

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

**КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА**  
на тему:  
**ДОСЛІДЖЕННЯ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ  
ВИКОРИСТАННЯ ЕЛЕКТРИЧНИХ ІНФРАЧЕРВОНИХ  
ВИПРОМІНЮВАЧІВ ДЛЯ ОБІГРІВУ ПРИМІЩЕНЬ  
РІЗНОГО ПРИЗНАЧЕННЯ**

**Виконав:**

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

\_\_\_\_\_ **Павло БОЙЧУК**

**Керівник:** канд. техн. наук, доцент

\_\_\_\_\_ **Павло ПОТАПСЬКИЙ**

**Оцінка захисту:**

Національна шкала \_\_\_\_\_

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

**Допускається до захисту:**

« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2024 р.

Гарант освітньої програми

«Електроенергетика,

електротехніка та електромеханіка»

спеціальності 141 «Електроенергетика,

електротехніка та електромеханіка»

кандидат технічних наук, доцент \_\_\_\_\_ **Павло ПОТАПСЬКИЙ**

м. Кам'янець-Подільський, 2024р.

## ЗМІСТ

|                                                                                                 | с.        |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>ВСТУП</b> .....                                                                              | <b>6</b>  |
| <br><b>1 АНАЛІТИЧНИЙ РОЗДІЛ</b> .....                                                           | <b>8</b>  |
| 1.1 Спектр електромагнітного випромінювання .....                                               | 8         |
| 1.2 Закони теплового випромінювання .....                                                       | 10        |
| 1.3 Класифікація сучасних інфрачервоних випромінювачів .....                                    | 14        |
| 1.4 Електричні інфрачервоні випромінювачі .....                                                 | 15        |
| 1.4.1 Електричні інфрачервоні випромінювачі з температурою поверхні менше 60 °С.....            | 15        |
| 1.4.2 Електричні інфрачервоні випромінювачі з температурою поверхні 60 – 100 °С.....            | 17        |
| 1.4.3 Електричні інфрачервоні випромінювачі з температурою поверхні 101 – 280 °С.....           | 19        |
| 1.4.4 Електричні інфрачервоні випромінювачі з температурою поверхні більше 300 °С.....          | 20        |
| 1.5 Висновки до розділу 1 .....                                                                 | 24        |
| <br><b>2 РОЗРАХУНКОВО-ДОСЛІДНИЦЬКИЙ РОЗДІЛ</b> .....                                            | <b>26</b> |
| 2.1 Тепловий режим та температура приміщення .....                                              | 26        |
| 2.2 Моделювання теплового режиму приміщення при використанні інфрачервоних випромінювачів ..... | 31        |
| 2.3 Висновки до розділу 2 .....                                                                 | 39        |

### **3 ПРОЕКТНО-КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ.....40**

3.1 Оцінка енергетичної ефективності застосування електричних інфрачервоних випромінювачів.....40

3.2 Ефективність застосування газових інфрачервоних випромінювачів .....43

3.3 Енергетична ефективність, та методика розрахунку електричних інфрачервоних випромінювачів.....48

*3.3.1 Ефективність електричних інфрачервоних випромінювачів.....48*

*3.3.2 Методика розрахунку встановленої потужності електричних інфрачервоних випромінювачів для типових житлових приміщень.....50*

3.4 Висновки до розділу 3 .....57

### **4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ.....58**

4.1 Охорона праці та техніка безпеки при будівництві та експлуатації електричних інфрачервоних систем обігріву .....58

4.2 Розрахунок захисного занулення електричних систем обігріву .....59

4.3 Організація безпеки на енергетичних об'єктах в умовах надзвичайних ситуацій.....62

### **ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ .....66**

### **ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ.....67**

## ВСТУП

**Актуальність теми.** Електричні інфрачервоні випромінювачі є досить новим і перспективним видом обігріву всіх видів приміщень. Вони мають низку переваг перед класичними методами обігріву, а також є дуже економними та практичними при експлуатації та монтажі.

В процесі роботи система інфрачервоного обігріву нагріває поверхню (підлогу, стіну чи меблі) в зоні нагріву. Інфрачервоний нагрів є також одним із прогресивних способів термічної обробки матеріалів і дає високу продуктивність обробки матеріалів та хорошу якість обробки виробів.

Більш детально про переваги і недоліки систем інфрачервоного випромінювання розглянуті В.Н. Богословським. Так, в монографії «Строительная теплофизика» приведені основні залежності і дані про інфрачервоний обігрів та розподіл тепла на поверхнях огорожуючих конструкцій.

Існує багато формул і графіків для розрахунку параметрів системи інфрачервоного обігріву в певних умовах і для поверхонь, що беруть участь в процесі теплообміну.

Все це необхідно знати при виборі для детального аналізу енергетичної ефективності інфрачервоних випромінювачів.

**Метою кваліфікаційної роботи** є аналіз енергетичної ефективності застосування електричних інфрачервоних випромінювачів та розробка окремих параметрів системи формування мікроклімату в приміщеннях, які обігріваються за допомогою таких випромінювачів.

**Об'єктом дослідження** є електричні інфрачервоні випромінювачі.

**Предметом дослідження** є особливості теплообміну в електричних інфрачервоних випромінювачах особливості конструкції та принципу їх роботи.

**Апробація роботи.** Результати досліджень за темою кваліфікаційної роботи були представлені на IV Всеукраїнській студентській науково-практичній конференції «Ефективне використання енергії: стан і перспективи» 09 листопада 2024 року.

**Структура роботи.** Робота складається зі вступу, 4-х розділів, висновків, переліку посилань (23 найменувань).

Загальний обсяг текстової частини – 68 сторінок, 12 таблиць і 27 рисунків.

## ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

У відповідності з метою роботи були вирішені задачі дослідження та одержані наступні результати:

1. Визначені оптимальні конструктивні параметри систем інфрачервоного обігріву: кількість рядів інфрачервоних випромінювачів, крок, кут нахилу, висота підвісу, що забезпечують мінімальну рівномірність опромінення поверхні.

2. Запропоновані нові критерії комфортності, які враховують особливість інфрачервоного обігріву.

3. Дослідження показали, що температура зовнішніх поверхонь огорожуваних конструкцій при використанні інфрачервоних випромінювачів нижча, ніж у традиційних система опалення.

4. Використання систем інфрачервоного обігріву зменшує градієнт температури повітря по висоті приміщення в два рази, що дозволяє зменшити термічний опір конструкцій перекриття та стін.

5. Використання систем інфрачервоних випромінювачів дозволяє зменшити надлишковий перегрів повітря, що дозволяє економити від 15 до 40 % енергоресурсів.

6. В умовах України ефективний локальний обігрів з дотриманням гігієнічних норм можливий, якщо площа зони обігріву складає не менше 40 % від загальної площі приміщення. При використанні інфрачервоних випромінювачів для обігріву будинку, дачі, офісу, гаража і інших приміщень з висотою стелі до 3, 5 м, економія електроенергії складає 30-50 %. При опаленні приміщень з висотою стель від 3,5 до 10 м (цех, завод, склад і ін.) економія складає 70 %.

7. Розроблена методика розрахунку встановленої потужності інфрачервоних випромінювачів для типових житлових приміщень.

8. Початкові капітальні витрати на облаштування систем електричного інфрачервоного обігріву в два рази більші ніж для конвективних систем обігріву але експлуатаційні витрати на 8 % в місяць менші чим витрати на системи водяного чи газового обігріву.

Засвідчую, що у цій кваліфікаційній роботі немає запозичень з праць інших авторів без відповідних посилань.

Здобувач вищої освіти \_\_\_\_\_ Павло БОЙЧУК

## ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Методичні рекомендації щодо виконання та оформлення кваліфікаційної роботи магістра / Т.Д.Гуцол, Л.М.Михайлова, І.Д.Гарасимчук, В.М.Дубік, О.В.Ткач, П.В.Потапський. (За загальною редакцією Михайлової Л. М.) – ПДАТУ, 2019. – 30 с.
2. ДСТУ 3569-97 Енергозбереження нетрадиційні та поновлювані джерела енергії. Основні положення (ГОСТ 30514-97). Режим доступу: [http://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id\\_doc=25862](http://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=25862). – Назва з екрана.
3. Волох П.В., Цоколенко М.П., Ревенко Л.В., Грічаненко В.А. та ін. Довідникова книга з електроенергетики : Навчальний посібник – К.: Аграрна освіта, 2014. – 506 с
4. Електричне освітлення та опромінення: навч. посіб. для студентів вищ. навч. закл. / Р.В. Кушлик, В. Ф. Яковлев, Ю. М. Куценко, М. Л. Лисиченко, М. П. Кунденко, Ю. М. Федюшко, – Х: ТОВ «Планетапрінт», 2016. - 332 с.
5. Болотских Н. Н. Удосконалення методу експериментального дослідження розподілу температур у приміщенні з променевими обігрівачами / Н. Н. Болотских, Ю. В. Журавлев, В. Е. Корсун // Науковий вісник будівництва. Вип. 43. – Харків: ХДТУБА, ХОТВ АБУ, 2007. – С. 276-279.
6. Худенко А. А. Радіаційне опалення і охолодження. Навчальний посібник. /А. А. Худенко. – Київ: КНУБА, 2004. – 152 с.
7. Konrad Bakowski. Sieci i instalacje gazowa. Wydawnictwa Naukowo-Techniczne. Polska.
8. Гузик Д.В. Розрахунок температурних полів конструкцій підлоги в тваринницьких приміщеннях // Тези доп. 50-ї наук. конф. Полтавський Держ. техн. ун-т ім. Юрія Кондратюка. – Полтава, 1998. – 223 с.
9. Малий В.Т., Чорний А.Я. Підлога сільськогосподарських виробничих будівель. – К.: Будівельник, 1983. – 64 с.
10. ВНТП СГиП-46-2.95. Свинарські підприємства. (Відомчі норми технологічного проектування). – К.: Мінсільгосппрод України, 1996. – 44 С.
11. Б. Х Драганов, В. В. Іщенко, О. В. Шеліманова. Експлуатація тепло-енергетичних установок і систем. К.:Аграрна освіта. 2009.-230 с.

12. Гузик Д.В. Вплив контактного теплообміну на тепловий режим конструкцій підлог // Коммунальное хозяйство городов. Респуб. межвед. науч.-техн. сб. – Вып.19. – К.: Техніка, 1999. – С. 129-132.

13. ДБН В. 2.6-31:2006 Конструкції будинків і споруд. Теплова ізоляції будівель. – [Чинний від 2007-04-01]. – К.: Держбуд України, 2006. – 71 с.

14. ДБН В.2.2-15 Будинки і споруди. Житлові будинки. Основні положення. - [Чинний від 2005-01-10]. – К.: Держбуд України, 2005. – 36 с.

15. ДБН В.2.2-9 Будинки і споруди. Громадські будинки і споруди. Основні положення. – [Чинний від 2001-01-01]. – К.: Держбуд України, 1999. – 45 с.

16. Дешко Є.Л. Теплотехнічні основи опалення житлових будинків при індивідуальному термостатичному регулюванні тепловіддачі (з прикладами аналізу та розрахунків для умов півдня Далекого Сходу): автореф. дис. на здобуття вчений. ступеня доктора техн. наук: спец. 05.23.03 “Теплопостачання, вентиляція, кондиціювання повітря, газопостачання, акустика та освітлювальна техніка”/ Є.Л. Дешко - Мінськ, 1973.- 67 с.

17. Дешко Є.Л. Теоретичні основи теплового розрахунку легкобетонної стінової панелі (з урахуванням нестаціонарності режимів теплопередачі та повітропроникнення) при заданій ймовірності безвідмовної роботи з теплових властивостей / Дешко Є.Л. // Теплова ефективність житлових будівель. - М.: НПСФ, 1980.- С56-71.

18. Строй А. Ф. Керування тепловим режимом будівель та споруд: [Монографія] / А. Ф. Стой. – К.: Вища шк., 1993. – 155 с.: ил. – Рос.

19. Жидецький В. Ц. Основи охорони праці. - Львів: Афіша, 2002. - 320 с.

20. Гігієнічна класифікація праці за показниками шкідливості і небезпечності факторів виробничого середовища, важкості та напруженості трудового процесу // Охорона праці. - 1998. - № 6.

21. Правила безпечної експлуатації електроустановок споживачів ДНАОП 0.00-1.21-98.- К.: Основа, 1998. - 380 с.

22. Стручок В.С. Безпека в надзвичайних ситуаціях. Методичний посібник для здобувачів освітнього ступеня «магістр» всіх спеціальностей денної та заочної (дистанційної) форм навчання / В.С.Стручок. — Тернопіль: ФОП Паляниця В. А., 2022. - 156 с.

23. Система дистанційного навчання Moodle 2.7. – «ЗВО «ПДУ»». Режим доступу: <http://pdatu.net.ua/>.– Назва з екрана.