Заклад вищої освіти «Подільський державний університет»
Факультет енергетики та інформаційних технологій
Кафедра електротехніки, електромеханіки і електротехнологій

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на тему:

ПРОЄКТУВАННЯ ДЕЦЕНТРАЛІЗОВАНОГО ТЕПЛОПОСТАЧАННЯ З ВИКОРИСТАННЯМ АЛЬТЕРНАТИВНОЇ ЕНЕРГЕТИКИ

Виконав:
здобувач вищої освіти денної форми навчання освітнього ступеня «Бакалавр», освітньо-професійної програми «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка» спеціальності 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»
_____**Дмитро ГАЙДАЧУК**

Керівник: кандидат технічних наук, доцент
_____**Олександр КОЗАК**

Оцінка захисту:
Національна шкала_____
Кількість балів _____Шкала ECTS_____

Допускається до захисту:
«____» _____2026 р.
Гарант освітньої програми
«Електроенергетика, електротехніка
та електромеханіка» спеціальності
141«Електроенергетика,
електротехніка та електромеханіка»
кандидат технічних наук, доцент _____**Ігор ГАРАСИМЧУК**

м. Кам'янець-Подільський, 2026р.

ЗМІСТ

ВСТУП..... 7
1. АНАЛІТИЧНА ХАРАКТЕРИСТИКА ОБ'ЄКТА ТА ІНЖЕНЕРНИХ САНІТАРНО-ТЕХНІЧНИХ СИСТЕМ..... 9
1.1. Структурно-функціональний опис об'єкта 9
1.2. Оцінка властивостей та параметрів огороджувальних конструкцій.. 11
2. ОПИС ТЕПЛОНАСОСНОЇ СИСТЕМИ ОПАЛЕННЯ З ВИКОРИСТАННЯМ ЕНЕРГІЇ ҐРУНТУ 12
2.1. Принципи роботи теплового насоса 12
2.2. Специфіка застосування ґрунтової теплоти в системах теплопостачання 14
3. РОЗРАХУНКОВИЙ АНАЛІЗ ТЕПЛОВИХ ВТРАТ БУДІВЛІ..... 19
3.1. Вихідні параметри для розрахунків 19
3.2. Визначення теплового навантаження системи опалення..... 20
3.3. Оцінка теплових втрат приміщення 20
3.3.1. Втрати енергії через огороджувальні конструкції..... 21
3.3.2. Розрахунок коефіцієнтів теплопередачі огороджувальних елементів 22
3.3.3. Визначення площ огороджувальних конструкцій 24
3.3.4. Обчислення теплових втрат через огороджувальні конструкції 25
3.3.5. Витрати енергії на підігрів інфільтраційного повітря 26
3.3.6. Середньорічна витрата теплоти на опалення 28
3.3.7. Річний баланс теплових витрат..... 28
4. РОЗРАХУНОК СИСТЕМИ ГАРЯЧОГО ВОДОПОСТАЧАННЯ 29
5. ВИБІР ТА РОЗРАХУНОК ЕЛЕМЕНТІВ СИСТЕМИ ТЕПЛОПОСТАЧАННЯ 31
5.1. Розрахунок системи «тепла підлога» 31
5.1.1. Необхідність застосування компенсаційних швів та ізоляції 31

5.1.2. Принцип роботи системи теплої підлоги 32
5.1.3. Конструктивні шари: бетон та декоративне покриття 32
5.1.4. Визначення площі теплої підлоги 33
5.2. Розрахунок панельних радіаторів 40
5.2.1. Конструктивні особливості панельних радіаторів 40
5.2.2. Типологія та геометричні параметри вибраних радіаторів 43
5.3. Вибір теплового насоса 44
5.3.1. Розрахунок вертикального ґрунтового теплообмінника 45
5.4. Вибір буферної ємності системи опалення 46
5.4.1. Розрахунок об’єму буферної ємності 47
5.5. Розрахунок системи гарячого водопостачання 48
5.5.1. Використання плоских сонячних колекторів 49
5.5.2. Розрахунок накопичувального резервуара 50
5.5.3. Вибір типу сонячних колекторів 51
5.6. Вибір розширювальних баків 53
5.6.1. Розширювальний бак для системи опалення 54
5.6.2. Розширювальний бак для системи ГВП 55
6. СИСТЕМА КОНДИЦІОНУВАННЯ ТА ОХОЛОДЖЕННЯ ПОВІТРЯ 57
6.1. Підбір фанкойлів 57
6.2. Вибір буферної ємності для системи охолодження 60
7. ТРУБОПРОВІДНІ МЕРЕЖІ 61
7.1. Гідравлічний розрахунок трубопроводів системи опалення 61
7.2. Визначення гідравлічного опору 62
7.3. Підбір насосного обладнання для системи опалення 64
7.3.1. Насос для системи «тепла підлога» 64
7.3.2. Насос для радіаторної системи опалення 66
8. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ТЕХНІЧНА БЕЗПЕКА 69
8.1. Аналіз небезпечних і шкідливих факторів та заходи захисту 69

8.2. Електробезпека та захист персоналу 70
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ..... 72

ВСТУП

Нетрадиційні та відновлювані джерела енергії дедалі більше розглядаються світовою спільнотою як стратегічний інструмент для подолання глобальних викликів у сфері енергозабезпечення. Їхня ключова перевага полягає у фактичній невичерпності ресурсної бази та відсутності шкідливого впливу на довкілля, що особливо важливо в умовах виснаження запасів викопного палива та наростання екологічної кризи.

Сьогодні такі джерела енергії стали одним із визначальних чинників концепції сталого розвитку. Ведеться активний пошук нових технологічних рішень, удосконалюються вже існуючі методи, здійснюється їх доведення до економічно виправданого рівня та розширюється сфера практичного застосування. Головними причинами цього процесу є прогнозоване скорочення запасів органічного палива, стрімке зростання його вартості, низька ефективність традиційних технологій та їхній руйнівний вплив на екосистеми, що викликає дедалі більшу стурбованість у світі.

Альтернативна енергетика поступово перетворюється на один із базових напрямів розвитку сучасних технологій поряд з інформаційними та нанотехнологіями, формуючи основу нового постіндустріального укладу. Хоча нині частка відновлюваних джерел у світовому виробництві енергії становить лише близько 14 %, їхній потенціал у багато разів перевищує сучасний рівень споживання паливно-енергетичних ресурсів. Динаміка зростання виробництва енергії на основі НВДЕ значно випереджає аналогічні показники традиційної енергетики: у найближче десятиліття прогнозується щорічне збільшення виробництва електроенергії класичними методами на рівні 2,8 %, тоді як для відновлюваних джерел цей показник очікується на рівні 9,2 %.

До категорії НВДЕ належать природні джерела теплоти, такі як сонячне випромінювання, енергія повітря, ґрунту, поверхневих і підземних вод, а також техногенні джерела – теплові викиди будівель, стічні води та промислові відходи.

В Україні потенціал використання таких джерел енергії є надзвичайно високим і значно перевищує прогнозовані потреби у тепловій енергії для всіх

секторів економіки. Водночас проблеми, пов’язані з традиційними джерелами, постають ще гостріше, ніж у країнах ЄС. Причинами цього є застарілі технології, зношеність основних фондів генерації, низька ефективність використання палива, що призводить до масштабних шкідливих викидів. Додатково ситуацію ускладнюють втрати енергії під час транспортування та розподілу, а також залежність від імпортних енергоносіїв.

Для зменшення цієї залежності необхідно впроваджувати енергоощадні технології та розширювати використання НВДЕ, зокрема шляхом застосування теплонасосних систем. Теплові насоси сьогодні вважаються одним із найперспективніших рішень у сфері нетрадиційної енергетики, адже вони здатні ефективно використовувати енергію навколишнього середовища. Використання теплонасосних установок у системах теплопостачання дозволяє комплексно вирішувати енергетичні, економічні, екологічні та соціальні проблеми.

Особливу увагу в Україні привертає геотермальна енергетика. Ґрунт виступає універсальним джерелом низькопотенціальної теплоти, адже на глибині близько 5 метрів температура протягом року зберігається стабільною в межах 8–12 ºС, що створює сприятливі умови для роботи теплових насосів [2,3]. Для вилучення теплоти застосовуються вертикальні та горизонтальні ґрунтові теплообмінники. Найвища ефективність геотермальних систем досягається при їхньому поєднанні з низькотемпературними системами опалення (30–50 ºС), такими як підлогове чи стінове опалення. Саме тому нині поширюється практика інтеграції таких систем із сучасними технологіями теплонасосного генерування енергії.

Існує кілька методик розрахунку вертикальних ґрунтових теплообмінників [3,4], проте вони не враховують оптимальні умови роботи теплонасосних систем опалення. У межах виконання поставленого завдання було проведено дослідження цих умов, на основі якого здійснено розрахунок системи теплонасосного опалення житлового будинку.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

Даний дипломний проєкт бакалавра є прикладом комплексної розробки інженерних систем житлового будинку з використанням ґрунтового теплового насоса. У роботі виконано повний цикл теплотехнічних розрахунків – від визначення теплових втрат і надходжень теплоти до приміщень, до підбору обладнання та розробки системи опалення й кондиціонування.

Проєкт відповідає сучасним вимогам енергоефективності, автоматизації та охорони праці, а також враховує екологічні та санітарно-гігієнічні норми. Особливу увагу приділено вертикальному ґрунтовому теплообміннику, який забезпечує оптимальні умови роботи теплового насоса.

У дипломі реалізовано такі етапи:

1. Розрахунок теплових втрат будівлі.
2. Визначення теплових надходжень у приміщення.
3. Проєктування вертикального ґрунтового теплообмінника.
4. Розрахунок систем опалення та кондиціонування.
5. Підбір обладнання для системи опалення.
6. Розробка заходів з охорони праці та безпеки експлуатації.

Усі технічні рішення виконані відповідно до чинних нормативних документів:

- ДБН В.2.5-67:2013 «Опалення, вентиляція та кондиціонування»;
- ДБН В.1.1-7:2016 «Пожежна безпека об’єктів будівництва»;
- ДБН В.2.6-31:2021 «Теплова ізоляція та будівельна теплотехніка».

Таким чином, дипломний проєкт не лише демонструє практичну реалізацію сучасних інженерних рішень, але й підтверджує відповідність вимогам енергоефективності, безпеки та екологічності.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Енергетична стратегія України на період до 2030 року [Електронний ресурс]. – Режим доступу : zakon1.rada.gov.ua/signal/kr06145.

2. Безродний М.К. Термодинамічна та енергетична ефективність теплонасосних схем теплопостачання: монографія / М.К. Безродний, Н.О. Притула. – К.: НТУУ «КПІ» Вид-во «Політехніка», 2016. – 272 с.

– ДСТУ Б В.2.5-44:2010 Інженерне обладнання будинків і споруд. Проектування систем опалення будівель з тепловими насосами [Текст]. – Чинний від 2010-09-01. - К.: Мінрегіонбуд України, 2010. – IV, 51 с.

3. Безродний М.К. Енергетична ефективність теплонасосних схем теплопостачання/М.К. Безродний, Н.О., Притула. - К.: НТУУ «КПІ», 2012. - 208с.

– Пуховий І.І. Теплонасосне та безпосереднє використання теплової енергії довкілля і її потенціал в Україні / І.І. Пуховий // Енергетика: економіка, технології, екологія. 2005. – № 1. – 92–97 с.

4. Безродний М.К. Теплові насоси та їх використання. [Текст]: посіб. / М.К. Безродний, І.І. Пуховий, Д.С. Кутра. – К.: НТУУ «КПІ», 2013. – 289 с.

5. ДБН В. 2.5 – 67: 2013 Опалення, вентиляція та кондиціювання. – Чинні від 2013 – 09 – 01. – Київ: Міненергобуд України, 2013. – 167 с.

6. Боженко М.Ф. Джерела теплопостачання та споживачі теплоти: Навч. посіб. / М.Ф.Боженко, В.П.Сало. Київ: ІВЦ Вид-во «Політехніка», 2004. – 192 с.

7. ДБН В. 2.6.-31: 2006 зі зміною №1 від 1 липня 2013 року. Конструкції будинків і споруд. Теплова ізоляція будівель. – Чинні від 2007-04-01 – К.: Мінрегіонбуд України, 2006. – 70 с.

8. Куценко, Ю. М. Монтаж електрообладнання і систем керування [Текст]/За заг. ред. В.Ф.Яковлєва; Ю. М. Куценко. – К.: Аграрна освіта, 2009. – 348с.

9. Правила улаштування електроустановок [Текст]: Від 21. 06. 2001р. № 272. – 2-е вид., перероб. і доп. - Х.: Індустрія, 2014. - 800 с.: табл.

10. Правила технічної експлуатації електроустановок споживачів [Текст]. -Х.: Індустрія, 2012. – 320с.: табл.

11. Яцун, М. А. Електричні машини [Текст]: Навчальний посібник / М. А. Яцун. – 2-ге вид., стереотип. – Львів: Львівська політехніка, 2004. – 440с.

12. Гандзюк, М. П. Основи охорони праці [Текст]: Підручник / М. П. Гандзюк, Є. П. Желібо, М. О. Халімовський. - 3-тє вид. – К.: Каравела, 2006. – 392 с.

13. Квітка, С. О. Електроніка та мікросхемотехніка [Текст]: Навчальний посібник / За ред. В. Ф. Яковлєва; С. О. Квітка, О. В. Нікітіна. – К.: Аграрна освіта, 2010. – 329с.

14. Автоматизація технологічних процесів і системи автоматичного керування [Текст]: Навчальний посібник / О. В. Барало, П. Г. Самойленко, С. Є. Гранат.– К.: Аграрна освіта, 2010. – 557с.