

## РЕФЕРАТ

Магістерська дисертація складається зі вступу, \_\_\_\_\_ розділів, висновку, переліку посилань з \_\_ найменувань, трьох додатків і містить \_\_ рисунків. Повний обсяг дипломної роботи складає \_\_\_\_\_ сторінки, з яких перелік посилань займає \_ сторінок, додатки – \_\_ сторінок.

**Актуальність теми.** Варіантів опалення приміщень існує кілька десятків, всі вони кардинально відрізняються одне від одного як особливостями будови та встановлення так і принципами роботи. Важливо для кожної будівлі вибрати найбільш підходящий тип опалення, який враховуватиме всі особливості будинку та інтереси власника. Щоб детально проаналізувати та вибрати з багатьох існуючих типів опалювальної техніки оптимальний варіант для кожної будівлі, необхідно було залучати групу спеціалістів в даній сфері, які змогли б розібрати конкретний випадок та надати власнику приблизні дані по роботі опалювальної техніки на його об'єкті. У даний час більшість досліджень в області опалювальної техніки концентрують увагу на використанні теплонасосних установок, так як різноманіття їх типів дозволяє застосовувати їх практично в будь-яких приміщеннях в різних умовах. Зважаючи на велику кількість деталей та складність в процесі проектування схеми опалення доцільним є створення програмної системи з автоматизації проектування схеми опалення яка враховувала б всі особливості будови та розміщення будівлі та надавала б змогу користувачу самостійно отримувати дані про роботу опалювальної техніки на його об'єкті. Існуючі рішення по проектуванню схем опалення з використанням теплонасосних установок не враховують всіх особливостей кожного індивідуально випадку на етапі проектування, таким чином дослідження в області проектування схем опалення не є вичерпними.

**Метою** роботи є вдосконалення алгоритму обрахунку параметрів роботи ТНУ та розробка програмної системи для здійснення автоматизації проектування схеми опалення на базі теплонасосної установки.

**Об'єктом дослідження** є програмне забезпечення автоматизації проектування схеми опалення.

**Предметом дослідження** є програмні засоби реалізації автоматизації проектування схеми опалення на базі теплонасосної установки.

**Методи дослідження.** Були використані принципи термодинаміки, класичної механіки, формули Гершковича. При побудові інструментальних засобів використані методи теорії об'єктно-орієнтованого програмування.

**Наукова новизна одержаних результатів** полягає у наступному:

1. Вперше запропоновано й реалізовано узагальнену типову схему розрахунку для трьох типів ТНУ, що відображає різницю в показниках роботи кожного з типів.

2. Набув подальшого розвитку метод обчислення зовнішнього теплового контуру, за рахунок врахування всіх особливостей встановлення даного типу ТНУ та геолокації встановлення.

**Практичне значення одержаних результатів** визначається тим, що запропоновані алгоритми обчислення параметрів роботи ТНУ дозволяють автоматизувати процес проектування схеми опалення. На основі цих алгоритмів було створено програмне забезпечення "Heat\_project". Його було використано у ППФ "Ретра", що дозволило скоротити час необхідний на попереднє проектування опалювального контуру.

**Апробація результатів.**

1. Ключник А.А. Автоматизація проектування схеми опалення на базі теплонасосної установки / А.А. Ключник, В.М. Медведєва // Тези доповідей XII міжнар. наук.-практ. конф. "Сучасні проблеми наукового забезпечення енергетики". – К.: "Володимирецька районна друкарня", 2014. – С. \_\_\_\_.

2. Ключник А.А. Автоматизація проектування схеми опалення на базі теплонасосної установки / А.А. Ключник, В.М. Медведєва // Збірник наукових статей Четвертої міжнар. наук.-практ. конф. – К.: НТУУ "КПІ", 2014 – С. 47-54

**Ключові слова.** ТЕПЛОНАСОСНА УСТАНОВКА, ПРОЕКТУВАННЯ СХЕМИ ОПАЛЕННЯ, АВТОМАТИЗАЦІЯ ПРОЕКТУВАННЯ, ОПАЛЮВАЛЬНИЙ КОНТУР, СЛОВНИК ПРЕДМЕТНОЇ ОБЛАСТІ.

# 1. СУЧАСНІ ТЕХНОЛОГІЇ ОПАЛЕННЯ ПРИМІЩЕНЬ

У цьому розділі розглядаються поняття тепlopостачання, системи тепlopостачання, основні види опалення приміщень.

Тепlopостачання – забезпечення теплом житлових, громадських та промислових будівель (споруд) для забезпечення комунально-побутових (опалення, вентиляція, гаряче водопостачання) і технологічних потреб споживачів[1].

Система тепlopостачання будівлі призначена для забезпечення тепловою енергією ( теплотою ) його інженерних систем, що вимагають для свого функціонування подачі нагрітого теплоносія.

Централізованими системи тепlopостачання називаються в тому випадку, коли від одного джерела тепло подається для багатьох приміщень або будівель.

Децентралізованими системи тепlopостачання називаються в тому випадку, коли тепло подається від теплогенераторів, які встановлюються безпосередньо в опалювальних приміщеннях і на підприємствах.

Найпоширенішими технологіями децентралізованого тепlopостачання є:

1. Опалювальні котли (твердопаливні, газові, електродні, ТЕНові, індукційні).
2. Міні-ТЕЦ.
3. Сонячні батареї та колектори.
4. Теплові насоси.

Два останніх варіанти являються природними екологічно чистими відновлюваними альтернативними джерелами теплової енергії. Зважаючи на неможливість ефективно використовувати сонячні батареї та колектори у всіх регіонах, використання теплонасосних установок у системах тепlopостачання являється найоптимальнішим рішенням яке здатне задовільнити найширше коло споживачів.

Тепловий насос - екологічно чиста система, що дозволяє отримувати тепло для опалення приміщень за рахунок використання низькопотенційних джерел і перенесення його до теплоносія з більш високою температурою[2]. В

якості низькопотенційних джерел можуть використовуватися ґрунтові та артезіанські води, тепло ґрунту, атмосферне повітря, вторинні енергетичні ресурси. Витрачаючи 1 кВт електричної потужності в приводі компресійної теплонасосної установки (ТНУ), можна отримати 3-4, а за певних умов і до 5-6 кВт теплової потужності, що при довгостроковому використанні являється економічно найвигіднішим рішенням серед інших варіантів опалення: газом, електрикою, рідким чи твердим паливом та ін. На рисунку 1 показана діаграма приблизної вартості опалення приватного будинку площею від 100 до 400м кв. протягом року в гривнях[3], використовуючи різні варіанти опалення.

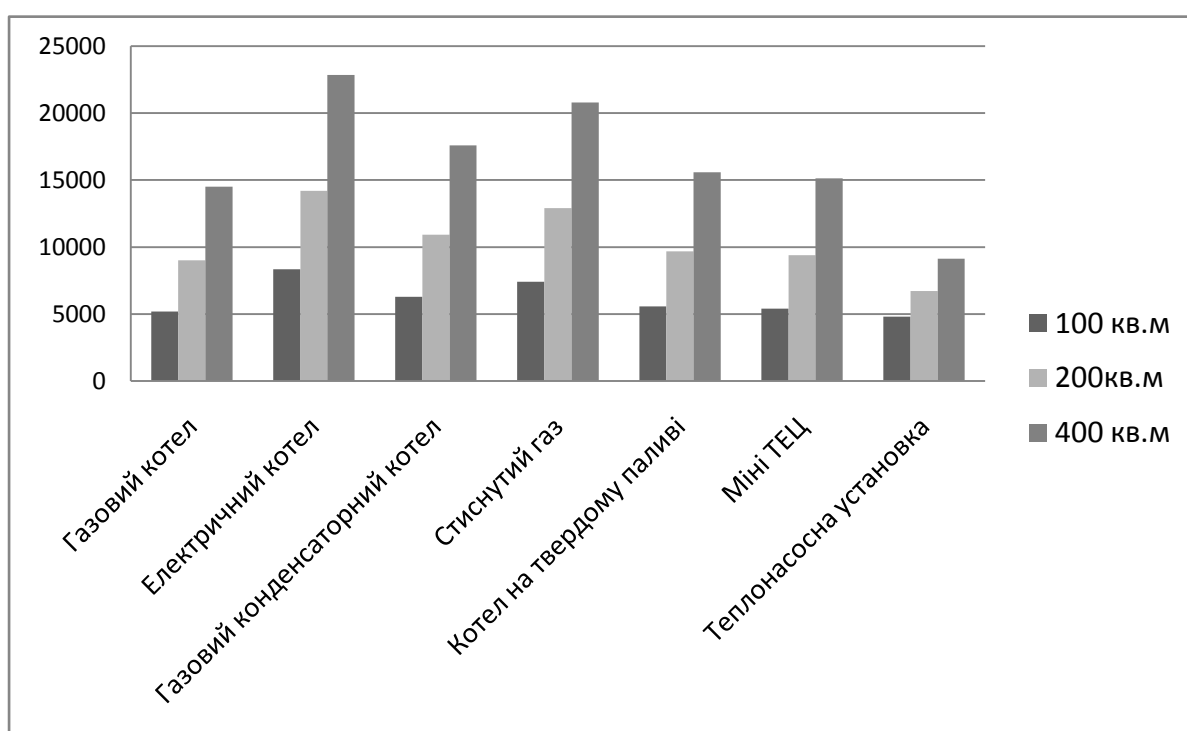


Рисунок 1 - Діаграма затрат на опалення

Як видно з діаграми на рисунку 1, при великих площах приміщення вже протягом одного року використання теплового насосу в декілька разів більш економічно вигідне. Також можна помітити, що й при малих площах будівлі, економічна перевага залишається на стороні ТНУ, а при багаторічному використанні ця перевага стає ще більш очевидною.

# 1. ПОСТАНОВКИ ЗАДАЧІ ПРОЕКТУВАННЯ СХЕМИ ОПАЛЕННЯ

Розглянемо використання теплонасосної установки для опалення приватних помешкань. Серед усіх видів ТНУ, найбільшого розповсюдження набули геотермальні замкнутого типу (грунт, наземні або підземні ґрунтові води) та повітряні[4]. Зважаючи на дороговартісне обладнання ТНУ та об'єм роботи по її встановленню, потрібно прийняти правильне рішення у виборі найбільш підходящого типу ТНУ для кожного конкретно приміщення враховуючи геолокацію будинку, його площу, матеріали з якого він побудований, та необхідні для користувача термічні показники всередині приміщення.

Важливим та найпершим етапом в процесі створення опалювального проекту є розрахунок параметрів теплової установки. Для цього необхідно мати вичерпні вхідні дані, які відомі лише користувачу. Всі інші термофізичні та геометричні обрахунки виконуються по розроблених алгоритмах.

Існуючі на даний час рішення з проектування схем опалення мають ряд переваг та недоліків. Основними перевагами являються: висока точність, індивідуальність. Однак ці ж переваги створюють і основні недоліки: висока вартість створення проекту, залучення групи спеціалістів. Тобто замовнику для створення точного проекту схеми опалення для свого індивідуального випадку потрібно звертатись до спеціалістів в даній сфері, та відповідно оплачувати їх послуги. Іншим недоліком такого рішення є відсутність можливості для замовника порівняти застосування різних видів опалювальної техніки на своєму об'єкті, щоб прийняти вигідне для себе рішення, для цього необхідно буде замовляти кожний варіант схеми опалення окремо, що веде за собою додаткові матеріальні витрати та затримки в часі. Ще однією суттєвою проблемою в проектуванні є складність обрахунків, внесення будь-яких змін та виведення результатів, тобто людина без спеціальної освіти та знань не зможе повноцінно користуватися готовою схемою, тим паче вносити зміни в неї.

Зважаючи на всі вищеперечисленні недоліки існуючих на сьогодні рішень з проектування схем опалення можна зробити висновки, що дослідження в даній області не є вичерпними, і актуальним є розробка вдосконаленого алгоритму обрахунку параметрів теплової установки, та створення програмної системи, яка могла б усунути існуючі недоліки в даній області, зберігши при цьому переваги уже існуючих рішень. В ході дипломної роботи розроблене програмне забезпечення призначене для автоматизації проектування схеми опалення на базі теплонасосної установки, загальна схема роботи якого відображена на рисунку 2.

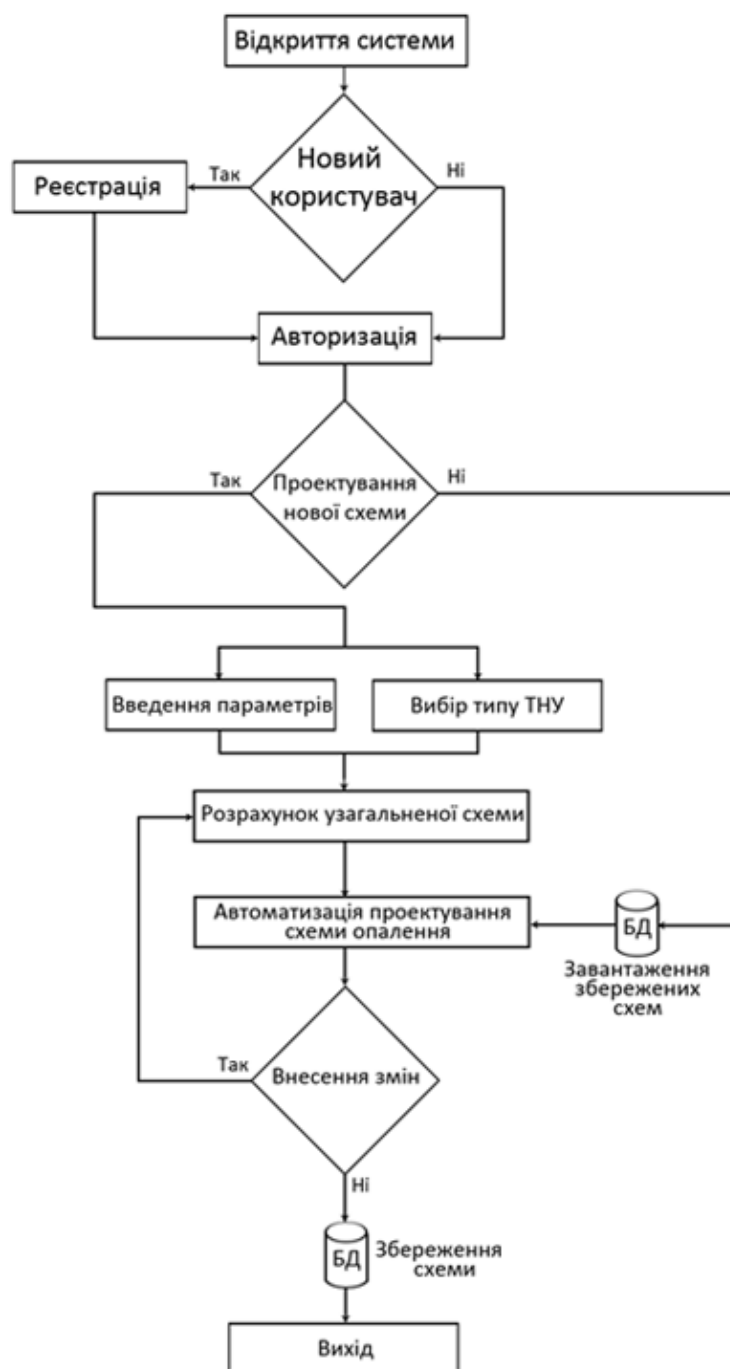


Рисунок 2 - Загальна схема роботи системи

### 3. РОЗРАХУНОК ПАРАМЕТРІВ РОБОТИ ТНУ

У даному розділі наведено алгоритми які на основі заданих користувачем вхідних даних обраховують параметри для побудови схеми опалення. Враховуються всі можливі варіації обрахунків для отримання узагальненої схеми, що відображає роботу різних типів ТНУ на одному й тому ж об'єкті, що дає змогу користувачеві миттєво бачити всі показники, та різницю в них при використанні різних джерел низькопотенційної енергії.

Для задання вхідних даних необхідно вказати наступне:

1. Розміри будинку: довжина  $a=10\text{м}$ , ширина  $b=10\text{м}$ , висота  $h=3\text{м}$ .
2. Кількість поверхів  $n=1$ .
3. Тип огорожувальної конструкції: дерево,  $\lambda=0.4 \text{ В/м}^*\text{К}$
4. Бажану температуру всередині приміщення.
5. Область України (кожна з яких відноситься до однієї з температурних зон, для встановлення температури зовнішнього повітря для проектування опалення (середня температура зовнішнього повітря найбільш холодної п'ятиденки з 8 найбільш суворих зим за останні 50 років))[4].
6. Джерело низькопотенціальної енергії - ґрунт.

Маючи всі необхідні дані розрахуємо теплові втрати через огорожувальні конструкції.

1. Розрахунок теплових втрат через стіни

$$Q_{st} := \frac{(t_{vn\_pov} - t_{zovn})}{\frac{1}{\alpha_{in}} + \frac{\delta}{\lambda} + R_{pov\_st} + \frac{1}{\alpha_{out}}} \cdot (2 \cdot h \cdot b + 2 \cdot h \cdot a) \cdot (1 - part\_window) = 6.367 \times 10^3 \text{ W}$$

2. Розрахунок теплових втрат через підлогу

$$Q_{floor} := \frac{(t_{vn\_pov} - t_{gr\_water})}{\frac{1}{\alpha_{in}} + R_{gr} + R_{floor} + \frac{1}{\alpha_{out}}} \cdot (a \cdot b) = 726.875 \text{ W}$$

3. Розрахунок теплових втрат через перекриття

$$Q_{attic} := \frac{(t_{vn\_pov} - t_{attic})}{\frac{1}{\alpha_{in}} + R_{ceiling} + \frac{1}{\alpha_{out\_attic}}} \cdot (a \cdot b) = 7.693 \times 10^3 \text{ W}$$

#### 4. Розрахунок теплових втрат через вікна

$$Q_{\text{window}} := \frac{(t_{\text{vn\_pov}} - t_{\text{zovn}})}{\frac{1}{\alpha_{\text{in}}} + R_{\text{pov\_w}} + \frac{1}{\alpha_{\text{out}}}} \cdot (2 \cdot h \cdot b + 2 \cdot h \cdot a) \cdot \text{part\_window} = 999.818 \text{ W}$$

#### 5. Розрахунок сумарних теплових втрат через огорожувальні конструкції

$$Q_{\Sigma} := Q_{\text{st}} + Q_{\text{floor}} + Q_{\text{attic}} + Q_{\text{window}} = 1.579 \times 10^4 \text{ W}$$

Розрахувавши сумарні теплові втрати приміщення, перейдемо до обрахунку параметрів опалювальних приладів.

#### 1. Температура води в подаючому та зворотньому трубопроводі

$$t_{\text{pd}} := 60 \text{ } ^\circ\text{C} \quad t_{\text{zv}} := 50 \text{ } ^\circ\text{C}$$

#### 2. Тепловий потік від теплої підлоги

$$Q_{\text{warm\_floor}} := \frac{Q_{\Sigma}}{n} = 1.579 \times 10^4 \text{ W} \quad v := \frac{Q_{\text{warm\_floor}}}{4190 \cdot (t_{\text{pd}} - t_{\text{zv}}) \cdot 1000 \cdot \pi \cdot 0.01^2} = 1.199 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

#### 3. Довжина трубки, що утворює теплообмінник теплої підлоги

$$d_{\text{warm\_floor}} := 0.02 \text{ m} \quad l_{\text{warm\_floor}} := \frac{Q_{\text{warm\_floor}} \cdot n}{k \cdot dt_{\text{warm\_floor}} \cdot \pi \cdot d_{\text{warm\_floor}}} = 1.29 \times 10^3 \text{ m}$$

Блок розрахунку термодинамічних характеристик теплового насосу

1. Теоретичний коефіцієнт перетворення ідеального теплового насосу за формулою Карно становить

$$\varepsilon_{\text{ww}} := \frac{t_{\text{pd}} + 273}{t_{\text{pd}} - t_{\text{npd}}} = 5.946$$

#### 2. Потужність компресора

$$\varepsilon = Q_{\Sigma} / N$$

$$N_{\text{ww}} := \frac{Q_{\Sigma}}{\varepsilon} = 2.655 \times 10^3 \text{ W}$$

#### 3. Теплова потужність низькопотенційного джерела з енергобалансу

$$Q_{\text{source}} := Q_{\Sigma} - N = 1.313 \times 10^4 \text{ W}$$

4. Тепловий потік від труб на погонний метр та розрахункова довжина труби (дані розрахунки не проводяться для ТНУ де джерело - повітря)

$$q_{\text{gr}} := (1.4 \cdot \lambda_{\text{gr}} - 0.5) \cdot (t_{\text{npd}} - t_{\text{mid\_gr}}) = 6.57 \frac{\text{W}}{\text{m}} \quad l_{\text{gr}} := \frac{Q_{\text{source}}}{q_{\text{gr}}} = 1.999 \times 10^3 \text{ m}$$



## 4. ПРОГРАМНІ ЗАСОБИ РЕАЛІЗАЦІЇ

Програмне забезпечення реалізоване у вигляді сайту. Для максимальної зручності користувачів, щоб скористатись системою, потрібно лише ввести адресу посилання у вікні браузера. При розробці програмного продукту використані мови програмування PHP та JavaScript, основні переваги яких: висока продуктивність, функціональність, безкоштовність, простота в використанні, кросплатформеність[5].

Використання JavaScript робить функціонування системи миттєвим та надійним та завдяки технології AJAX надає змогу динамічного оновлення даних в системі, для прийняття миттєвих змін в схемі опалення, та відображення нових результатів.

Автоматизація проектування працює наступним чином: відкривши систему, користувачу пропонується пройти реєстрацію, де необхідно вказати основні дані: прізвище, ім'я, логін, пароль. Після задання вищевказаних даних автоматично відбувається авторизація і користувачу відкривається наступна сторінка, де безпосередньо й вказуються вхідні дані, по яких і відбуватиметься розрахунок параметрів схеми та побудова самої схеми опалення.

В залежності від обраного типу ТНУ, який визначається за джерелом низькопотенційної енергії (грунт, ґрунтові води, повітря), проектується схема опалення, яка відразу відображає основні термофізичні показники роботи ТН, температуру в приміщенні, а також показники енергоспоживання компресора. Крім цього відображаються параметри опалювального контуру, такі як довжина внутрішнього та зовнішнього контурів. Користувач може зберігати схеми, задавши їм назву, додавати нові схеми, редагувати попередньо спроектовані та видаляти будь-які з них. Це можливо завдяки використанню в системі бази даних, в якій зберігаються дані вказані користувачем при реєстрації, параметри схем при проектуванні та самі схеми. В базі даних MySQL, інформація знаходиться в хешованому вигляді, тому введені користувачем дані про його будинки та отримані в результаті проекти схем, доступні лише йому.

# ВИСНОВКИ

Дипломна робота на тему «Автоматизація проектування схеми опалення на базі теплонасосної установки» присвячена проблемі вибору ефективного та економічного вигідного способу опалення будівель для будь-якого конкретно взятого випадку.

Метою роботи було - вдосконалити алгоритм обрахунку параметрів для трьох типів ТНУ, розробити автоматизовану систему, яка на основі введених користувачем даних, проведе необхідні фізично термічні розрахунку, побудує узагальнену типову схему опалення на базі ТНУ, відобразить користувачеві основні термічні, енергетичні показники для будь-якого із запропонованих типів теплового насосу, на основі вищевказаних даних користувач зможе самостійно прийняти рішення про застосування даного типу опалювальних техніки на заданому об'єкті.

Для досягнення поставленої мети у ході роботи було виконано ряд завдань:

1. Проведено огляд існуючих рішень в області розрахунку і проектування схем опалення, оцінити їх можливості, визначити основні переваги та недоліки.
2. Знайдено шляхи вирішення існуючих проблем при розрахунку параметрів та проектуванні схем опалення.
3. Розроблено алгоритм узагальненого обрахунку параметрів роботи ТНУ. Вдосконалити існуючі рішення з обрахунку різних типів теплових установок.
4. Створено ком'ютерну систему для забезпечення автоматизації проектування схеми опалення на базі теплонасосної установки.
5. Досліджено можливість використання розробленої комп'ютерної системи на практиці.