

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

## ДИПЛОМНА РОБОТА

на тему:

### ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ОПАЛЮВАЛЬНИХ СИСТЕМ І КОНСТРУКТИВНИХ ОСОБЛИВОСТЕЙ НА ЕНЕРГЕТИЧНУ І ЕКОНОМІЧНУ ЕФЕКТИВНІСТЬ ІНДИВІДУАЛЬНИХ ЖИТЛОВИХ БУДІВЕЛЬ

**Виконав:**

здобувач вищої освіти денної форми  
навчання освітнього ступеня «Магістр»,  
освітньо-професійної програми  
«Енергетичний менеджмент» спеціальності  
141 «Електроенергетика, електротехніка та  
електромеханіка»

\_\_\_\_\_ **Михайло НАКОНЕЧНИЙ**

**Керівник:** кандидат технічних наук, доцент

\_\_\_\_\_ **Олександр КОЗАК**

**Оцінка захисту:**

Національна шкала \_\_\_\_\_

Кількість балів \_\_\_\_\_ Шкала ECTS \_\_\_\_\_

**Допускається до захисту:**

«\_\_\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2023 р.

Керівник проектної групи (гарант освітньої  
програми) «Енергетичний менеджмент»  
спеціальності 141 «Електроенергетика,  
електротехніка та електромеханіка»

кандидат технічних наук, доцент \_\_\_\_\_ **Олег ТКАЧ**

м. Кам'янець-Подільський, 2023р.

## ЗМІСТ

ВСТУП .....	4
РОЗДІЛ 1 ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ, ДОСЛІДЖЕННЯ СВІТОВОЇ ПРОБЛЕМИ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ	<b>Ошибка! Закладка не определена.</b>
1.1 Актуальність проблеми .....	<b>Ошибка! Закладка не определена.</b>
1.2 Світовий досвід .....	<b>Ошибка! Закладка не определена.</b>
1.3 Проблеми ринку енергоефективного будівництва	<b>Ошибка! Закладка не определена.</b>
1.4 Аналіз ситуації індивідуального житлового будівництва в Хмельницькій області.....	<b>Ошибка! Закладка не определена.</b>
РОЗДІЛ 2 ВИВЧЕННЯ ТЕХНОЛОГІЙ, ВИКОРИСТОВУВАНИХ ПРИ БУДІВНИЦТВІ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНИХ ІНДИВІДУАЛЬНИХ ЖИТЛОВИХ БУДИНКІВ .....	<b>Ошибка! Закладка не определена.</b>
2.1 Особливості архітектурних рішень для енергозберігаючого будинку.....	<b>Ошибка! Закладка не определена.</b>
2.2 Каркасні будинки на основі SIP -панелей	<b>Ошибка! Закладка не определена.</b>
2.3 Теплоізоляція для енергозберігаючого будинку	<b>Ошибка! Закладка не определена.</b>
2.4 Рекуперація тепла.....	<b>Ошибка! Закладка не определена.</b>
2.5 Розумний будинок.....	<b>Ошибка! Закладка не определена.</b>
2.6. Опалювання і гаряче водопостачання	<b>Ошибка! Закладка не определена.</b>
2.7 Додаткові джерела електроенергії ..	<b>Ошибка! Закладка не определена.</b>

2.8 Водопостачання і каналізація ..... **Ошибка! Закладка не определена.**

РОЗДІЛ 3 РОЗРОБКА МОДЕЛІ ДОСЛІДЖЕННЯ **Ошибка! Закладка не определена.**

3.1 Вплив розміщення опалювального приладу під вікном на тепловтрати ..... **Ошибка! Закладка не определена.**

3.2 Розрахунок тепловтрат даного об'єкту **Ошибка! Закладка не определена.**

3.2.1 Теплотехнічний розрахунок зовнішніх стін, покрівлі ..... **Ошибка! Закладка не определена.**

3.2.2 Визначення теплової потужності системи опалювання ..... **Ошибка! Закладка не определена.**

3.2.3 Теплотехнічний розрахунок в Comsol **Ошибка! Закладка не определена.**

3.3. Надійність системи опалювання з точки зору часу охолодження будівлі..... **Ошибка! Закладка не определена.**

3.3.1 Розрахунок часу охолодження будинку без опалювання ..... **Ошибка! Закладка не определена.**

3.4 Обґрунтування економічної ефективності і раціональності застосування різних конструктивних і опалювальних системах ..... **Ошибка! Закладка не определена.**

ВИСНОВКИ ..... 7

СПИСОК ЛІТЕРАТУРНИХ ДЖЕРЕЛ ..... 12

## ВСТУП

**Актуальність роботи:** останніми роками, враховуючи високі темпи зростання цін на житлову нерухомість в містах - мільйонниках, перенаселеність центральної частини міста активно робиться масова забудова індивідуальними житловими будинками в приміській частині міста. Індивідуальне житлове будівництво стає трендом, встають питання масовості рішень по економічній ефективності житлового будівництва. На практиці виходить, що вигідніше побудувати індивідуальний житловий будинок, по площі більшій, ніж купити квартиру в спальному районі на околиці міста при тій же ціні, але на порядок меншою площею. У деяких існуючих і більшості новоспечених і планованих селищ для індивідуального житлового будівництва існує нюанс - відсутність централізованого теплопостачання по аналогії з міським середовищем, тому опалювання кожного житлового будинку у більшості випадків влаштоване за допомогою котлів, встановлених усередині кожного будинку. Котли в основному бувають двох типів: газового і електричного. При використанні системи опалювання на основі спалювання газу в газовому котлі - рахунки за комунальні витрати в зимовий період виходять нижче, ніж в міській квартирі меншої площі. Але на переважній більшості забудовуваних ділянок немає, і в найближчій перспективі не планується облаштування газопостачання, а значить топити будинки власникам будинків припаде з використанням електричних котлів. Опалювання з використанням електрики виходить набагато дорожче за опалювання газовим котлом. У наслідок цього - актуальним є питання енергоефективності і енергозбереження.

Слід зазначити, що нині йде активна боротьба за дбайливе відношення до довкілля, збереження її ресурсів і мінімізації шкоди, яку людина наносить природі в процесі своєї життєдіяльності. Існує безліч комплексних підходів до рішення задачі мінімізації техногенної шкоди довкіллю, даному роботі розглядається один з найбільш актуальних напрямів у будівельному проектуванні, яке, окрім дбайливого відношення до природи, вирішує, як

грамотно розподіляти енергетичні ресурси, при експлуатації будівлі і спорудження різного призначення. Новітні енергозберіжні технології у будівництві окрім економії фінансових ресурсів, відкривають і принципово нові можливості для зниження викидів в атмосферу шкідливих речовин. Енергозберіжні технології будівництва є вигіднішим і екологічно грамотним способом забезпечення попиту, що росте з кожним роком, на енергоносії.

**Мета роботи:** актуалізація методів енергоефективного будівництва і проектування, розробка способів застосування енергоефективних технологій при проектуванні і будівництві будівель.

- Розглянути приклади енергоефективних технологій і побудованих будівель і споруд з їх використанням;
- позначити різні методи, використовувані при будівництві енергофактивних будинків;
- проаналізувати ситуацію з індивідуальним житловим будівництвом;
- зробити теплотехнічний розрахунок для деяких рішень по конструктивному пристрою і системі опалювання житлового будинку;
- На основі певних чинників виявити найбільш ефективні технології по раціональному використанню енергоресурсів;
- проаналізувати чинник впливу конструктивних і інженерних рішень, що приймаються, на надійність у випадках відключення теплопостачання.

**Завдання:** проаналізувати методи вирішення питання енергоефективності і раціонального використання електроенергії і інших енергоресурсів при проектуванні і будівництві нових індивідуальних житлових будинків. Методом теоритичного дослідження і інформаційного моделювання визначити і позначити найбільш ефективні і раціональні способи впровадження енергоефективних технологій при проектуванні і будівництві індивідуального житлового будинку, розглянути можливість впровадження цих методів, з метою зменшення витрат на енергоресурси, поліпшення комфортності при експлуатації, підвищення надійності і підвищення рівня екологічності будівництва і експлуатації об'єктів на території України.

**Об'єкт дослідження:** методи проектування енергоефективних житлових будинків. Індивідуальне житлове будівництво з тепlopостачанням за рахунок використання електричного котла. Варіанти облаштування конструктивного виконання і опалювальної системи індивідуального житлового будинку.

**Методи дослідження:** в процесі роботи застосовується аналітичний і емпіричний методи дослідження, аналіз літератури по темі, порівняння різних показників, теплотехнічний розрахунок моделі.

**Наукова новизна** полягає в пропозиції по підвищенню енергоефективності і надійності індивідуального житлового будинку, за рахунок вибору найбільш раціональної конструктивної і опалювальної системи. Розглядається варіант індивідуального житлового будівництва при єдиному джерелі опалювання - електрика. Аналіз питання про додаткові тепловтрати при установці опалювальних приладів під вікном, пропонуються найбільш оптимальна опалювальна і конструктивна система житлового будинку, з точки зору енергоефективності, людського комфорту і надійності, у разі аварійного відключення електроенергії.

## ВИСНОВКИ

У цьому дослідженні були розглянуті питання збереження енергії при будівництві і експлуатації житлових будівель. Розглянуті питання енергоефективності, енергозбереження і економічної ефективності заходів по енергозбереженню. На початку кваліфікаційної роботи був проведений аналіз що склався ситуації у сфері енергоефективного будівництва на світовому і Українському ринку. зафіксовані основні труднощі і проблеми розвитку енергоефективного будівництва в Україні. Розглянуті основні архітектурні, конструктивні і інженерні рішення, сприяючі зберігати, накопичувати і виробляти енергію, вивчені їх особливості, переваги і недоліки кожного з найбільш популярних рішень по енергоефективності

У основній частині кваліфікаційної роботи були проведені теоритично - методичні дослідження з метою визначити найбільш ефективну опалювальну і конструктивну систему для індивідуального житлового будівництва. В якості об'єкту дослідження було вибрано саме індивідуальне житлове будівництво у випадку з системою опалювання житла на електриці, за відсутності в житловому поселенні централізованого газопостачання. Ця ситуація була вибрана як найбільш актуальна на даний момент. За результатами аналізу ринку індивідуального житлового будівництва, приведеного в цьому дослідженні, був виявлений факт активно наростаючого попиту на індивідуальне житло. Масово забудовується передмістя великих міст і більшість з цих селищ не мають підключення до централізованого газопостачання і багато з них, в перспективі і не будуть підключені.

У роботі розглянута гіпотеза того, що при стандартній, звичній і рекомендованій по нормативній документації установці високотемпературних опалювальних приладів для вікон, з метою перекрити потоки холодного повітря, що зглянулися, в приміщення, утворюються додаткові теплові втрати в перегрітій зоні у опалювального приладу. В результаті місцевого підвищення температури повітря різниця температур в зоні біля вікна набагато вище, ніж

різниця розрахункових температур, яка використовується при розрахунках з нормативної документації, в слідство чого утворюються додаткові тепловтрати через світлопрозорі конструкції. Ці тепловтрати не враховуються при стандартних розрахунках, проте кількісна різниця, отримана при теоритическом розрахунку в цьому дослідженні показує, що цей факт слід враховувати, з метою зробити деякі компенсуючі заходи для усунення додаткових тепловтрат. В якості таких заходів пропонується, передусім використати вікна з більш високим опором теплопередачі і розглянути варіант розміщення опалювальних приладів на суміжних стінах. Також основним даним компенсуючим заходом розглядається використання низькотемпературної панельно - променевої системи опалювання.

Об'єкт дослідження є індивідуальним житловим будинком, в якості конструктивної системи для розрахунку розглядалася умовна одноповерхова житлова будівля, простої форми для більше показового і точного розрахунку. Зроблений теплотехнічний розрахунок цієї будівлі за методикою, запропонованою в нормативній документації, використовуваний при проектуванні. Після теплотехнічного розрахунку математичним методом, зроблений теплотехнічний розрахунок за допомогою моделювання в програмному комплексі, Візуально показані температурні поля приміщення і візуалізовані конвективні теплові потоки від системи опалювання. Для розрахунку коефіцієнтів теплопередачі конструкцій, що захищають, була відтворена методика розрахунку за допомогою моделювання умовних ділянок конструкцій, що захищали, зібраних з матеріалів, закладених при проектуванні будівлі, з подальшим теплотехнічним розрахунком. За заданими граничними умовами отримані теплові потоки, що проходять через поверхню конструкції, що захищає.

Використовуючи отримані теплові потоки, за допомогою відомих формул легко розраховані коефіцієнти теплопередачі, отримані досвідченим шляхом за допомогою моделювання. Далі, використовуючи теплотехнічні властивості конструкцій, отримані досвідченим шляхом, моделюється двовимірна проекція



приміщення в двох варіантах: з установкою опалювального приладу під вікном і системою опалювання тепла підлога, для порівняння температурного розподілу в приміщенні і візуалізації конвективних теплових потоків. Досвід показує, що при установці радіатора під вікном, в порівнянні з установкою теплої підлоги, є ряд особливостей : в перших, температура у поверхні вікна значно вище розрахунковою по приміщенню, що у свою чергу, створює додаткові теплові втрати через світлопрозору конструкцію. Отримані результати також показують, що з точки зору теплового комфорту приміщення варіант з використанням теплих підлог має ряд переваг, таких як найбільш сприятливий температурний розподіл по висоті приміщення, менші в порівнянні з установкою радіатора конвективний рух повітряних потоків і менша різниця температур конструкції, що захищає, і повітря поблизу неї. Менший перепад температур повітря і поверхні показує більший тепловий комфорт для людини, оскільки чим більше різниця температур, тим більше збільшується променистий теплообмін людини з холодною поверхнею, відповідно, людина випробовує температурний дискомфорт навіть при досить теплій температурі внутрішнього повітря в приміщенні.

Незважаючи на виявлені переваги, існує схожа думка про неефективність панельно-променистого низькотемпературного опалювання (тепла підлога) в зонах у вікон. Опалювальні прилади рекомендовано розставляти під вікнами саме для того, щоб створити теплову завісу для теплових потоків, що зглянулися, від вікна. Проте теплове моделювання, проведене в цій роботі не виявляє збільшення холодних потоків, що зглянулися, з вікна при застосуванні теплої підлоги, рівно як і не наближає температури поверхонь вікна до точок роси. В якості компенсуючого заходу рекомендується ущільнювати ряд опалювальних внутрішньопольних труб у вікон, щоб створити підвищену тепловіддачу в цих зонах, що сприятиме створенню теплової завіси, що захищає, при це не завищуючи різницю температур в порівнянні з установкою високотемпературних опалювальних приладів біля вікна.

Проаналізований критерій надійності декількох варіантів конструктивною і опалювальною систем. В даному випадку надійність має на увазі максимальну кількість часу, при якому будівля зберігатиме прийнятну температуру будівлі у разі аварійного відключення електроенергії, при якій не будуть розморожені конструкції, системи водопостачання, водовідведення і каналізації. Як дані варіанти використовувалася та ж умовна будівля, використовувана при теплотехнічних розрахунках з деякою варіацією умов : в якості конструктивної системи розглядалося використання конструкцій з дерев'яного каркаса із заповненням утеплювачем або конструкції, що захищали, з газоблоку з шаром утеплювача, а в якості порівняння впливу опалювальної системи на надійність порівнювалася наявність або відсутність системи тепла підлога в масиві цементно - пісчаної стяжки. За допомогою теоритических розрахунків виявлено, що з метою підвищити надійність будівлі при аварійному відключенні тепlopостачання найефективніше використовуватиме стіни з масивних тепломістких, щільних конструкцій з високою теплоємністю, а наявність стягування з теплою підлогою значно підвищує акумулюючу здатність будівлі.

Проведено порівняння економічної складової двох різних конструктивних і опалювальних систем. Для порівняння вартості конструктивних систем використовувалися кошториси на будівництва будинку каркасного виконання і удома з конструкціями, що захищали, з газоблоку, з фундаментом з монолітного ростверка. При порівнянні конструктивних систем виявлена більш висока вартість будівлі з масивних конструкцій. Для порівняння опалювальних систем вибрані два варіанти - опалювання електричними конвекторами і опалювання системою водяна тепла підлога, при використанні електричного котла. Порівняння показало, що хоча вартість монтажу системи тепла підлога значно вища за монтаж електричних конвекторов, у цієї системи є вагома можлива перевага економії електроенергії за рахунок нагріву теплоносія у буферній місткості за нічним тарифом. Таким чином, економія на експлуатації (опалюванні) при використанні системи тепла підлога з теплоаккумулятором вже через 5 років повністю окупить витрати на монтаж цієї системи. Крім того,

окрім використання буферної місткості сама конструкція теплої підлоги має високу інерційність, про яку говорилося раніше, завдяки чому система довше зберігає теплову енергію, а значить вимагає менших витрат на підтримку теплового режиму.

За результатами проведених досліджень були виконані наступні завдання:

- -Проаналізовані методи вирішення питання енергоефективності і раціонального використання електроенергії і інших енергоресурсів при проектуванні і будівництві нових індивідуальних житлових будинків;

- - Методом теоритического дослідження і інформаційного моделювання визначені і позначені найбільш ефективні і раціональні способи впровадження енергоефективних технологій при проектуванні і будівництві індивідуального житлового будинку, розглянута можливість впровадження цих методів на території м. Хмельцький, з метою зменшення витрат на енергоресурси, поліпшення комфортності при експлуатації, підвищення надійності і підвищення рівня екологічності будівництва і експлуатації об'єктів на території України;

- Проаналізований чинник підвищення теплових втрат через конструкції, що захищають і світлопрозорі, залежно від місця установки опалювального приладу і типу опалювальної системи. Запропоновані рекомендації по компенсуючих заходах і виборі найбільш ефективного варіанту системи опалювання;

- Розглянутий чинник надійності опалювальної і конструктивних систем, проаналізовані основні варіанти, запропонована найбільш оптимальна з точки зору надійності конструктивна і опалювальна система.

- Проведено порівняння даних опалювальних і конструктивних систем з точки зору економічної ефективності, виявлена різниця витрат на монтаж і експлуатацію цих варіантів, визначені переваги, недоліки систем. Позначений термін окупності найбільш ефективною з систем.

## СПИСОК ЛІТЕРАТУРНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Міждержавний стандарт. Будівлі житлові і громадські. Параметри мікроклімату в приміщеннях: ДСТУ 30494-2011: прийнятий Міждержавною науково-технічною комісією із стандартизації, технічного нормування і оцінки відповідності у будівництві (МНТКС), (Протокол N 39 від 8 грудня 2011 р.) : дата введення 2013-01-01. - Текст: електронний // Кодекс.- URL: <https://docs.cntd.ua/document/1200095053> (дата звернення: 25.05.2022).
2. Організаційно-методичні рекомендації по підготовці до проведення опалювального періоду і підвищення надійності систем комунального теплопостачання в містах і населених пунктах України: УДС 41-6.2000: затверджені наказом Держбуду України від 06.09.2000 N 203.Текст: електронний // Кодекс.- URL : <https://docs.cntd.ua/document/1200016110> (дата звернення: 25.05.2022).
3. Арутюнян, А.А. Основи енергозбереження: методи розрахунку і аналізу втрат електроенергії, енергетичне обстеження і енергоаудит, способи обліку і зниження втрат, економічний ефект: підручник/ А.А. Арутюнян. – К.: Енергосервіс, 2007. - 600 с.
4. Ананьев, А. І. Комплексний підхід до створення енергоекономічних опалюваних будівель : підручник/ А. І. Ананьев.- К.: НДІСФ, 1998.- 59 -68 с.
5. Богословський, В. Н. Опалювання: підручник/ В. Н. Богословський, А.Н. Сканава.- Київ: Буд, 1991.- 81 с.
6. Майорів В. А. Передача теплоти через вікна: навчальний посібник/ В. А. Майорів - К.: АСВ, 2014-119 с.
7. Махов Л. М. Опалювання: навчальний посібник/ Л.М. Махов. – К.: Видавництво Асоціації будівельних ввз, 2014 - 398 с.
8. Міхеєв М. А. Основи теплопередачі/ М.А. Міхеєв, І.М. Міхеєва. - 2-е видання, стер. - Київ: Енергія, 1997. - 343 с.
9. Косов В. В. Методичні рекомендації за оцінкою ефективності інвестиційних проектів: (Друга редакція) /В. В. Косов, В. Н. Лившиц, А. Г.

Шахназаров Мін. фін. України, Київ: ГК по будівництву, архітектурі і житловій політиці, ВАТ «НВО», вид-во «Економіка», 2000 – 421 с.

10. Сироткін С. А. Економічна оцінка інвестицій як основа стратегічного розвитку на підприємстві: монографія / С. А. Сироткін, Н. Р. Кельчевська, К. А. Віварець. — Хмельницький: УГТУ-УПІ, 2007. — 235 с.

11. Савін В. К. Будівельна фізика: енергоперенесення, енергоефективність, енергозбереження / В. К. Савін. - К: Блакить, 2005 (ППП Тип. Наука). - 425 с.

12. Самарин О. Д. Теплофізичні і техніко-економічні основи теплотехнічної безпеки і енергозбереження в будинку / О. Д. Самарин. - К: КНУС, 2007. – 158с.

13. Теплотехніка: Навчань. для студентів техн. спец. внз / [В. Н. Луканін, М. Г. Шатрів, Г. М. Камфер та ін.]; Під ред. В. Н. Луканіна. - К. : Вищ. школа, 1999. - 671 с.

14. Табуників Ю. А. Енергоефективні будівлі / Ю. А. Табуників, М. М. Бродач, Н. В. Шилкін. - К. : АВОК-прес, 2003. - 192 с.

15. Будівлі і споруди зі світлопрозорими фасадами і покрівлями. Теоретичні основи проектування світлопрозорих конструкцій / Під ред. ред. І. В. Борискіної. Львів: Видавництво Інж.-інформ. центру віконних систем, 2012 - 400с.

16. Опалювальні прилади і поверхні/ Колектив авторів - К: Видавництво центр «Аква-Терм», 2012 - 84 с. - ISBN: 2978-5-905024-04-7

17. Наукові основи проектування енергоефективних будівель. - Текст: електронний// АВОК URL:<https://www.abok.ua/for spec/articles.php?nid=143> (дата звернення 25.05.2022)

18. Сіп панелі: склад, переваги і недоліки, монтаж. - Текст: електронний// Малоповерхова країна URL: [https://m-strana.ru/articles/sip-panelisostav-preimushchestva-i-nedostatki-montazh/?utm\\_source=copy&utm\\_medium=direct&utm\\_campaign=copy\\_from\\_site](https://m-strana.ru/articles/sip-panelisostav-preimushchestva-i-nedostatki-montazh/?utm_source=copy&utm_medium=direct&utm_campaign=copy_from_site) (Дата звернення - 17.12.2021)

19. Швидкість охолодження будинку без опалювання - Текст: електронний// Блог Олександра Воробйова URL: <http://alvo.ua/teplotekhnika/skorost-ostyvaniyadoma-bez-otopleniya.html> (дата звернення 25.05.2022)

20. Порівняння енергоефективності радіаторів і теплих підлог Текст: електронний//Свій сантехнік URL : <https://www.ssanteh.ua/vol heatsel ect.php> 49 (Дата звернення - 17.12.2021).

21. Тепла підлога або батареї - Текст: електронний// Теплодом URL <https://1teplodom.ru/cto - lucse - vybrat - teplyj - pol - ili - batarei - otoplenia/>

22. Електронний журнал по енергозбереженню і енергоефективності «ЕНЕРГОРАДА» Сайт URL: <http://www.energsovet.ua> (Дата звернення - 17.12.2021) Текст: електронний.

23. 9 передових технологій енергозберігаючого будинку. - Текст: електронний//REM STROI URL: <https://remstroiblog.ua/natalia/2016/08/29/9peredovyih - tehnologiy - energosberegayushhih - domov> (Дата звернення 17.12.2021).