

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ПОЛІСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет інженерії та енергетики

Кафедра електрифікації, автоматизації виробництва та інженерної екології

Кваліфікаційна робота на правах рукопису

Шулима Богдан Іванович

УДК 620.9: 662.91

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

Розробка варіанту системи забезпечення температурного режиму приватного будинку за допомогою інфрачервоних обігрівних панелей та інфрачервоної теплої підлоги
(тема роботи)

141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»
(шифр і назва спеціальності)

Подається на здобуття освітнього ступеня *бакалавр*

Кваліфікаційна робота містить результати власних досліджень.
Використання ідей, результатів і текстів інших авторів мають посилання на відповідне джерело

_____ Шулима Б. І.
(підпис, ініціали та прізвище здобувача вищої освіти)

Керівник роботи

Прядко Володимир Анатолійович
(прізвище, ім'я, по батькові)

ст. викладач кафедри електрифікації,
автоматизації виробництва та інженерної
екології

(науковий ступінь, вчене звання
Консультат

Гончаренко Юрій Павлович
(прізвище, ім'я, по батькові)

к.т.н., доцент кафедри електрифікації,
автоматизації виробництва та інженерної
екології

(науковий ступінь, вчене звання)

АНОТАЦІЯ

Шулима Б. І. Розробка варіанту системи забезпечення температурного режиму приватного будинку за допомогою інфрачервоних обігрівних панелей та інфрачервоної теплої підлоги – Кваліфікаційна робота на правах рукопису. Кваліфікаційна робота на здобуття освітнього ступеня бакалавр за спеціальністю 141 “Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка”. – Поліський національний університет, Житомир, 2023.

В даній кваліфікаційній роботі проведено дослідження та аналіз поширених систем опалення приватного будинку, детально досліджено роботу інфрачервоних опалювальних установок, розроблено проектну модель автономного електричного опалення на основі інфрачервоних нагрівних панелей та інфрачервоної теплої підлоги для конкретного приватного будинку.

Ключові слова: автономне, випромінювання, електричне, живлення, інфрачервоне, опалення, терморегулятор.

ANOTATION

Shulyma B. I. Development of a variant of the system for ensuring the temperature regime of a private house using infrared heating panels and infrared underfloor heating - Qualification work on the rights of the manuscript. Qualification work for the bachelor's degree in specialty 141 "Electric power engineering, electrical engineering and electromechanics." - Polissya National University, Zhytomyr, 2023.

In this qualification work, a study and analysis of common heating systems of a private house was carried out, the operation of infrared heating installations was studied in detail, a design model of autonomous electric heating based on infrared heating panels and infrared underfloor heating for a specific private house was developed.

Keywords: autonomous, radiation, electric, power, infrared, heating, thermostat.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	4
РОЗДІЛ 1. ВИДИ СИСТЕМ ОПАЛЕННЯ	6
1.1. Класифікація видів опалення	6
1.2. Традиційні системи опалення	7
1.3. Інфрачервоні опалювальні пристрої	8
РОЗДІЛ 2. ІНФРАЧЕРВОНЕ ВИПРОМІНЮВАННЯ. ОСНОВНІ ТИПИ ЕЛЕКТРИЧНИХ СИСТЕМ ІНФРАЧЕРВОГО ОПАЛЕННЯ ПРИМІЩЕНЬ.....	10
2.1. Фізичний зміст інфрачервоного випромінювання	10
2.2. Системи інфрачервоного обігріву, які кріпляться на стелю.....	11
2.3. Системи інфрачервоного обігріву, які монтуються в підлогу	13
2.4. Настінні системи інфрачервоного обігріву	14
2.5. Обґрунтування вибору електричної системи інфрачервоного опалення для обігріву приватного будинку	15
РОЗДІЛ 3. КОМБІНОВАНА СИСТЕМА ІНФРАЧЕРВОНОГО ОПАЛЕННЯ ПРИВАТНОГО БУДИНКУ	17
3.1. Розрахунок теплових втрат приватного будинку та електричної потужності системи опалення	17
3.2. Вибір моделі інфрачервоних керамічних панелей	19
3.3. Реалізація системи інфрачервоної теплої підлоги будинку	21
3.4. Особливості монтажу інфрачервоних керамічних панелей	25
3.5. Особливості монтажу інфрачервоної теплої підлоги	28
РОЗДІЛ 4. РЕЗЕРВНЕ ДЖЕРЕЛО ЖИВЛЕННЯ	30
4.1. Дослідження системи автоматичного вводу резерву	30
4.2. Розробка системи резервного живлення на основі дизельного генератора і допоміжної автоматики.....	31
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ.....	34
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	35
ДОДАТКИ.....	37

ВСТУП

Актуальність теми. У холодний період року, найбільшу долю економічних затрат приватного домогосподарства, займають витрати на опалення будинку. Основною перевагою інфрачервоного опалення є його енергоефективність. Воно працює на меншу потужність, ніж традиційні системи опалення, і забезпечує економію електроенергії.

Мета і завдання – дослідження та порівняльний аналіз існуючих на сьогоднішній день систем опалення. Розглянути їх переваги та недоліки, для того щоб обґрунтувати вибір системи опалення яка базується на інфрачервоному випромінюванні. Користуючись вихідними даними, провести теплотехнічні розрахунки для приватного будинку та визначити: потрібну потужність, кількість та марки необхідного технічного обладнання для майбутньої системи опалення.

Об'єкт дослідження – буде проведено дослідження традиційних та альтернативних систем опалення а також систем резервного живлення для приватного будинку.

Предмет дослідження – комбінована система обігріву приватного будинку на основі інфрачервоної теплої підлоги та інфрачервоних нагрівних панелей.

Практичне значення та інженерні рішення – під час виконання даної роботи було обрано саме альтернативні джерела обігріву, враховуючи їх високу ефективність передачі тепла, екологічність та економічну вигоду. Крім того інфрачервоне опалення може бути встановлено як у нових будівлях, так і вже існуючих, що робить його чудовим варіантом для ремонту та модернізації існуючих будівель.

Крім того, інфрачервоне опалення дає можливість локального обігріву. Завдяки наявним терморегуляторам, система дозволяє підтримувати індивідуальний температурний режим в окремих кімнатах а також в різних зонах однієї кімнати.

Перелік публікацій автора за темою дослідження:

1. Шулима Б. І. «Дослідження, аналіз та розробка системи забезпечення температурного режиму приватного будинку за допомогою інфрачервоних обігрівних панелей та інфрачервоної теплої підлоги» / Наукова робота / Збірник тез доповідей науково-практичної конференції I-го туру Всеукраїнського конкурсу студентських наукових робіт з галузей знань і спеціальностей. 18 січня 2023 р. Житомир: Поліський національний університет, 2023. 72 – 75 с.

Дана авторська публікація нагороджена Дипломом за перемогу в першому турі Всеукраїнського конкурсу студентських наукових робіт з галузей знань і спеціальностей у 2022/2023 навчальному році.

2. Шулима Б. І. «Дослідження систем безперебійного електропостачання для їх використання в приватних та господарських будинках». Збірник тез доповідей «Наукові читання – 2023» 01.05.2023ПНУ м. Житомир. Житомир: Поліський національний університет, 2023.

РОЗДІЛ 1

ВИДИ СИСТЕМ ОПАЛЕННЯ

1.1. Класифікація видів опалення

Теплопередача - це процес передачі теплової енергії від одного тіла до іншого за допомогою безпосереднього контакту або через посередні тіла. Теплова енергія передається до того моменту, поки температури всіх тіл не зрівняються, що відповідає термодинамічній рівновазі.

Згідно з другим законом термодинаміки, тепло передається від гарячого тіла до холодного. Виділяють три типи передачі теплової енергії: посередня або безпосередня теплопровідність, шляхом конвекції і шляхом теплового випромінювання.

Опалення може бути автономним і системним або магістральним. Залежно від домінуючого методу передачі тепла, опалення житлових приміщень може бути здійснене конвективним або променевим способом.

Конвективне опалення - це тип опалення, при якому тепло передається в основному за рахунок перемішування гарячого та холодного повітря.

Промєневе опалення - це вид опалення, при якому тепло передається головним чином за допомогою інфрачервоного випромінювання.

Комбінація конвективного та променевого опалення може включати три основні методи передачі тепла: вогнеповітряний, повітряний а також інфрачервоний види опалення.

Приклади вогнеповітряного опалення включають в себе осередки з відкритим полум'ям, каміни, тощо.

Приклади повітряного опалення включають печі, опалювальні радіатори та конвектори різних типів, а також теплові повітряні установки.

Приклади інфрачервоного опалення включають теплі підлоги, ІЧ панелі, газові та електричні рефлектори.

1.2. Традиційні системи опалення

Всі традиційні системи опалення використовують паливо в різних його видах. Тепло, від згоряння палива, передається теплоносію, який нагріває повітря в радіаторах опалювальної системи. Такі системах опалення ще часто називають водяними або рідинними через відповідний теплоносій.

Згідно з фізичними законами, тепле повітря піднімається вгору, а холодне повітря опускається вниз - це явище, відоме як конвекція.

Потік теплого повітря, яке піднімається вгору, може створювати протяги в приміщенні, і також збільшувати втрати тепла через дах і стіни, тобто тепло виходить за межі будівлі. Люди, які знаходяться в нижній частині приміщення, можуть стати "заручниками" зони холодного повітря. На Рис 1.1. показано схему розподілу тепла у випадку традиційної системи обігріву.

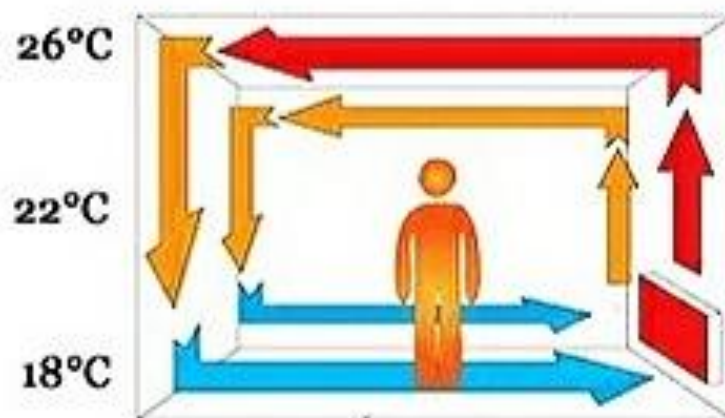


Рисунок 1.1. Розподіл тепла для традиційної системи обігріву приміщення

У випадку водяного опалення приватного будинку найчастіше використовують газовий котел. Окрім складних системи підведення газу, для встановлення газового котла також потрібно мати додаткове приміщення, обладнане системою вентиляції та димоходом. Для циркуляції води в системі необхідний насос та ще багато "допоміжного", обладнання такого, як: розширювальний бак (для компенсації теплового розширення води), повітряні

клапани, фітинги для з'єднання труб і багато інших, необхідних деталей для роботи такої установки.

У випадку централізованого опалення також потрібно будувати велику котельню та прокласти мережу теплотрас. Тому подібна система виходить досить складною та затратною, дивлячись із фінансовою точки зору.

Якщо говорити про електричні каміни, електрорадіатори і тепловентилятори різних видів, то їх принцип роботи теж базується на конвекції: спочатку нагрівається повітря яке в свою чергу передає тепло стінам, меблям і людям. Тож така система є малоефективною і не раціональною.

1.3. Інфрачервоні опалювальні пристрої

На сьогоднішній день виробляються різні пристрої інфрачервоного опалення, що здійснюють ефективний і економний обігрів житлових приміщень.

З природної точки зору, традиційні системи опалення діють невірно, спочатку нагріваючи повітря, а потім вже повітря нагріває всі інші об'єкти в приміщенні.

Головним джерелом тепла на Землі є Сонце. Сонячне випромінювання має дуже широкий спектр, але саме інфрачервона його складова нагріває Землю і всі об'єкти на ній, а вже від них нагрівається атмосфера і виникають комфортні умови для життя.

Електричні інфрачервоні обігрівачі працюють за ідентичним принципом, де повітря для ІЧ променів є абсолютно прозорим, тому ІЧ промені безперешкодно досягають поверхонь та предметів, які обігріваються.

На Рис. 1.2. схематично зображено розподіл тепла у випадку використання інфрачервоного обігрівача.

[Шулима Б. І. «Дослідження, аналіз та розробка системи забезпечення температурного режиму приватного будинку за допомогою інфрачервоних

обігрівних панелей та інфрачервоної теплої підлоги». Збірник тез доповідей «Наукові читання – 2023»]

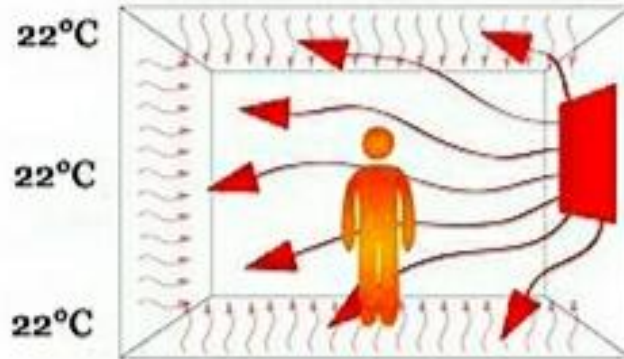


Рисунок 1.2. Розподіл тепла у приміщення з ІЧ обігрівачем

Висновки до розділу 1

Зрозумівши фізичну суть передачі тепла, ми можемо проаналізувати та порівняти різні види пристроїв, призначених для опалення житлових приміщень. Найширше в світі використовують конвекційний (традиційний) тип опалювальних пристроїв – електричні обігрівачі (ТЕНи), масляні радіатори, радіатори та батареї для видних систем опалення .

У той час як звичайні радіатори створюють конвекційне тепло, інфрачервоні обігрівачі дають променисте тепло. Конвекційна теплота нагріває навколишнє повітря, яке має низький рівень теплопередачі тоді як променисте тепло нагріває самі об'єкти, що знаходяться в межах досяжності інфрачервоного обігрівача.

Відсутність конвективних потоків, які сходять вгору, позбавляє мешканців будинку від протягів та пилу. Особливо вигідний такий вид обігріву в приміщеннях з високою стелею.

РОЗДІЛ 2

ІНФРАЧЕРВОНЕ ВИПРОМІНЮВАННЯ. ОСНОВНІ ТИПИ ЕЛЕКТРИЧНИХ СИСТЕМ ІНФРАЧЕРВОГО ОПАЛЕННЯ ПРИМІЩЕНЬ

2.1. Фізичний зміст інфрачервоного випромінювання

Людське око може сприймати лише хвилі які належать до видимого діапазону сонячного випромінювання, (кольори веселки). Але крім цього, нас оточує велика кількість інших енергетичних хвиль, які впливають на наш організм по-різному. Вчені використовують поняття спектру електромагнітного випромінювання для класифікації енергії сонячного випромінювання. Спектр сонячного випромінювання включає сім енергетичних хвиль, розташованих між найдовшими - радіохвилями, і найкоротшими - гамма-променями. (див. Рис. 2.1.).

Інфрачервоне випромінювання фізично є дуже подібне до видимого світла, за винятком того, що не може бути сприйняте сітківкою ока. Іноді його ще називають інфрачервоним світлом.

Отже, інфрачервоне випромінювання – це електромагнітне випромінювання, з довжиною хвилі близько $\lambda = 700$ нм (частота близько 430 ТГц) та мікрохвильовим випромінюванням з довжиною хвилі $\lambda = 1$ мм (частота близько 300 ГГц).

Хоч і людина не бачить інфрачервоного випромінювання, ми відчуваємо його шкірою у вигляді тепла, тому дане випромінювання ще називають тепловим випромінюванням. Довжини хвиль інфрачервоного випромінювання, залежать від температури нагрівання тіла, яке його випромінює: чим вищою є інтенсивність випромінювання і температура, тим коротшою буде довжина хвилі.

[Шулима Б. І. «Дослідження, аналіз та розробка системи забезпечення температурного режиму приватного будинку за допомогою інфрачервоних

обігрівних панелей та інфрачервоної теплої підлоги» Наукова робота 2023 с. 72 – 75 с.]

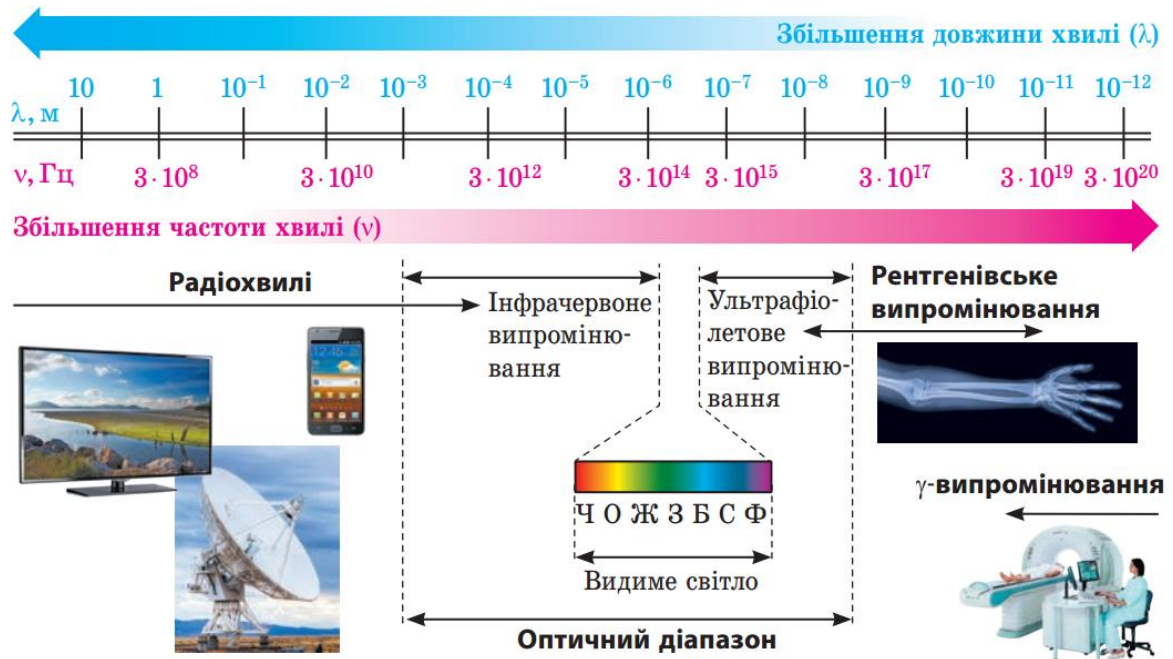


Рисунок 2.1. Спектр електромагнітного випромінювання

На сьогоднішній день, використання систем інфрачервоного випромінювання стає все більш популярним для забезпечення опалення в різних приміщеннях, таких як будинки, квартири, офіси та інші. Далі ми розглянемо основні типи електричних систем інфрачервоного обігріву, які використовуються на сьогоднішній день для опалення приміщень, оцінимо їх переваги та недоліки в порівнянні з традиційними системами опалення..

2.2. Системи інфрачервоного обігріву, які кріпляться на стелю

Інфрачервоний стельовий обігрівач має конструкцію, яка включає нагрівний елемент (тен) та пластину з алюмінію, яка випромінює електромагнітні хвилі потрібної довжини. Вибір матеріалу для тону (вольфрам, кварц або кераміка) визначає потужність та ефективність обігрівача в цілому. Досить часто такі обігрівачі використовують у якості додаткового джерела тепла в приватних будинках. Вони допомагають підтримувати фонову температуру в приміщенні разом з іншими системами опалення, а також

можуть створювати комфортні "острівці" тепла, наприклад в зонах відпочинку або робочих місцях. Важливим є те, що при цьому не віднімається корисна площа приміщення.

Завдяки вбудованому термодатчику, ІЧ обігрівач відключається при досягненні встановленої температури і включається для обігріву, якщо температура в приміщенні впаде нижче заданого рівня. Це дозволяє економити значну кількість електроенергії. Інфрачервоні обігрівачі стельового типу також мають перевагу в тому, що їх можна демонтувати і перевезти, наприклад, до нового місця проживання.

У високих приміщеннях з водяними системами опалення, як вже зазначалося раніше, малоефективні, оскільки тепле повітря піднімається вгору. При висоті стелі від 2,5 до 3,6 метрів, ефективними і економічними можуть бути низькотемпературні підвісні інфрачервоні обігрівачі з температурою випромінювача в межах 100-120 °С. Якщо висота стелі становить 4 метри або більше, то можна безпечно використовувати обігрівачі з високотемпературною поверхнею, до 200 °С і вище. Дані обігрівачі називають високотемпературними. (Рис. 2.2.).



Рисунок 2.2. Високотемпературний інфрачервоний обігрівач

Конструкція і принцип дії таких випромінювачів дозволяє встановлення їх на будь-якій висоті.

2.3. Системи інфрачервоного обігріву, які монтуються в підлогу

В системах інфрачервоного обігріву, які встановлюються під підлогу, використовуються плівкові мати з плоскими нагрівальними елементами, з'єднаними послідовно (див. Рис. 2.3.). Мінімальна товщина цієї системи дозволяє встановити теплу підлогу під будь-яке фінішне покриття, таке як плитка, ламінат, ковролін або лінолеум, без втрати висоти приміщення.

Найефективніша комбінація для тепловіддачі - це використання інфрачервоного обігріву разом з керамічною плиткою, трохи менш ефективно - з ламінатом. Лінолеум і ковролін створюють найбільше екранування інфрачервоного випромінювання, тому підлоги цього типу не є енергоефективними при такому типі обігріву приміщення.

Окрім перерахованих переваг, монтування інфрачервоної плівки в підлогу виконується швидко і без брудних робіт, на відміну від укладання водяної теплої підлоги. Монтаж декоративного підлогового покриття може проводитись відразу, без численних етапів, по встановленню інших видів теплих підлог.



Рисунок 2.3. Інфрачервоний плівковий мат

Рекомендується уникати укладання плівки ІЧ обігріву під меблі, оскільки це може знизити ефективність передачі тепла та призвести до деформації дерев'яних і деревоволокнистих меблевих конструкцій.

2.4. Настінні системи інфрачервоного обігріву

Встановлення настінних інфрачервоних панелей опалення може бути хорошою альтернативою традиційному обігріву на основі радіаторів. Маючи компактні розміри (тонкі) і широкий вибір моделей, настінні інфрачервоні панелі опалення можуть легко бути встановлені в приватному будинку самим лише власником (див. Рис. 2.4.).

Існують різні варіанти інфрачервоних панельних обігрівачів, такі як:

- настінні ПЧ панелі, що можуть бути встановлені замість традиційного радіатора в нішу під вікном;
- дизайнерські настінні ПЧ панелі різних типорозмірів та різноманітних кольорових рішень;
- планки теплих ПЧ плінтусів, що кріпляться по периметру кімнати замість звичайного плінтуса.

Останнім часом все більш популярними в якості додаткових місцевих обігрівачів стають різноманітні елементи інтер'єру, такі як обігрівачі-картини, плінтуси та теплі настінні панелі. Ці нагрівальні елементи складаються з паралельно підключених карбонових ниток, кількість яких може сягати декількох сотень. Це дозволяє кожній нитці працювати без перевантажень, з низьким споживанням енергії, майже без ризику перегріву. Такі обігрівачі мають високу надійність, з терміном служби 10 років і більше.



Рисунок 2.4. Настінні інфрачервоні панелі

2.5. Обґрунтування вибору електричної системи інфрачервоного опалення для обігріву приватного будинку

Враховуючі всю вище згадану інформацію про основні типи електричних систем інфрачервоного опалення приміщень, для реалізації даного проекту було обрано комбіновану систему обігріву на основі інфрачервоної теплої підлоги (ІЧ плівковий мат) та інфрачервоних керамічних нагрівних панелей, що кріпляться на стіну. Це обумовлено в першу чергу високою економічністю, кількість споживання електроенергії ІЧ підлогою значно нижче ніж у аналогів. Серед іншого також варіативність, екологічність, контроль над витратою енергії, можливість точно задати робочі параметри. ІЧ панелі виділяються простотою монтажу і будуть застосовані у невеликих приміщеннях та кімнатах з товстим покриттям (кухня, ванна), де використовувати ІЧ плівку не так доцільно.

Керамічні ІЧ панелі мають не велику товщину самої панелі (від 12мм) і відносяться до теплонакопичувальних обігрівачів панельного типу. Але на відміну від конвективних панелей, розподіл тепла йде більше на променеве інфрачервоне довгохвильове випромінення (корисний спектр сонячного променя) і менше – на конвективне (обігрів повітря).

Інфрачервоні керамічні нагрівні панелі є низькотемпературними обігрівачами, температура поверхні яких коливається в межах від 30 до 90 С⁰, в залежності від теплових втрат приміщення та шаблю його прогріву. Вони не спалюють кисню, оскільки нагрівний елемент залитий в середину панелі та не контактує з повітрям, на відмінну від конвекторів та високотемпературних інфрачервоних панелей. До того ж інфрачервоні керамічні панелі мають високі показники надійності та пожежної безпеки, а можливість вибору любого дизайну – дозволяють підбирати та використовувати їх разом із будь-яким інтер'єром приміщення.

[Шулима Б. І. «Дослідження, аналіз та розробка системи забезпечення температурного режиму приватного будинку за допомогою інфрачервоних обігрівних панелей та інфрачервоної теплої підлоги» / Наукова робота / Збірник

тез доповідей науково-практичної конференції I-го туру Всеукраїнського конкурсу студентських наукових робіт з галузей знань і спеціальностей. 18 січня 2023 р. Житомир: Поліський національний університет, 2023. 72 – 75 с.]

Висновки до розділу 2

Інфрачервоне опалення – це один з небагатьох видів систем опалення, де в якості джерел тепла використовуються інфрачервоні випромінювачі. Інфрачервоне випромінювання – це довгі хвилі, діапазон яких знаходиться за червоним діапазоном видимого спектра. Ми не бачимо ці хвилі, але відчуваємо передане ними тепло.

Інфрачервоний обігрів житлових приміщень може бути здійснений за допомогою настінних установок інфрачервоних обігрівачів та плівкових підлогових або стельових елементів.

Настінні інфрачервоні панелі мають економічну перевагу у порівнянні з іншими обігрівачами, легко монтуються, естетично виглядають та мають широкі варіанти застосування. Плівковий ІЧ мат укладається у просторі між теплоізоляцією та підлоговим перекриттям. Кожен плівковий елемент по суті це є багатошаровим резистором з окремими секціями, що розділені пластиковим слоєм. Випромінюване ним тепло повністю поглинається меблями, стінами та підлогою, цим самим будинок наповнюється теплом. Для ефективного використання цієї технології необхідно ретельно планувати розміщення обладнання та гарантувати зниження теплових втрат під час експлуатації житлових приміщень.

РОЗДІЛ 3

КОМБІНОВАНА СИСТЕМА ІНФРАЧЕРВОНОГО ОПАЛЕННЯ ПРИВАТНОГО БУДИНКУ

3.1. Розрахунок теплових втрат приватного будинку та електричної потужності системи опалення

Розрахунок необхідної теплової енергії для обігріву будинку базується на визначенні теплових втрат. Від цього залежить підбір джерела тепла, необхідна кількість і потужність опалювальних приладів, і, відповідно, сумарна вартість системи опалення.

Зазвичай вважають, що спосіб опалення не впливає на теплотехнічний розрахунок. Однак, при детальному розгляді теплових процесів, які мають місце в опалювальному приміщенні, виявляється, що в разі використання інфрачервоного опалення він має певні відмінності від традиційного конвективного опалення.

Початковим етапом розрахунку системи опалювання приватного будинку є теплотехнічний розрахунок його огорожувальних конструкцій з визначенням матеріалу ізоляції і значень коефіцієнтів теплопередачі. Після цього проводиться визначення теплових втрат і вибір необхідної потужності системи опалення.

На рисунку 3.1. зображено план приватного будинку для якого буде проведено теплотехнічний розрахунок. Даний приватний будинок містить дві спальні кімнати, гостинну кімнату, хол, кухню, ванну кімнату та тамбур.

Всі необхідні вихідні дані для проведення теплотехнічного розрахунку та визначення електричної потужності системи опалення інфрачервоними керамічними нагрівними панелями по кожній із кімнат приватного будинку занесені до (див. табл. 1, Додаток А).

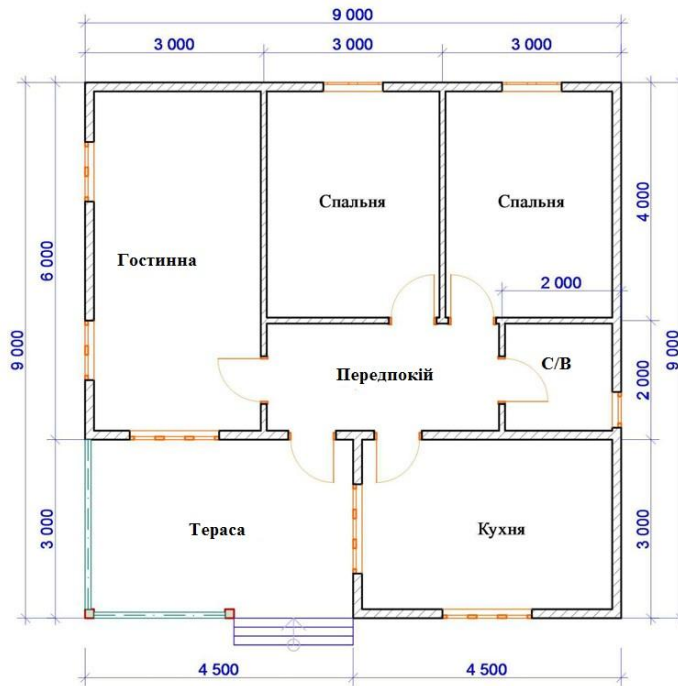


Рисунок 3.1. План приватного будинку

Використовуючи вихідні дані (табл. 1, Додаток А) я провів теплотехнічний розрахунок кожної з кімнат приватного будинку (рис. 3.1.). Визначив теплові втрати будинку, теплові втрати які ідуть на нагрівання вентиляційного повітря в приміщенні та втрати на нагрівання повітря яке прийшло ззовні.

Після визначення сумарних теплових втрат для кожної кімнати будинку, я розрахував електричну потужність системи опалення в кожній із кімнат приватного будинку.

В результаті я отримав, загальну електричну потужність системи опалення всього будинку.

3.2. Вибір моделі інфрачервоних керамічних панелей

На сьогоднішній день існує досить широкий спектр вибору настінних інфрачервоних нагрівних панелей для обігріву квартир, приватних будинків та офісів. Серед них існують такі відомі в даній сфері виробники, як: Africa, Teploceramic, Ardesto, UDEN-S, Termoplaza, Klimat On та інші. Однак за співвідношенням ціна/якість лідером на ринку України є інфрачервоні панелі фірми UDEN-S.

Інфрачервоні панелі фірми UDEN-S можна використовувати як самостійну систему опалення в квартирі, будинку, на дачі, а тому вони підходять для виконання завдання поставленого в даному дипломному проекті. Ці панелі володіють наступним значним рядом переваг, а саме:

- швидкий і легкий монтаж (в приміщенні площею 50 - 60 м² система опалення на базі таких інфрачервоних нагрівних панелей встановлюється за один день. До того ж це можливо без пошкодження інтер'єру);
- нагрів приміщення відбувається дуже швидко;
- встановлення системи опалення на базі таких панелей в 1,5 – 2 рази дешевше за традиційні опалювальні системи, до того ж, відсутні витрати на щорічне технічне обслуговування.

Фірма UDEN-S виготовляє настінні електронагрівні панелі в універсальному виконанні (провід з вилкою) та під монтаж системи опалення (із виводами для підключення), що є також великим плюсом у нашому випадку, адже нас цікавить саме другий варіант підключення такої системи.

Технічні характеристики та ціна інфрачервоних настінних електронагрівних панелей, які виробляються фірмою UDEN-S наведені в таблиці 2, з якої можна побачити, що номінальна потужність однієї панелі може становити 500 або 700 Вт, що теж дозволить оптимально підібрати їх необхідну кількість для кожної із кімнат приватного будинку, який розглядається в даному дипломному проекті.

Таблиця 3.1. Технічні характеристики інфрачервоних панелей фірми UDEN-S

Параметр та ціна	UDEN-500	UDEN-700
Номінальна потужність, Вт	500	700
Номінальна напруга мережі, В	220	220
Площа випромінювання, м ²	0,39	0,475
Площа обігріву приміщення з висотою 2,5 м, м ²	до 10	до 14
Об'єм обігріву, м ³	до 25	до 35
Робоча температура поверхні, С ⁰	85	85
Ширина, мм	475	475
Довжина, мм	800	1000
Товщина, мм	35	35
Маса, кг	7,6	9
Кріплення	настінне	настінне
Вартість, грн	3254	3500

На рис. 3.2. зображено загальний вигляд та будову інфрачервоної панелі фірми UDEN-S.

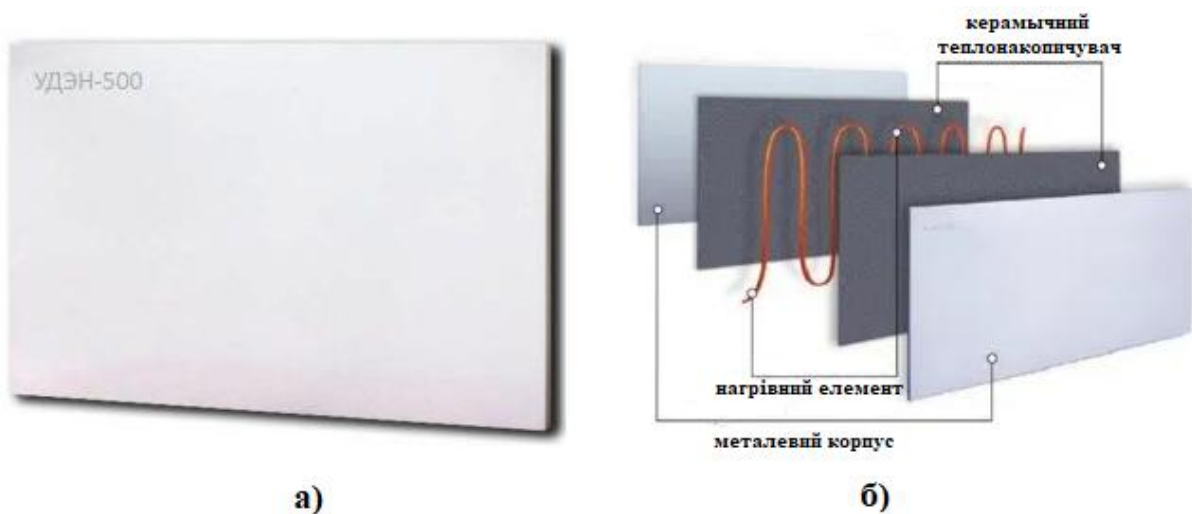


Рисунок 3.2. Панель фірми UDEN-S : а) загальний вигляд; б) будова

Дані інфрачервоні панелі будуть розміщені в невеликих кімнатах будинку, через їх робочу ефективність.

Враховуючи розрахунки проведені в попередньому підрозділі та визначену в ньому електричну потужність системи опалення в кожній із кімнат приватного будинку $P, \text{кВт}$, проведемо підбір необхідної кількості панелей для

окремих кімнат будинку і для зручності, отримані результати запишемо до табл. 3.2. Однак потрібно враховувати, що загальна потужність панелей не повинна бути меншою за розраховану потужність системи опалення кімнати, тобто:

$$\sum P_{\text{ІЧ_панелі}} \geq P_{\text{кімнати}}, \quad (3.1)$$

де:

$\sum P_{\text{ІЧ_панелі}}$ – загальна потужність інфрачервоних панелей в приміщенні, кВт;

$P_{\text{кімнати}}$ – електричну потужність системи опалення кімнати, кВт.

Таблиця 3.2 Підбір інфрачервоних панелей

$P_{\text{кімнати}}, \text{кВт}$	Тип панелі	Кількість панелей	$P_{\text{ІЧ_панелі}}, \text{кВт}$	$\sum P_{\text{ІЧ_панелі}}, \text{кВт}$
Передпокій				
0,88	UDEN-500	2	0,5	1
Ванна кімната				
0,44	UDEN-500	1	0,5	0,5
Кухня				
1,57	UDEN-500	2	0,5	1,7
	UDEN-700	1	0,7	

3.3. Реалізація системи інфрачервоної теплої підлоги будинку

При розрахунках споживання електроенергії ІЧ плівки слід чітко розрізняти два поняття:

1. Максимальне споживання або необхідна виділена потужність на 1 м² плівки (пускові струми)

Споживання електроенергії для 1 м² ІЧ плівки на годину дорівнює приблизно 150, або 220 Вт / м², (в залежності від моделі). Така плівка за 15 - 20 хвилин після включення нагріється до температури 50 - 55 ° С і триматиме її постійно. Тому, при розрахунку виділеної потужності всієї системи ІЧ опалення, слід враховувати даний параметр. Отже, якщо в приміщенні потрібна постійна температура підлоги 50 ° С - то плівка споживатиме 150 або 220 Вт / м².

Графік витрати електроенергії та часу нагрівання ІЧ теплої підлоги зі споживанням 240 Вт/год при максимальній температурі плівки 55 ° С представлений на Рис. 3.3.

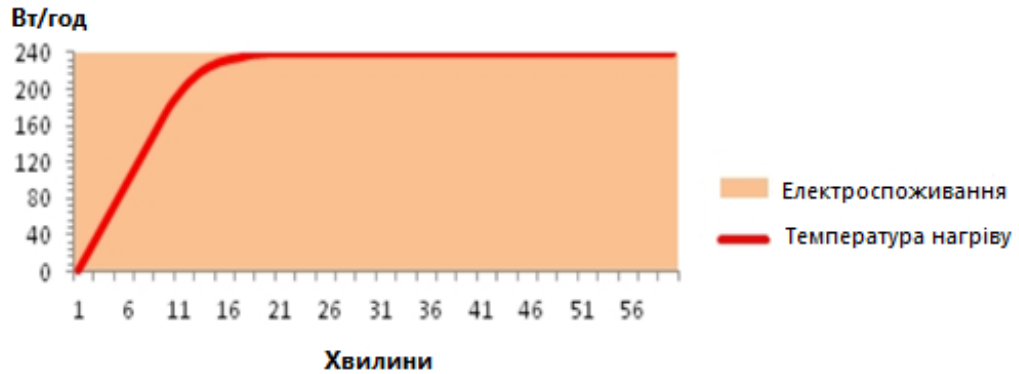


Рисунок 3.3 Максимальне споживання потужності 1 м² теплої інфрачервоної підлоги при температурі нагрівання 55С⁰

Тобто, в гостинній кімнаті з площею 18 м² максимальне споживання потужності складатиме 4320 Вт. В спальній кімнаті №1 та спальній кімнаті №2 з однаковою площею 12 м² максимальне споживання потужності буде по 2880 Вт.

2. Реальне щоденне споживання електроенергії 1 м² ІЧ плівки (10 - 60 Вт / год) – це те звичайне робоче споживання ІЧ плівки за яке слід платити (Рис. 3.4.).

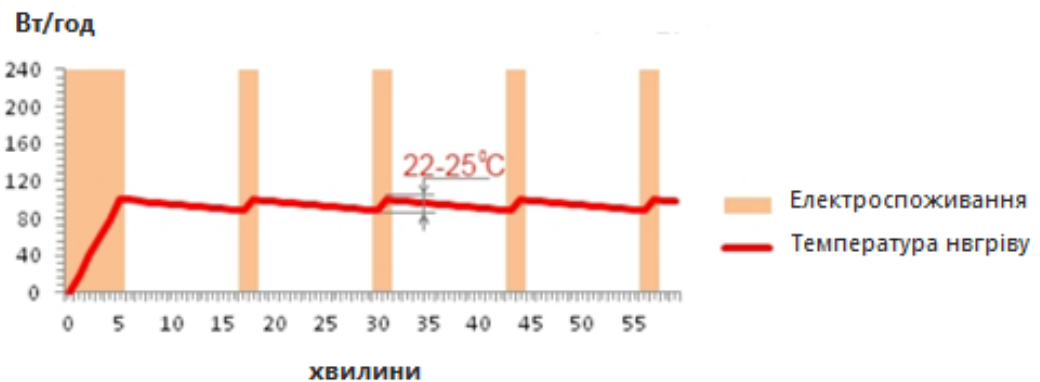


Рисунок 3.4. Максимальне споживання потужності 1 м² ІЧ теплої підлоги при робочій температурі 22-25 °С

Тобто, у звичайному режимі роботи теплої підлоги для гостинної кімнати з площею 18 м^2 споживання потужності складатиме 720 Вт . В спальній кімнаті №1 та спальній кімнаті №2 з однаковою площею 12 м^2 споживання потужності буде по 400 Вт .

Інфрачервоний плівковий мат займає $40 - 70\%$ площі усієї кімнати. ІЧ підлога дуже швидко нагрівається і а допомогою терморегулятора після досягнення заданої температури автоматично відключається.

Автоматичний терморегулятор відіграє значну роль у економії електроенергії підчас опалення. З ним можна налаштувати оптимальний режим обігріву кімнат, уникнувши зайвого опалення деяких приміщень, наприклад кухні, коридору чи ванної кімнати вночі. Це дозволяє економити енергію від максимальної потужності інфрачервоної плівки на рівні $60 - 90\%$. Залежно від численних факторів, періоди включення плівки обігріву можуть варіюватись від 6 до 25 хвилин на годину.

Щоб визначити економічну доцільність використання ІЧ плівки у якості джерела опалення, проведемо розрахунок енергоспоживання ІЧ плівки на заміський будинок з загальною площею 81 м^2 (див. Рис. 3.1. у розділі 3 даної роботи). Оскільки у частині кімнат уже задіяна інша система обігріву, використання ІЧ теплої підлоги стосується тільки двох спальних кімнат та гостинної кімнати.

Отже отримаємо наступні результати:

1) Візьмемо площу кожного окремого опалювального приміщення і всіх приміщень в цілому:

- для гостинної кімнати вона становить: 18 м^2 ;
- для спальної кімнати №1 площа рівна 12 м^2 ;
- для спальної кімнати №2 площа буде дорівнювати теж 12 м^2 .

Отже загальна площа яку буде задіяно для обігріву інфрачервоною підлогою в будинку буде рівна:

$$S_{\text{заг.іч.плівка}} = S_{\text{гостин.кімн.}} + S_{\text{спальн.кім 1}} + S_{\text{спальн.кім 2}} \quad (3.2)$$

$$S_{\text{заг.іч.плівка}} = 18 + 12 + 12 = 42 \text{ м}^2$$

2) Прийнято вважати, що площа, яку потрібно застелити інфрачервоною плівкою має становити 40 - 50% від усього приміщення для допоміжного опалення і 60 - 70% від усього приміщення для основного опалення. Отже враховуючи той факт, що підлога є основним опаленням в вище вказаних кімнатах, будемо мати наступні дані по застиланню інфрачервоною плівкою в цих приміщеннях:

$$S_{\text{іч.плівки гостин.кімн.}} = \frac{S_{\text{гостин.кімн.}} \cdot 70\%}{100\%} = \frac{18 \cdot 70\%}{100\%} = 12,6 \text{ м}^2; \quad (3.3)$$

$$S_{\text{іч.плівки спальн.кім 1}} = \frac{S_{\text{спальн.кім 1}} \cdot 70\%}{100\%} = \frac{12 \cdot 70\%}{100\%} = 8,4 \text{ м}^2;$$

$$S_{\text{іч.плівки спальн.кім 2}} = \frac{S_{\text{спальн.кім 2}} \cdot 70\%}{100\%} = \frac{12 \cdot 70\%}{100\%} = 8,4 \text{ м}^2;$$

Отже загальна площа необхідної інфрачервоної плівки буде становити:

$$S_{\text{іч.пл.заг.}} = S_{\text{іч.пл.гостин.кімн.}} + S_{\text{іч.пл.спальн.кім 1}} + S_{\text{іч.пл.спальн.кім 2}} \quad (3.4)$$

$$S_{\text{іч.плівки заг.}} = 12,6 + 8,4 + 8,4 = 29,4 \text{ м}^2$$

Попередні розрахунки в розділі 3 даної кваліфікаційної роботи, надали інформацію про те, що електрична потужність системи опалення для кожної з кімнат дорівнює:

- спальня кімната №1 – 1,04 кВт;
- спальня кімната №2 – 1,3 кВт;
- гостинна кімната – 1,8 кВт.

Виберемо марку інфрачервоної плівки “RexVa XiCA” технічні характеристики якої наведені в табл. 3.3.

Таблиця 3.3. Технічні характеристики інфрачервоної нагрівної підлоги RexVa

RexVa XiCA	
Номінальна напруга мережі, В	220
Номінальна потужність, Вт/м ²	220
Середньодобове споживання електроенергії з використанням терморегулятора, Вт/м ²	40-60
Максимальна температура поверхні плівки, °С	60
Температура плавлення плівки, °С	250
Товщина плівки, мм	0,228
Ширина, см	50
Крок нагрівних модулів (секцій), м	0,25
Відсоток ІЧ-променів, %	93,6
Довжина хвилі ІЧ-випромінення, мкм	5-20
ККД перетворення електро- в теплову енергію, %	96-98
Вартість, грн/м ²	400

3.4 Особливості монтажу інфрачервоних керамічних панелей

Інфрачервоні настінні електронагрівні панелі фірми UDEN-S монтуються на стіну, як і було задумано виробником.

Особливість монтажу таких панелей полягає в тому, що їх необхідно встановлювати на висоті не менше 20 см від підлоги. Така висота дозволяє холодним потокам повітря знизу потрапити в простір між обігрівачем та стіною, де вони будуть нагріті обігрівачем. Оскільки нагріте повітря піднімається вгору, необхідно також залишити вільний простір над обігрівачем, що також становить приблизно 20 см, для вільного виходу нагрітого повітря. Якщо ж існують обмеження обумовлені малою висотою стіни (припустимо, під

підвіконням), то монтувати керамічну панель можна на мінімально можливій відстані від підлоги і до підвіконня.

Якщо ж розміщувати інфрачервоні панелі на стелю, то порушиться принцип кругообігу нагрітих та охолоджуючих мас повітря і ефективність роботи обігрівача суттєво знизиться.

Найкраще місце для встановлення інфрачервоних електронагрівних панелей – це найхолодніша стіна в приміщенні, яка межує з зовнішнім повітрям. Задня поверхня обігрівача буде прогрівати стіну, створюючи таким чином «теплову завісу», яка буде запобігати втратам тепла із середини приміщення.

Монтуються обігрівачі дуже просто. Виробник комплектує інфрачервоні нагрівні панелі шаблоном та набором кріплень (для кожної із моделей свій шаблон). В місці монтажу, по шаблону слід просвердлити 4 отвори діаметром 8 мм. В просвердлені отвори встановлюються дюбеля та прикручуються металеві кріплення шурупами. Після чого встановлюється сама інфрачервона нагрівна панель.

З попереднього підрозділу ми вже вияснили що у забезпеченні правильної роботи нашої системи електричного опалення важливим елементом є автоматичний терморегулятор (термостат). Терморегулятор контролюватиме встановлений температурний режим, включаючи та виключаючи обігрівачі відповідно до потреб, що забезпечить повну автоматизацію системи опалення та збільшить економічність її роботи.

Термостат рекомендується встановлювати на висоті, приблизно середини стіни, оскільки середина кімнати є межею між холодними та теплими потоками циркуляції повітря.

За способами монтажу розрізняють два типи терморегуляторів: розетковий та настінний. В нашому випадку ми будемо використовувати другий тип регуляторів.

Настінний автоматичний терморегулятор дещо важче монтувати, але за допомогою нього зручніше керувати великою кількістю інфрачервоних

нагрівних панелей і його можна встановити в будь-якому необхідному на стіні місці. Він кріпиться до стіни саморізами або встановлюється в монтажну коробку і підключається до панелей. Так як в нашому випадку декілька панелей будуть встановлені в одній кімнаті, то підключатись між собою вони будуть паралельно (див. рис. 3.5.).

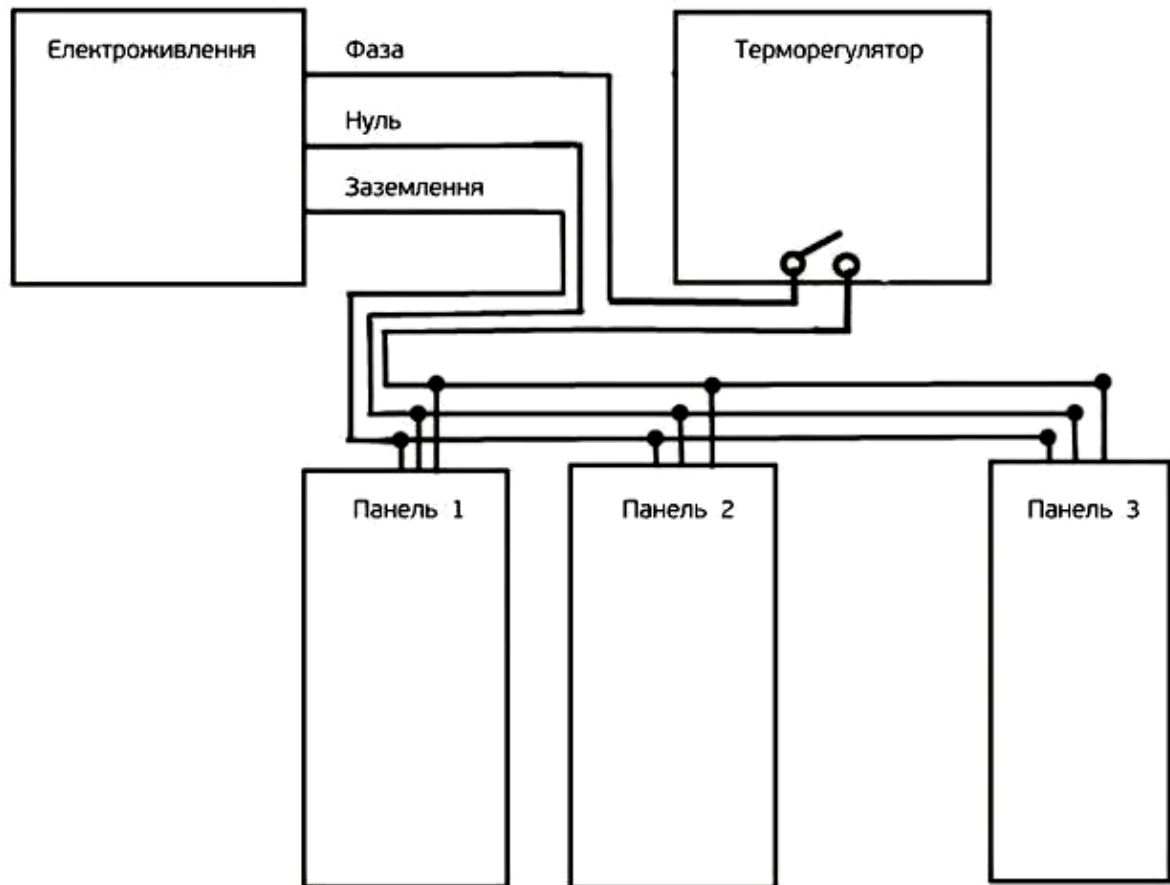


Рисунок 3.5. Підключення інфрачервоних панелей до терморегулятора

В розробленій системі опалення, використовується три терморегулятори для трьох різних зон опалення інфрачервоними панелями у кухні, передпокої та ванній кімнаті. Вибрані терморегулятори та їх технічні характеристики вказані у табл. 3.4.

Таблиця 3.4. Технічні характеристики терморегулятора EcoReg m5.16.

<i>EcoReg m5.16</i>	
Тип терморегулятора	механічний
Номінальна напруга мережі, В	220
Максимальна потужність, Вт/м ²	3000
Струм навантаження, А	16
Діапазон регулювання температури, °С	+5...+40
Розміри, мм×мм	80×80
Кількість зон обігріву	1
Вартість/шт., грн	450
Необхідна кількість, шт.	3

3.5. Особливості монтажу інфрачервоної теплої підлоги

Інфрачервону теплу підлогу розстеляють в приміщенні смугами (рис. 3.6.), ширина рулону вибраної плівки 50 см.



Рисунок 3.6. Спосіб розстелення ІЧ підлоги у кімнаті.

Плівковий ІЧ мат не слід застеляти під велику мебель таку як ліжка, шафи, тумби і електротехніку, наприклад пральну машинку.

Для кожної із зон опалення буде встановити окремий термостат.

Звичайний терморегулятор вибирають з запасом в 20-30% від максимальної потужності підконтрольної ділянки.

Максимальна потужність в кімнатах які потрібно обігріти теплою підлогою становить для: спальної кімнати №1 – 1,04 кВт; спальної кімнати №2 – 1,3 кВт; гостинної кімнати – 1,8 кВт. Отже вибраний терморегулятор та його технічні характеристики яких наведені в табл. 3.5.

Таблиця 3.5. Технічні характеристики терморегулятора In-Therm RTC 70.

Терморегулятор In-Therm RTC 70	
Тип терморегулятора	механічний
Номінальна напруга мережі, В	220
Максимальна потужність, Вт/м ²	3000
Максимальна сила струму, А	16
Діапазон регулювання температури, °С	+5...+40
Розміри, мм×мм	65×65
Кількість зон обігріву	1
Вартість/шт., грн	495
Необхідна кількість, шт.	3

Вибраний терморегулятор марки In-Therm RTC 70 зображено на рис. 3.7.



Рисунок 3.7. Зовнішній вигляд механічного терморегулятора марки In-Therm RTC 70.

Висновки до розділу 3

У третьому розділі було проведено теплотехнічні розрахунки будинку. На основі розрахунків, для кожної з кімнат було визначено: потрібну кількість та марки настінних інфрачервоних панелей, необхідну площу та марку інфрачервоної плівки. Для підтримки індивідуального температурного режиму кожної кімнати, було вибрано терморегулятори до відповідних приладів.

РОЗІЛ 4

РЕЗЕРВНЕ ДЖЕРЕЛО ЖИВЛЕННЯ

4.1 Дослідження системи автоматичного вводу резерву

Для безперебійного електропостачання приватних будинків, і господарських будівель підсобного господарства застосовують автоматичний ввід резерву.

Основна суть автоматичного введення резерву (АВР) полягає в тому, щоб забезпечити безперебійне електропостачання критичних пристроїв і споживачів, навіть в разі короткочасного або тривалого відключення електроенергії. АВР – це система, яка здатна автоматично перемикає навантаження між різними незалежними джерелами живлення в разі аварії або інших відмов в роботі системи електропостачання. Різні схеми АВР можуть використовуватись в залежності від вимог і обставин. Зокрема, існують такі типи схем: АВР з пріоритетом першого введення, з рівноцінними вводами і без повернення.

1. Схема з пріоритетом першого введення: при відсутності напруги на першому вводі, система автоматично перемикається на другий ввід. Після відновлення напруги на першому вводі, система повертається до нього.

2. Схема з рівноцінними вводами: будь-який з двох вводів може бути як робочим, так і резервним. При відсутності напруги на першому вводі, система автоматично перемикається на другий ввід без повернення на перший. При відсутності напруги на другому вводі, система повертається на перший ввід.

3. Схема без повернення: цей тип схеми відрізняється тим, що при відновленні напруги від робочого джерела, повернення до вихідного стану відбувається вручну.

Для забезпечення ефективної роботи АВР варто ретельно вибрати відповідну схему в залежності від потреб і вимог системи електропостачання.

В Додатку Б рис. 1, представлена схема яка є найпростішою серед схем АВР.

Дослідивши основні положення про пристрої автоматичного вводу резервного джерела, можна розглядати наступне. А які джерела живлення доцільно використовувати для електропостачання об'єктів проектування, і яка автоматика допомагає регулювати таку систему.

[Шулима Б. І. «Дослідження систем безперебійного електропостачання для їх використання в приватних та господарських будинках». Збірник тез доповідей «Наукові читання – 2023»].

4.2. Розробка системи резервного живлення на основі дизельного генератора і допоміжної автоматики

Дизельні генератори вважаються одними з найкращих варіантів резервного живлення для приватних будинків. Однією з головних переваг є їх висока надійність та довговічність. Інша важлива перевага дизельних генераторів - це їх потужність. Все це разом дозволяє забезпечувати електроенергією всі необхідні пристрої та системи в будинку, включаючи великі навантаження, такі як системи кондиціонування повітря, системи електричного опалення, підігрівачі води та інші важливі електричні прилади.

Саме чотиритактні генератори з частотою обертання до 3000 об/хв найчастіше використовують в якості резервного джерела у заміських домогосподарствах.

Окрім того, варто знати, що дизельні генератори потребують певного рівня обслуговування, такого як регулярна перевірка рівня палива, масла, та охолоджувальної рідини, очищення фільтрів, та інше.

Таблиця 4.1. Критерії вибору генератора

Питання	Варіанти відповідей
Спосіб застосування?	Основне джерело електропостачання Резервне джерело електропостачання
Спосіб запуску?	Ручний запуск Автоматичний запуск
Підбір потужності?	Відсутні перевантаження Відсутність роботи без навантаження Оптимальні витрати палива
Кількості фаз?	Однофазний (230 В) Трифазний (400 В)
Тип палива	Дизельний генератор Бензиновий генератор Газовий генератор
Система охолодження	Повітряне охолодження Рідинне охолодження
Виконання	Відкрите (установка в приміщенні) Закрите (монтаж на вулиці)

Розглянемо випадок застосування трифазного дизельного генератора для мережі приватного будинку 380 В, у якості допоміжного джерела живлення з автоматичним вводом резерву.

Важливо розуміти, що в процесі експлуатації резервного генератора завжди може з'явитися ризик перевантаження, оскільки автоматика не передбачає відключення непотрібних споживачів без відома людини. Тому, при відновленні живлення за допомогою генератора, може включитися все, що працювало до відключення основної мережі, і це в свою чергу може призвести до перевищення потужності генератора. Резервний генератор часто встановлюється віддалено від будинку, і мешканці можуть не завжди бути в курсі того, що основна мережа відсутня, тому включення потужних приладів може також спричинити перевантаження генератора.

Для запобігання таких випадків рекомендується встановлювати активний захист генератора від перевантаження. В разі перевищення допустимої потужності автоматика вимикає зайві електроприлади, що працюють на

генераторі. Також можна встановити додаткові захисні пристрої, такі як реле струму, які автоматично вимикають генератор у разі перевантаження.

Принципова електрична схема цієї системи показана в Додатку Б, рис 2.

У схемі (див. Додаток Б, рис. 2) представлений блок активного захисту від перевантаження. Цей блок вимірює потужність, що споживається від генератора, і якщо ця потужність перевищує встановлений поріг, він автоматично відключає споживачів на 30 секунд. Це дає змогу повідомити господаря про необхідність зменшити електро споживання. При цьому генератор не зупиняється, оскільки аварійний режим не настане внаслідок роботи автоматичного захисного вимикача. Після закінчення 30 секунд після відключення навантаження, генератор автоматично підключиться до споживачів і продовжить свою роботу.

[Шулима Б. І. «Дослідження систем безперебійного електропостачання для їх використання в приватних та господарських будинках». Збірник тез доповідей «Наукові читання – 2023»].

Можливий варіант розташування приладів автоматики та генератора я представив у вигляді структурної схеми в Додатку Б на рисунку 3:

Висновки до розділу 4

Сьогодні Україна постійно стикається з проблемами у сфері енергетики. В умовах частих перебоїв електропостачання пов'язаних з пошкодженням об'єктів енергетики, аварій на лініях, паланових відключень електроенергії або інших неприємностей, вдалим рішенням буде встановлення резервного джерела живлення.

У цьому розділі я підвищив надійність системи електричного опалення, запровадивши безперебійне живлення приватного будинку. У якості резервного джерела живлення було використано дизельний трьохфазний електрогенератор, активний захист від перенавантажень та систему автоматичного вводу резерву.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

В даній кваліфікаційній роботі було розроблено систему забезпечення температурного режиму приватного будинку за допомогою інфрачервоних обігрівних панелей та інфрачервоної теплої підлоги.

В ході виконання проекту було проведено порівняльний аналіз різних типів сучасних систем опалення, обґрунтовано вибір саме системи опалення з використанням інфрачервоних нагрівних панелей та інфрачервоної теплої підлоги, розраховано їх потужність, кількість, площу і розташування. Вибрано їх тип, марки та решту необхідного, допоміжного устаткування.

Для підвищення надійності всієї системи було впроваджено резервне живлення. Такі пристрої, як: дизельний трьохфазний електрогенератор, активний захист від перенавантажень та АВР – забезпечать безперебійне живлення приватного домогосподарства.

Порівняно із традиційними системами опалення, розроблена комбінована інфрачервона система має забезпечити, ефективний та економічно доцільний режим опалення приватного будинку, який не залежить від опалювального сезону.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Будівельні норми і правила: СніП II-3-79. Ч. 2. Норми проектування. Рзд. 3. Будівельна теплотехніка. ЦИТП, 1986. 32 с.
2. Закон України, т.7. Закон України про енергозбереження // Вісник Верховної Ради. –2012.– №30.–С.284.
3. Симонова Ю.Ю., Касьянов Н.А. Вплив випромінювання інфрачервоного діапазона на організм людини // Вісник СНУ ім. В.Даля. –2015.– №12 (118) Ч.1. – С.74-79.
4. Касьянов Н.А., Михайлова Ю.Ю. Аналіз методів розрахунку теплової потужності систем інфрачервоного опалення // Вісник СНУ ім. В. Даля. 2008. №6(124). – С.17-21.
5. Тютюнников А.И., Мосягин В.Ю. Про застосування інфрачервоних випромінювачів для опалення приміщень // Інженерні системи АВОК. – М., 2016. – №3. – С.29-32.
6. Табунщиков Ю.А. Розрахунки температурного режиму приміщення і необхідної потужності для його опалення або охолодження. – 2013. – 80 с.
7. Михайлова Л.Ю. Розробка методики розрахунку променевого опалення будинків промислового призначення :Автореф. дис..канд. техн. наук. – 2008. – 20 с.
8. Михайлова Ю.Ю. Безпека при експлуатації систем інфрачервоного опалення // Біосфера ХХІ століття: мат. І всеукр. конф. молодих вчених, аспірантів, магістрантів та студентів, м. Севастополь, 12-15 лютого 2008р. – Севастополь: Вид-во СевНТУ, 2008 г. –С. 27-29.
9. Опалення та водопостачання. Системи опалення житлових та нежитлових приміщень, види і розрахунок систем опалення будинку. [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: . <https://opalennya.in.ua/infrachervone-opalennya/>.
10. Національна бібліотека України імені Вернадського: [Електронний ресурс] <http://www.nbuv.gov.ua/>

11. Як вибрати автоматику для генератора: [Електронний ресурс]
<https://220v.com.ua/ukr/articles/10.html>
12. Терещук Р.М. Терещук К.М. Напівпровідникові прийомно-підсилювальні пристрої: Дов. радіолюбителя. - 4-й вид., стер. - Київ: Наук. думка, 1989. - 100с.
13. Шулима Б. І. «Дослідження, аналіз та розробка системи забезпечення температурного режиму приватного будинку за допомогою інфрачервоних обігрівних панелей та інфрачервоної теплої підлоги» / Наукова робота / Збірник тез доповідей науково-практичної конференції I-го туру Всеукраїнського конкурсу студентських наукових робіт з галузей знань і спеціальностей. 18 січня 2023 р. Житомир: Поліський національний університет, 2023. 72 – 75 с.
14. Шулима Б. І. «Дослідження систем безперебійного електропостачання для їх використання в приватних та господарських будинках». Збірник тез доповідей «Наукові читання – 2023» 01.05.2023 ПНУ м. Житомир. Житомир: Поліський національний університет, 2023
15. Гончар В. Ф. , Тищенко Л. П. Електрообладнання і автоматизація с. г. агрегатів і установок. К. Вища школа. 1989. 233 с.
16. Мартиненко І. І. Автоматизація технологічних процесів сільськогосподарського виробництва. – К., Урожай, 1995. 78 с.
17. СВ АЛЬТЕРА «Електротехніка & Автоматизація» Каталог продукції 2009. р Київ.
18. Марченко О.С. Механізація та автоматизація у тваринництві і птахівництві.- К., Урожай, 1995. с 58.