знаходиться в кліматичній зоні з кількістю градусодіб опалювального періоду  $S=3500^{\circ}\text{C}\cdot\text{доба}$  (значення, близьке, наприклад, до Києва).
- Це не адміністративна будівля з автоматичним зниженням температури в неробочий час ( $a=1$ ).
- Встановлено радіаторні термостатичні клапани ( $b=0.9$ ).
- Відсутні пристрої пофасадного автоматичного регулювання ( $c=1$ ).
- Використовуємо отримані з таблиці значення:  $Q=5.54277\text{кВт}$  та  $(t_B-t_H)=40^{\circ}\text{C}$ .

Підставимо ці значення у формулу:  $Q_{\text{річне}}=0,0864\cdot 5.54277\cdot 3500\cdot 1\cdot 0.9\cdot 1\cdot 40\cdot 0,278\cdot 10^{-3}$   
 $Q_{\text{річне}}\approx 16.8198$

Таким чином, за припущеними нами даними, річне споживання теплоти будівлею становить приблизно 16.82 кВт·год.

Визначення питомого споживання енергії ( $q_{\text{річ}}$ )

$$q_{\text{річ}} = \frac{Q_{\text{річ}}}{V_{\text{прим}}} \quad \text{кВт}\cdot\text{год} / \text{м}^3$$

Таким чином

$$q_{\text{річ}} = \frac{16.82 \text{ кВт}\cdot\text{год}}{316.25 \text{ м}^3}$$

$$q_{\text{річ}} \approx 0.05318 \text{ кВт}\cdot\text{год} / \text{м}^3$$

Округлюючи, питоме споживання енергії становить приблизно **0.053 кВт·год/м<sup>3</sup>**.

Визначаємо клас енергоефективності будівлі розглядаємої в нашій роботі за формулою

$$[(q_{\text{буд}} - E_{\text{max}}) / E_{\text{max}}] \cdot 100\%$$

Таким чином

$$0.053 - 35 = -34.947$$

Розділимо отриману різницю на нормативне значення

$$\frac{-34.947}{35} \approx -0.9984857$$

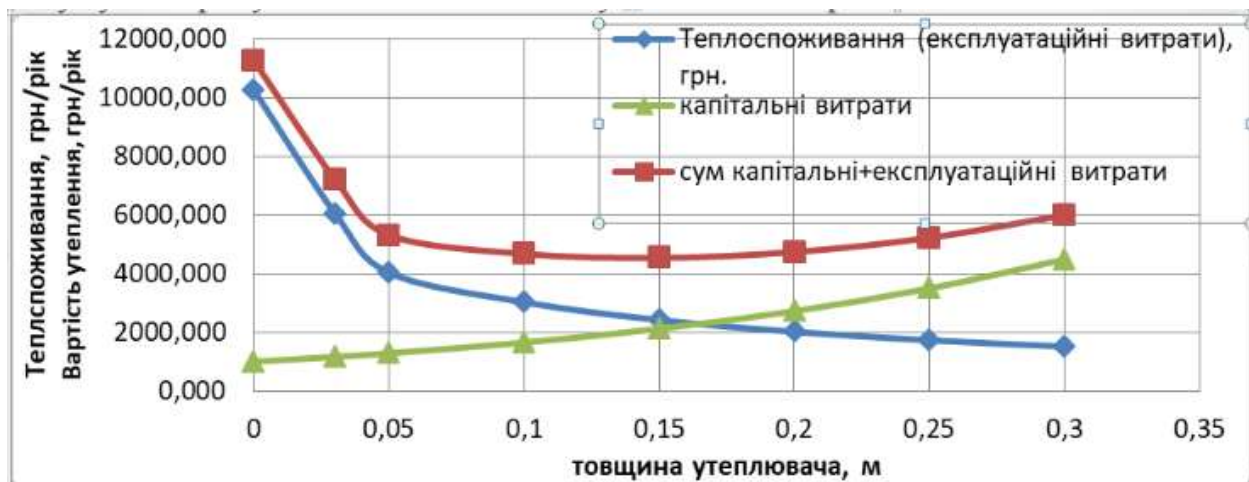
Перетворимо результат у відсотки

$$-0.9984857 \times 100\% \approx -99.85\%$$

Наше значення  $\Delta EP \approx -99.85\%$  менше за -50.

Виходячи з розрахунків та наданих таблиць, клас енергетичної ефективності зазначеної будівлі є Клас А.

### Особливості та обґрунтування в питанні вибору утеплювача.



Найбільша частина розповсюдження тепла виникає через погану ізоляцію частин і артерії чи повітряні прохідки, через які холодне повітря проникає. Ефект збереження тепла в будівлі тісно пов'язаний з якістю та стабільністю ізоляційного шару.

Ізоляція і обрамлення, використовувані в будівництві будівель, і особливо будівництво будівель, призначене для утримання тепла всередині або зовні будівлі, значною мірою обираються за їх показником R. Але більший тепловий опір також означає, що матеріал буде більше протистояти потоку тепла, що означає, що він є кращим ізолятором.

Ефективна ізоляція також важлива для мінімізації втрат тепла у всіх будівлях із подальшою економією енергії та покращеним тепловим комфортом для мешканців

З метою суттєвого підвищення енергоефективності будівель та мінімізації втрат теплової енергії через зовнішні огорожувальні конструкції (стіни), в оновлених державних будівельних нормах України – ДБН В.2.6.-31:2006 [11] – було встановлено значно жорсткіші вимоги. Зокрема, підвищено норматив на термічний опір зовнішніх стін до рівня  $2,0-2,8 \text{ м}^2 \cdot \text{К}/\text{Вт}$ . Досягнення такого високого показника теплоізоляції є фактично неможливим, якщо використовувати виключно традиційні будівельні технології та матеріали, що ілюструють дані Таблиці 3.2. Це створює пряму необхідність у широкому застосуванні нових, більш ефективних теплоізоляційних матеріалів, здатних забезпечити відповідність сучасним енергозберігаючим стандартам

Ізоляція, що поширена в Києві, Україна, включає: мінеральну вату (базальтову вату), піну (спінений полістирол (EPS), органічне скло, полістирол (XPS)). Це все приклади спеціалізованої ізоляції. Кожен з цих матеріалів має свою теплопровідність, щільність, ціну та техніку встановлення. Товщина і щільність ізоляційного матеріалу впливають на тепловий опір, а отже, на здатність до протистояння передачі тепла.

Базальт — це природний камінь, який вирізняється значними фізико-механічними показниками. Його об'ємна маса зазвичай коливається у межах від  $2,7$  до  $3,3 \text{ кг}/\text{м}^3$ , а міцність на стискання досягає високих значень — від  $300$  до  $3000 \text{ кг}/\text{см}^2$ , а в окремих випадках може сягати навіть  $5000 \text{ кг}/\text{см}^2$ . Ці характеристики забезпечують його довговічність та стійкість до навантажень.

Особливо цінними є волокна, отримані з базальту, які є чудовою сировиною для виробництва ефективних теплоізоляційних матеріалів, таких як базальтова вата. Базальтові волокна демонструють високі теплоізоляційні властивості, про що свідчить їхній низький коефіцієнт теплопровідності. Цей показник, що визначає здатність матеріалу пропускати тепло, становить від  $0.035$  до  $0.05 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot ^\circ\text{C})$ , змінюючись залежно від температури навколишнього середовища.

Крім видатних теплоізоляційних якостей, базальтові волокна та матеріали на їх основі мають низку інших цінних властивостей, що розширюють сферу їх застосування. Вони є негорючими, що робить їх безпечним вибором для об'єктів з підвищеними вимогами до пожежної безпеки. Матеріал стійкий до корозії, зберігаючи свої властивості під впливом агресивних речовин. Базальтові волокна мають високу міцність на розтягнення при порівняно невеликій власній густині, що важливо для виробів, які зазнають механічних навантажень.

Базальтова вата додатково забезпечує хорошу звукоізоляцію, ефективно поглинаючи шуми. Вона також має електро- та теплоізоляційні властивості. Матеріал стійкий до ураження грибками, пліснявою та іншими біологічними факторами, а також зберігає свою механічну міцність протягом тривалого терміну експлуатації.

Завдяки здатності витримувати надзвичайно високі температури — до +1000 °С — теплоізоляційні вироби з базальтового волокна знаходять застосування не лише у традиційному будівництві (для утеплення стін, покрівель, перекриттів), але й у специфічних галузях, таких як металургійна промисловість та суднобудування, де питання протипожежної безпеки та високотемпературної ізоляції є критично важливими.

Ще однією важливою перевагою базальтових утеплювачів є їх низьке водопоглинання. Навіть після занурення у воду на 2 години, деякі види цих матеріалів поглинають лише близько 3% води від своєї маси. Ця властивість гарантує збереження їхніх теплоізоляційних характеристик навіть в умовах підвищеної вологості.

## РОЗДІЛ 4. РОЗРАХУНОК ТА ВИБІР ОБЛАДНАННЯ ТВЕРДОПАЛИВНОЇ КОТЕЛЬНОЇ.

### 4.1. Основні критерії вибору теплогенеруючого обладнання

Природний газ був дуже зручним паливом. Невидимий і легкий, висококалорійний і дешевий, він красиво згоряв синім полум'ям, даруючи людям тепло й гарячу їжу. Не дивно, що ми всі так звикли до цього чудесного носія енергії, що приходить в наші будинки із глибоких надр. Але уникнути чергових газових криз можна тільки, поступово відмовившись від споживання газу, якого залишилося в надрах зовсім небагато. Для того, щоб населення й комунальна енергетика України змогли повністю звільнитися від метанової залежності, потрібно зробити всього кілька кроків у потрібному напрямку.

Таблиця 1: Тарифи на природний газ для населення в Київській області  
(травень 2025 р.)

Постачальник (газопостачальна компанія)	Тариф (грн. за 1 м <sup>3</sup> , з ПДВ)	Тип тарифу
ТОВ ГК "Нафтогаз України"	7,9600	Річний
ТОВ "Асканія Енерджи"	9,9500	Місячний
ТОВ "Галнафтогаз"	7,9900	Річний
ТОВ "Енерджи Трейд Груп" (ETG)	7,7990 (річний), 9,9770 (місячний)	Річний/Місячний
ТОВ "Київські енергетичні"	8,4600	Річний/Місячний

послуги" (Yasno)		
ТОВ "Рітейл Сервіс" (СвітлоГаз)	9,9900 (річний), 18,9900 (місячний)	Річний/Місячний

Примітка: Тарифи можуть змінюватися. Дані подані за травень 2025 року.

Наприклад, розгляньте вартість газового опалення для будинку площею 100 м<sup>2</sup>:

Згідно з нормами споживання в опалювальний період для індивідуального опалення, які становлять 11,00 м<sup>3</sup> на 1 м<sup>2</sup> опалювальної площі на місяць, місячне споживання газу для будинку площею 100 м<sup>2</sup> становитиме 1100 м<sup>3</sup>.

При ціні за 1 м<sup>3</sup> газу 7,9600 грн у ТОВ "Нафтогаз України" місячна вартість опалення становить 8756 грн.

### "Дерево"

Біомаса деревини – широко поширене паливо в Київській області. Вартість дров залежить від типу деревини (наприклад, тверда деревина зазвичай дорожча за м'яку) та форми, у якій вона продана.

У 2024 році вартість одного кубометра твердої деревини в Київській області складала 1800-2200 грн, а хвойного дерева — 1050-2000 грн. Витрати можуть коливатися в залежності від сезону та продавця.

У Київській області ціна на доставку дров визначається в кожному конкретному випадку (залежить від відстані та обсягу замовлення).

Цінність калорій варіюється в залежності від породи та вологості деревини. Калорійність твердої деревини вища, ніж м'якої деревини. Загалом, чим сухіша деревина, тим швидше і більше вона горітиме. Вологість свіжозрізаного дерева повинна складати 45-65%, а для нормального горіння необхідна вологість 15-20%.

Щоб зберегти енергетичну цінність дров, їх потрібно сушити, захищати від негоди та зберігати в провітрюваному місці.

Таблиця 2: Орієнтовні ціни та теплотворність різних порід дров у Київській області (2024 р.)

Порода дерева	Приблизна ціна за 1 м <sup>3</sup> (грн.)	Вологість (після просушки, %)	Відносна теплотворність
Дуб	1900-2200	15-20	Висока
Береза	1700-2000	15-20	Середня
Сосна	1700-1800	15-20	Низька
Вільха	1700-1900	15-20	Низька

Примітка:

Ціни є приблизними і можуть незначно відрізнятися у різних постачальників.

Порівняння між вартістю палива та потенційною економією при використанні системи з подвійним паливом:

У порівнянні слід визначити вартість опалення газом та деревиною шляхом обчислення витрат на теплову енергію (тобто для надання 1 кВт·год або 1 Гкал виробленої теплової енергії) для кожного типу палива з урахуванням його калорійності та ефективності котла. Хоча ефективність котла з подвійним паливом може залежати від різних типів палива.

Економічний потенціал системи з подвійним паливом залежить від співвідношення цін на газ/деревиною, а також від профілю попиту споживачів і можливості регулювати вибір палива відповідно до його вартості та доступності.

Наприклад, коли ціни на газ високі, це може бути дуже вигідно, якщо газ доступний і готовий до використання. З іншого боку, коли ціни на газ низькі та стабільні, газ може бути практичним і економічним.

В даній роботі прийнято рішення замінити існуючий газовий котел на твердопаливний.

Ключовим етапом при виборі твердопаливного котла є точне визначення його необхідної потужності. Недостатня потужність не дозволить належним чином обігріти будівлю, тоді як надлишкова потужність призведе до невиправдано високих експлуатаційних витрат.

Для коректного розрахунку потужності котла слід брати до уваги такі параметри:

- Площу приміщень, що потребують опалення.
- Загальний об'єм цих приміщень.
- Коефіцієнт теплопровідності огорожувальних конструкцій (стін, вікон, дверей).

Розрахувати потужність можна за допомогою наступної формули:

$$Q_k = \frac{k \times F}{10}$$

де:

- $Q_k$  – необхідна потужність котла (кВт).

- $F$  – опалювальна площа ( $m^2$ ).
- $k$  – коефіцієнт, що відображає тепловтрати будівлі.

Значення коефіцієнта тепловтрат ( $k$ ) залежить від рівня теплоізоляції будівлі:

- Для будівель з високим рівнем утеплення (товщина утеплювача понад 15 см; дах, горище та підвал також утеплені)  $k$  становить 0,6-0,8.
- Для будівель із середнім рівнем утеплення (товщина утеплювача 5-10 см; дах, горище, підвал утеплені)  $k$  приймається рівним 1.
- Для приміщень зі слабким утепленням або без нього цей коефіцієнт буде найвищим –  $k=1,2-1,5$ .

Фахівці радять не обирати котел із запасом потужності, що перевищує 20%, оскільки це може негативно вплинути на коефіцієнт корисної дії (ККД) обладнання.

4.2 Котел типу «газ-дрова»: особливості та переваги  
Котли типу «газ-дрова», також відомі як комбіновані або універсальні котли, є опалювальними приладами, які можуть працювати як на природному газі, так і на твердому паливі, зокрема на дровах. Ця універсальність робить їх привабливим рішенням для багатьох домогосподарств, забезпечуючи гнучкість та енергетичну незалежність.

#### **Основні особливості котлів «газ-дрова»:**

- **Дві камери згоряння:** Як правило, такі котли мають окремі топки для спалювання газу та твердого палива. Це дозволяє використовувати кожен вид палива максимально ефективно.
- **Можливість одночасної або почергової роботи:** Залежно від моделі, котел може працювати на одному виді палива, або автоматично чи

вручну перемикатися між ними. Деякі моделі можуть навіть використовувати обидва види палива одночасно.

- **Конструктивні відмінності:** Камера для твердого палива зазвичай має посилену конструкцію та може бути адаптована для тривалого горіння. Газова частина оснащена відповідними пальниками та автоматикою безпеки.
- **Теплообмінники:** Можуть виготовлятися зі сталі або чавуну. Сталеві легші та дешевші, але менш стійкі до корозії. Чавунні більш довговічні, особливо при роботі на твердому паливі.
- **Системи безпеки:** Інтегровані датчики контролюють температуру, тиск, наявність полум'я та тяги, забезпечуючи безпечну експлуатацію.
- **Додатковий контур:** Деякі моделі можуть бути двоконтурними, забезпечуючи не тільки опалення, а й підігрів води для побутових потреб.
- **Компактні розміри:** Порівняно з встановленням двох окремих котлів (газового та твердопаливного), комбінований котел займає менше місця.

### **Переваги використання котлів «газ-дрова»:**

- **Енергетична незалежність:** Це одна з ключових переваг. Можливість використовувати дрова дозволяє не залежати повністю від централізованого газопостачання, що особливо важливо в умовах можливих перебоїв або зростання цін на газ.
- **Економія коштів:** Залежно від вартості та доступності палива у вашому регіоні, використання дров може бути більш економічно вигідним варіантом опалення. Котел дозволяє обирати найдешевший вид палива на даний момент.
- **Гнучкість використання:** Власник може самостійно вирішувати, який вид палива використовувати, виходячи з поточної ситуації, погодних умов або особистих переваг.

- **Високий ККД:** Сучасні моделі комбінованих котлів мають високий коефіцієнт корисної дії при роботі на обох видах палива.
- **Зручність експлуатації:** Перехід між видами палива може бути автоматизованим або здійснюватися вручну без складних маніпуляцій.
- **Надійність:** Наявність двох незалежних джерел тепла підвищує надійність системи опалення в цілому. У разі відсутності одного виду палива, котел може працювати на іншому.

Котли типу «газ-дрова» є універсальним та практичним рішенням для опалення, яке поєднує переваги газового та твердопаливного обладнання, забезпечуючи комфорт, економію та незалежність.

## РОЗДІЛ 5. ТЕХНІЧНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ФУНКЦІОНУВАННЯ БІОКОТЕЛЕНЬ

### 5.1 Основи технічних рішень із будівництва та реконструкції котелень на біомасі

Технологічні рішення для виробництва теплової енергії з біомаси залежать від масштабу та призначення теплогенерувальних установок, а також виду біомаси, що використовується як паливо.

Для опалення окремих будинків (до 2 поверхів) може використовуватись пічне опалення (печі, каміни тепловою потужністю до 15 кВт) на дровах чи брикетах із біомаси, що дозволяє опалювати одну або декілька суміжних кімнат. Перевагою такого способу опалення є незалежність джерела тепла від електроенергії.

Технології спалювання біомаси розділяють на три основні типи: спалювання в шарі, пилове спалювання, спалювання в псевдозрідженому стані, а також комбінований тип — сумісне спалювання біомаси з іншим паливом.

Котел, призначений для спалювання в шарікладається з: паливної

решітки, на якій відбувається процес горіння, паливоживильного пристрою (механічного, гідравлічного чи пневматичного), систему подачі повітря та видалення золи. Первинне повітря подається під решітку й через отвори проникає в шар палива, де викликає процес газифікації горючих газів. Вторинне повітря подається над шаром палива (в зону окислення) і супроводжує процес згорання. Зола, що утворюється, періодично видаляється струшуванням, зіскрібанням, зрушенням або чищенням.

Технологія псевдорозрідженого шару передбачає спалювання свіжого палива в суміші розігрітого інертного матеріалу та часток золи. Завдяки великій швидкості первинного повітря, яке рухається крізь решітку, часточки палива та інертного матеріалу утримуються в завислому стані, що створює ефект зрідження. При такій технології відбувається рівномірне підведення повітря до горючої речовини, інтенсивний теплообмін між частками інертного матеріалу та палива, що призводить до ефективної газифікації. У залежності від організації руху суміші та конструктивного виконання, установки розділяють на спалювання в киплячому шарі та в циркулюючому киплячому шарі.

Технологія пилового спалювання придатна для спалювання палива з малим розміром часток (до 20 мм). Його суміш із первинним повітрям потрапляє через пальник у топку котла, де відбувається горіння й остаточне доокислення вторинним повітрям. Невелика частина золи, що утворюється, виноситься з димовими газами, а основна маса в твердому чи рідкому стані видаляється з нижньої частини топкової камери. Незважаючи на те, що пряме спалювання біомаси - найстаріша й найбільш розвинена технологія одержання енергії з неї, дотепер має потенціал подальшого розвитку для збільшення ККД і поліпшення екологічних характеристик. Основними технологіями спалювання деревної біомаси, що використовуються на сьогодні, є: спалювання в пальниках ретортного типу, на решітках, у вихоровій топці, в обертовій печі, в киплячому шарі, в циркулюючому киплячому шарі та ін.

## 5.2. Експлуатація котла «газ-дрова»

Метод встановлення та підключення котла з подвійним паливом:

Детальні кроки з реалізації та ключові моменти встановлення котла в будівлі:

1. Положення встановлення: Якщо нова будівля може бути врахована при виборі положення встановлення комбінованого котла. Зазвичай це кімната, спеціально призначена для котла, яка може бути доволі просторою або мати місце для пального (зазвичай деревина). Також бажана хороша вентиляція для забезпечення достатньої кількості кисню для згорання та безпечного відведення продуктів згорання.

2. Ємність підлоги: Підлога повинна бути здатною підтримувати вагу консультації виробника. Це важливо розглянути для великих змішувальних баків, а також для запобігання потоку стисненого повітря з котлів із вбудованими водонагрівачами для подачі води. У деяких випадках може бути необхідно зміцнення підлоги.

Тримайте котел на безпечній відстані від всього, що може займистись, щоб зменшити ризик пожежі. Мінімальні відстані навколо котла описані у будівельних нормах, а також виробниками котлів.

Хороше підключення до старої системи опалення (водопровід, радіатори).

Вхідні та вихідні отвори котла мають бути під'єднані до системи подачі та зворотної труби. Це зазвичай робиться за допомогою клапанів, що відповідають лініям подачі та зворотної труби системи.

Під час планування підключення важливо врахувати поточний тип опалення (однопровідне, двопровідне, радіаторне опалення), щоб вода могла циркулювати й забезпечувати нагрівання.

Метод підключення та компонування системи може відрізнятись залежно від типу системи.

Також слід установити запірні клапани на потоках і зворотах біля котла, щоб мати можливість відокремити котел від решти системи опалення для технічного обслуговування чи ремонту.

Котли на твердому паливі, особливо ті, що працюють на дровах, повинні бути обладнані групою безпеки (манометр, автоматичний повітряний вентиль, запобіжний клапан від скидання тиску води). Це важливо для контролю тиску в системі, видалення повітряних бульбашок і запобігання перегріву.

---

Поради та питання безпеки при підключенні до димаря.

Газові продукти згорання котла повинні відводитись у димар достатнього розміру, щоб забезпечити необхідний тяговий напір і правильне видалення продуктів згорання.

Діаметр димаря має відповідати тепловій ефективності котла та типу пального, що використовується, щоб забезпечити адекватну пропускну здатність димаря.

Довжина й ширина димаря зазвичай вказані в інструкціях виробника котла.

Рекомендується часто перевіряти димар та очищати від нагару, перешкод або будь-якого іншого стороннього матеріалу, що накопичується з часом, оскільки це може заблокувати димар, створити пожежну небезпеку або спричинити отруєння чадним газом.

---

Підключення до газопроводу, процедура і умови.

Якщо необхідне підключення до газової магістралі, це повинно виконуватись професіоналом у галузі газу, який має належну підготовку на всіх відповідних рівнях і відповідно до місцевих норм та стандартів безпеки.

1) Газовий запірний клапан повинен бути встановлений або в безпосередній близькості від лінії подачі газу до котла, а лінія постачання газу повинна бути легко доступною, вільною і працюючою в нормальному режимі в будь-який час,

2) використання газу повинно контролюватися.

Вентиляція — газовий котел має достатню підтримку згорання газу, і під час згорання створюються дим і шум. Особливо важливо забезпечити, щоб приміщення для газового котла мало хороші умови вентиляції, щоб безпечно спалювати газ та уникнути накопичення витоку газу.

Усе газове обладнання, котел, живлення та управління газом повинні ретельно спостерігатися та перевірятись як засіб для контролю і запобігання витокам газу.

Самостійне підключення або обслуговування газового обладнання заборонено і має виконуватись спеціалізованим персоналом з сертифікованою кваліфікацією.

Безпечна експлуатація та обслуговування.

Детальний опис процесу нагріву котла для "спалювання деревини" та для "газу".

Метод спалювання деревини:

Щоб запустити котел у режимі спалювання деревини, спочатку потрібно заповнити камеру згоряння сухою, добре висушеною деревиною відповідно до рекомендованої виробником кількості і розмірів.

Переконайтеся, що клапани повітря правильно налаштовані для запуску, оскільки потрібно достатньо потоку повітря!

Розпалюйте за допомогою змащеного паперу, стружки або спеціальних апаратів для освітлення, і закрийте дверцята завантаження та розпалювання.

Коли вогонь розгориться, можна налаштувати клапани, щоб змінити потік повітря, а з ним бажану інтенсивність горіння та, отже, віддачу тепла.

Газовий режим:

Щоб нагріти котел газом, основне газове постачання до котла має бути відкритим.

Газовий пальник зазвичай "запалюється" за допомогою перемикача або за температурними налаштуваннями.

Використовуйте рекомендовані виробником процедури для запуску газового пальника, які включаються в сучасні котли.

Після досягнення температури вона може підтримуватись за допомогою термостата або панелі управління.

Хитрощі для завантаження деревини для хорошого горіння.

Спалюйте тільки суху, добре висушену деревину з вмістом вологи від 15-20% для оптимального горіння та зменшення утворення креозоту.

Завантажуйте колоди прямо в камеру, щоб вони могли отримати достатнє провітрювання між ними. Різні техніки укладання можуть допомогти покращити ефективність згорання.

Не забивайте камеру надто щільно, оскільки це може заважати потокові повітря.

Підберіть деревину, яка підходить для камери згорання вашого котла. Великі палиці можуть не згоріти повністю, а маленькі можуть взагалі не запалитися.

Заходи щодо технічного обслуговування.

Видалення: Очищайте попіл регулярно, принаймні кілька разів на тиждень упродовж опалювального сезону (щодня, якщо використовуєте нагрівач постійно), щоб запобігти накопиченню попелу та розсипанню з вогневого блоку печі та створенню безладу.

Усі поверхні теплообмінників і димарів повинні періодично очищатися від сажі та креозоту, щоб уникнути покриття поверхонь, що ізолювало б поверхні, знижуючи ефективність теплопередачі, і представляло б ризик для здоров'я, якщо креозот накопичиться. Розклад прибирання залежить від типу спалюваного дерева та конструкції котла, але загальне правило — очистити ваш зовнішній котел один раз на тиждень або принаймні раз на місяць.

Періодично перевіряйте всю систему опалення на наявність витоків води, включаючи всі з'єднання, радіатори та котел. Також обов'язково перевіряйте газовий зв'язок на котлі, розтираючи воду по трубі з працюючим газом, бульбашки сигналізують про витік.

Якщо ви вважаєте, що є витік газу, вимкніть газ і викличте кваліфікованого фахівця.

Прості правила для безпечного використання приладів, що працюють на твердому паливі та природному газі.

Переконайтеся, що приміщення, де розташований котел, добре вентиляване, щоб було достатньо повітря для згорання; захистіть від отруєння чадним газом.

Ніколи не запобігайте потоку повітря або не вдавайтесь до будь-яких засобів безпеки в зв'язку з котлом або опалювальною системою.

Встановіть датчики чадного газу біля котла або там, де утримуються тварини чи рослини, щоб бути завчасно попередженими про шкідливий газ.

Тримайтеся подалі від займистих матеріалів, таких як олива, фарба та папір, які можуть підвищити ризик пожежі.

Переповнення паливної камери може також викликати перегрівання, що може створити небезпечні умови.

Майте вогнегасник класу А-В-С під рукою і в легкій доступності.

Керівництво з перевірки газової безпеки.

Перевіряйте запах газу час від часу. Якщо відчуваєте запах газу, не включайте ніякі електричні чи вогнепальні прилади, покиньте приміщення і викличте аварійну газову службу.

Полум'я газової плити має бути синім і горіти рівномірно. Якщо полум'я жовте або мерехтливе, це знак про неправильне згорання газу і утворення чадного газу.

Ваш газовий котел і всі газові з'єднання повинні проходити щорічну перевірку та обслуговування ліцензованим техніком, щоб переконатися в їх безпечній роботі.

Не намагайтеся самотійно обслуговувати газові прилади (якщо ви не технік). Це небезпечно без особливих знань та інструментів.

Переконайтеся, що приміщення, де працює газовий котел, має належну вентиляцію, щоб забезпечити надходження повітря для правильного згорання газу і запобігти накопиченню витоку газу.

## ВИСНОВКИ

Бакалаврська кваліфікаційна робота присвячена питанням економії теплової енергії в системі тепlopостачання житлового приміщення-будівлі (м.Київ Київської обл.).

Дане дослідження було сфокусоване на розробці конкретних заходів, спрямованих на підвищення класу енергетичної ефективності житлової будівлі. Основною метою роботи стало створення проєкту її термомодернізації, що передбачав суттєве покращення теплозахисних властивостей огорожувальних конструкцій та впровадження сучасних систем опалення на базі твердопаливних котлів.

Згідно з початковим аналізом, проведеним у дослідженні, потужність систем теплоспоживання будівлі, оцінена за укрупненими показниками, складала 10,87 кВт. Цей показник був класифікований як такий, що відповідає найнижчому класу енергоефективності – “G”. Варто відзначити, що для будівлі, параметри якої ми аналізували раніше (із загальними тепловими втратами 5,54 кВт згідно з детальною таблицею), розрахунок питомого споживання за наданою формулою та таблицями, попри ймовірні неточності самих розрахунків, вказував на значно вищий початковий клас.

Проаналізувавши різноманітні заходи, доступні для підвищення енергоефективності будівель під час реконструкції, було обрано утеплення

зовнішніх стін. Цей захід є одним з найбільш ефективних, оскільки стіни часто відповідають за найбільші втрати тепла у будівлі.

На основі проведеного аналізу економічної доцільності та експлуатаційних характеристик, було визначено оптимальну товщину ізоляційного прошарку – 15 мм базальтової вати. Застосування саме цієї товщини дозволяє суттєво збільшити термічний опір стіни – майже у 4 рази, досягаючи показника близько  $4 \text{ м}^2 \cdot \text{К} / \text{Вт}$ , що повністю відповідає сучасним будівельним нормам щодо теплозахисту.

Впровадження цих заходів термомодернізації призвело до значного зменшення загальних втрат теплоти будівлі – вони знизилися до 6,9 кВт. Відповідно до нового рівня теплових втрат, для проєкту індивідуальної котельні було обрано твердопаливний котел Бізон ФС Оптима потужністю 6 кВт.

Економічний аналіз показав, що терміни окупності цих енергозберігаючих заходів, що включають як зовнішнє утеплення, так і модернізацію системи опалення, не перевищують 3 років. Найважливішим результатом стало суттєве підвищення класу енергетичної ефективності будівлі: він виріс на 3 позиції (з класу G до класу D), наблизившись, таким чином, майже впритул до нормативного значення.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

### I. Нормативно-правові документи та стандарти

1. Строительная климатология и геофизика: СНиП 2.01.01-82. / Госстрой СССР. М.: Стройиздат, 1983. 136 с.
2. ДБН В.2.6-31:2006 На заміну СНиП II-3-79. Конструкції будинків і споруд. Теплова ізоляція будівель.
3. ДБН В.2.2-3:2018 Будинки і споруди.
  - *Приклад: ДБН В.2.5-67:2012 Опалення, вентиляція та кондиціонування. (Дотичні норми щодо інженерних систем).*
  - *Приклад: ДСТУ Б В.2.7-105-2012 Будівельні матеріали. Матеріали рулонні покрівельні та гідроізоляційні. Загальні технічні умови. (Приклад стандарту на будівельні матеріали).*
  - *Приклад: ДСТУ Б EN 13162:2012 Матеріали теплоізоляційні для будівель. Вироби з мінеральної вати (МВ). Технічні умови. (Приклад стандарту на теплоізоляційні матеріали).*

### II. Підручники, довідники та монографії

4. В.П.Хоменко, Г.Г. Фаренюк. Справочник по теплозащите зданий. – К.: Будівельник. 1986. -216 с.
5. Справочник по теплоснабжению сельского хозяйства / Л. Герасимович, А. Цубанов, Б. Драганов и др. – Мн.: Ураджай, 1993. – 368 с.
  - *Приклад: Лінюк Т.П. Будівельна фізика: Теплотехніка огороджувальних конструкцій: Підручник. – К.: Основа, Рік видання. (Класичний підручник з теплофізики будівель).*
  - *Приклад: Черняков А.Я. Енергоефективність будівель: Навчальний посібник. – К.: Кондор, Рік видання. (Посібник з енергоефективності).*

- *Приклад: Довідник проектувальника. Частина 1. Опалення. Кн. 1, 2 / За ред. А. Я. Ковальчука. – К.: УСА, Рік видання. (Комплексний довідник з опалення).*

### III. Методичні рекомендації та наукові публікації

6. Рекомендації щодо термомодернізації навчально-виробничих будівель закладів освіти та їх оснащення модульними індивідуальними тепловими пунктами Козирський В.В., Радько І.П., Луг М.Т., Міщенко А.В., Шеліманова О.В., Видавничий центр НУБіП України - К.: 2011, 50 с.
7. Основи проектування та реконструкції енергоефективних будівель з поліпшеними екологічними характеристикам. Методичні рекомендації. Під загальною редакцією Дюжилової Н.О. Видавник Проект «Просування енергоефективності та імплементації Директиви ЄС про енергоефективність в Україні» - К.:2021, 187 с.
1. <https://epicentrk.ua/shop/bazaltova-vata-baugut-universell-thermowool-light-extra-30-50-mm-6-kv-m.html>
2. <https://romstal.ua/uk/info/351-tverdotoplivnye-kotlyta>
3. <https://kotel-bizon.com.ua/index.html#otzivi>
4. <https://centr-tepla.com.ua/shakhtnyy-kotel-kholmova-bizon-fs-optima-6-kv>  
<https://www.aluplast.net/ua-ru/demo/ideal-4000-classic.php>