

Міністерство освіти і науки України  
Державний вищий навчальний заклад  
«Придніпровська державна академія будівництва та архітектури»

**Колесник Інна Олександрівна**



УДК 628.87:658.3:697.1

**ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ПАРАМЕТРІВ МІКРОКЛІМАТУ  
ПРИ АВАРІЙНО-ДЕФІЦИТНИХ СИТУАЦІЯХ  
В СИСТЕМАХ ТЕПЛОПОСТАЧАННЯ**

05.26.01 – охорона праці

Автореферат  
дисертації на здобуття наукового ступеня  
кандидата технічних наук

Дніпропетровськ – 2015

Дисертацією є рукопис.

Робота виконана в Державному вищому навчальному закладі «Придніпровська державна академія будівництва та архітектури» Міністерства освіти і науки України.

Науковий керівник доктор технічних наук, професор **Беліков Анатолій Серафимович**, Державний вищий навчальний заклад «Придніпровська державна академія будівництва та архітектури», завідувач кафедрою безпеки життєдіяльності.

Офіційні опоненти:

доктор технічних наук, професор **Касьянов Микола Анатолійович**, Київський національний університет будівництва і архітектури, професор кафедри охорони праці та безпеки життєдіяльності;

кандидат технічних наук **Рагімов Сергій Юсубович**, Державний вищий навчальний заклад «Національний університет цивільного захисту України», доцент кафедри організації та технічного забезпечення аварійно-рятувальних робіт.

Захист відбудеться «14» жовтня 2015 року об 11<sup>00</sup> годині на засіданні спеціалізованої вченої ради К 08.085.03 Державного вищого навчального закладу «Придніпровська державна академія будівництва та архітектури» за адресою: 49600, м. Дніпропетровськ, вул. Чернишевського, 24-а, ауд. 202.

З дисертацією можна ознайомитись у бібліотеці Державного вищого навчального закладу «Придніпровська державна академія будівництва та архітектури» за адресою: 49600, м. Дніпропетровськ, вул. Чернишевського, 24-а.

Автореферат розісланий «11» вересня 2015 р.

Учений секретар  
спеціалізованої вченої ради



О.В. Рабіч

## ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

**Актуальність теми.** Для забезпечення необхідних умов мікроклімату приміщень будівель і споруд в зимовий період передбачена робота системи опалення. Проведений аналіз роботи систем теплопостачання м Дніпропетровська, як життєво важливого процесу забезпечення необхідних параметрів мікроклімату приміщень в опалювальний період показав, що фізичний знос підземних комунікацій, невизначеність і нестабільність в роботі енергосистем призводить до виникнення аварійних і дефіцитних ситуацій та порушують безпеку життєдіяльності людей.

Це, в свою чергу веде до зниження теплостійкості будівель, що порушують тепловий режим і комфорт в приміщеннях, а в деяких випадках до дуже шкідливих для здоров'я людини і збереження будівлі наслідків. Так, в результаті аварії в теплових мережах чотирьох міських котелень 7 листопада 2006 без теплопостачання у Дніпропетровську залишилося 12 будинків у центральній частині міста, де проживає близько трьох тисяч жителів. В результаті аварії був на значний час загублений контроль над режимом забезпечення мікроклімату в будинках, що призвело до створення дискомфортних умов для значної кількості жителів міста і створена потенційна небезпека для виходу з ладу інженерних мереж.

Згідно з проведеним аналізом такі відключення, на жаль, не поодинокі і призводять до виходу температури повітря в приміщеннях і внутрішньої поверхні огорожувальних конструкцій в закритичних стан. Тому підвищення безпеки життєдіяльності за рахунок забезпечення необхідних параметрів мікроклімату при аварійно-дефіцитних ситуаціях в системах теплопостачання є актуальним для України.

**Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами.** Дисертаційна робота виконувалась з урахуванням науково-дослідних тем Міністерства освіти і науки України: «Розробка і дослідження методів і пристроїв удосконалення мікроклімату з метою зниження енергоспоживання» (№ держреєстрації 0106U005344) 2006 – 2010 рр. та «Системний аналіз енергозберігаючих та екологоорієнтованих систем і технологій життєзабезпечення з метою захисту людини від шкідливих факторів» (№ держреєстрації 0111U006479), 2011 – 2015 рр., які в повній мірі відповідають Національній програмі «Концепція загальнодержавної програми поліпшення стану безпеки, гігієни праці і виробничого середовища на 2006 – 2011 рр.» та «Концепція загальнодержавної цільової програми поліпшення стану безпеки, гігієни праці і виробничого середовища на 2012 – 2016 рр.».

**Мета і завдання дослідження.** Мета роботи - підвищення безпеки життєдіяльності за рахунок забезпечення параметрів мікроклімату при аварійно-дефіцитних ситуаціях в системах теплопостачання.

Для виконання поставленої мети необхідно вирішити наступні науково-технічні **завдання:**

- провести аналіз впливу параметрів мікроклімату на безпеку життєдіяльності з урахуванням теплотривкості будівель і споруд;
- на основі теоретичних та експериментальних досліджень провести обґрунтування використання датчиків с кільцевим та плоским нагрівачами для

визначення теплотехнічних властивостей будівельних огорожувальних конструкцій;

- провести дослідження теплотехнічних властивостей будівельних матеріалів огорожувальних конструкцій в процесі тривалої експлуатації для найбільш поширених будівель у м. Дніпропетровську;

- провести дослідження динаміки охолодження внутрішнього повітря, внутрішньої поверхні зовнішньої стінки і градієнта температури в залежності від типу будівель в процесі тривалої експлуатації будівельних огорожувальних конструкцій;

- встановити залежності зміни температури внутрішнього повітря і температури внутрішньої поверхні стінки приміщень з урахуванням типу будівлі, застосовуваних огорожувальних конструкцій, впливу сонячної радіації і вітрового впливу при відключенні системи тепlopостачання;

- провести дослідження і встановити час досягнення критичних температур мікроклімату та роботи інженерних мереж для різних типів будівель з різними коефіцієнтами теплоаккумуляції для холодної п'ятиденки і опалювального періоду;

- впровадити отримані результати досліджень на підприємствах з урахуванням застосовуваних будівельних огорожувальних конструкцій при аварійно-дефіцитних ситуаціях в системах тепlopостачання.

**Об'єкт дослідження** – вплив процесів теплообміну будівельних конструкцій з навколишнім середовищем на параметри мікроклімату в приміщеннях при аварійно-дефіцитних ситуаціях в системах тепlopостачання.

**Предмет дослідження** – мікроклімат у приміщеннях будівель та споруд.

**Методи дослідження** – теоретичні та експериментальні дослідження проводились з урахуванням фундаментальних знань в області теплових процесів та методик розв'язання задач теплообміну, моделювання динамічних процесів, методу і аналізу випадкових процесів, методів математичної статистики та прогнозу.

**Наукова новизна одержаних результатів:**

- вперше на основі теоретичних та експериментальних досліджень проведено обґрунтування застосування датчиків з кільцевим та плоским нагрівачами для визначення теплотехнічних властивостей будівельних огорожувальних конструкцій;

- в результаті проведених досліджень встановлено, що в процесі впливу навколишнього середовища і кліматичних умов при тривалій експлуатації в будівельних конструкціях внаслідок структурних змін (ущільнення, перебудова мінералогічного складу, карбонізації, міграції вологи і т.д.) відбуваються значні зміни теплотехнічних характеристик від первісних, що знижує їх термічний опір і суттєво впливає на забезпечення нормальних умов мікроклімату в приміщенні (зміна коефіцієнту теплопровідності у бік збільшення від 20,7 % до 48,6 %);

- на підставі проведених досліджень для 6 типів будівель встановлено, що в процесі тривалої експлуатації будівельних огорожувальних конструкцій зростає динаміка охолодження температури внутрішньої поверхні зовнішньої стінки, при цьому, градієнт температури збільшується в середньому від 3°C до

5°C в залежності від типу будівель. Встановлено залежності, які дозволяють прогнозувати зміни температури внутрішньої поверхні огорожі з урахуванням типу будівлі і застосованих будівельних матеріалів огорожувальних конструкцій при відключенні системи теплопостачання;

– встановлено вплив динаміки температури внутрішнього повітря приміщення на температурний градієнт по відношенню до температури внутрішньої поверхні огорожувальних конструкцій, що дозволяє оцінювати параметри мікроклімату з урахуванням виконуваних робіт на виробництві за ступенем тяжкості і критичних значень температур для експлуатації інженерних комунікацій;

– вперше проведені дослідження дозволили встановити час досягнення критичних температур приміщень та роботи інженерних мереж для різних типів будівель при різних коефіцієнтах теплоакumuляції при температурах зовнішнього повітря: холодної п'ятиденки і місяців опалювального періоду;

– на основі теоретичних і експериментальних досліджень були отримані залежності зміни температури внутрішньої поверхні огорожувальних конструкцій, які дозволяють управляти процесом забезпечення параметрів мікроклімату приміщення з урахуванням типу будівлі, впливу сонячної радіації і вітру при аварійних ситуаціях в системах теплопостачання;

***Практичне значення одержаних результатів полягає у наступному:***

– в результаті проведених досліджень виконано наукове та експериментальне обґрунтування застосування датчиків з кільцевим і плоским нагрівачами, що дає можливість проводити вимірювання теплотехнічних властивостей будівельних матеріалів, безпосередньо в будівельних конструкціях експлуатованих будівель і споруд та визначені граничні умови їх застосування з урахуванням похибки вимірювання до 5 %;

– вперше проведено дослідження теплотехнічних властивостей будівельних матеріалів огорожувальних конструкцій в процесі тривалої експлуатації (понад 10 років) для шести типів найбільш поширених будівель у Дніпропетровську із застосуванням наступних матеріалів: керамзитобетон, керамічна цегла, важкий бетон, повнотіла глиняна звичайна цегла, силікатна цегла, бетон на гравії з природного каменю;

– проведені дослідження зміни теплотехнічних властивостей будівельних матеріалів огорожувальних конструкцій розрахунковим і експериментальним методами показали високу їх збіжність (похибка не перевищує 5%), що дозволяє застосовувати запропонований експериментальний метод для експрес-оцінки теплотехнічних властивостей будівельних матеріалів огорожувальних конструкцій;

– впровадження результатів досліджень з контролю і забезпечення необхідних умов мікроклімату приміщень на виробництві дозволили встановити залежності, які дозволяють визначити величину відносної резервної теплоподачі і час відновлення нормального теплопостачання при різній теплоакumuлюючій здатності огорожувальних конструкцій будівель і споруд з урахуванням забезпечення необхідних параметрів мікроклімату приміщень;

– для контролю температури внутрішнього повітря в період охолодження і своєчасного включення системи резервно-переривчастого опалення при досягненні мінімальної температури розроблена автоматизована система контролю та подачі теплової енергії, яка впроваджена на підприємстві – торговельному комплексі АТБ;

– використанні в навчальному процесі з дисципліни «Будівельна теплофізика» для студентів напряму підготовки 6.060101 «Будівництво» спеціального виду діяльності «Теплогазопостачання і вентиляція».

**Особистий внесок здобувача.** Автором дисертації сформульовані мета, задачі досліджень, наукові положення та висновки.

В публікаціях повно викладений матеріал дисертаційної роботи. В усіх опублікованих працях Колесник І.О. викладені головні результати теоретичних і практичних досліджень. Особистий внесок у них автора відповідає високому рівню дослідної діяльності.

Конкретний особистий внесок дисертантом в одержанні наукових результатів, що виноситься на захист, опублікованих із співавторами, полягає в наступному:

– виконаний аналіз науково-технічної і патентної літератури в області мікроклімату в приміщеннях при аварійно-дефіцитних ситуаціях в системах теплопостачання [1; 6; 9];

– виконано наукове та експериментальне обґрунтування застосування датчиків з кільцевим і плоским нагрівачами та визначені граничні умови їх застосування [7];

– виконані експериментальні дослідження параметрів мікроклімату приміщень для шести видів огорожувальних конструкцій будівель [1; 2; 3];

– знайдені закономірності динаміки охолодження внутрішнього повітря та внутрішніх поверхонь огорожень приміщень при аварійно-дефіцитних ситуаціях в системах теплопостачання [1; 8; 13];

– розроблена методика визначення часу охолодження внутрішнього повітря в залежності від коефіцієнта акумуляції тепла огорожувальних конструкцій при аварійно-дефіцитних ситуаціях в системах теплопостачання [1; 4];

– розроблена методика визначення часу охолодження внутрішнього повітря в залежності від коефіцієнта акумуляції тепла огорожувальних конструкцій з урахуванням сонячної радіації та вітрової дії при аварійно-дефіцитних ситуаціях в системах теплопостачання [1; 4; 12; 13].

**Апробація результатів дисертації.** Основні положення дисертаційної роботи викладені та обговорені на V міжнародному симпозиумі «Безопасность жизнедеятельности в XXI веке» (Дніпропетровськ, 2005 р.); VIII Всеукраїнській науково-практичній конференції «Охорона навколишнього середовища промислових регіонів як умова сталого розвитку України» (Запоріжжя, 2012 р.); VII міжнародній XIII Традиційній науково-практичній конференції за участю молодих вчених «Екологічний інтелект – 2012» присвяченої пам'яті професора Плахотника В.М. (Дніпропетровськ, 2012р.); міжнародній науково-практичній конференції «Актуальні питання сучасної аграрної науки» (Умань, 2013 р.); міжнародній науковій конференції

«Математичні проблеми технічної механіки 2015» (Дніпродзержинськ, 2015 р.); міжнародному науковому симпозиумі «Неділя еколога – 2015». – Дніпродзержинськ, 2015, наукових семінарах та нарадах кафедр безпеки життєдіяльності та опалення, вентиляції і якості повітряного середовища ДВНЗ «ПДАБА» (2003–2015 рр.).

**Публікації.** Основні результати роботи опубліковані в 13 наукових працях, з них: 5 статей у наукових фахових виданнях, з яких 1 стаття у виданні України, яке включено до міжнародних наукометричних баз, 7 тез доповідей, 1 монографія.

**Структура та обсяг дисертації.** Дисертація складається з вступу, п'яти розділів, загальних висновків по роботі, списку використаних джерел, додатків. Загальний обсяг дисертації складає 280 сторінок. Крім основного тексту, який викладено на 186 сторінках, дисертація містить 101 рисунок, 34 таблиці, список використаних джерел із 171 найменування на 15 сторінках і додатки на 64 сторінках.

## ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

У **вступі** обґрунтована актуальність теми дисертації; показаний зв'язок з науковими програмами; приведено мету і завдання досліджень; визначена наукова новизна та практична цінність одержаних результатів досліджень; наведені відомості щодо апробації результатів дисертації.

У **першому розділі** виконаний аналіз параметрів мікроклімату приміщень при аварійно-дефіцитних ситуаціях в системах теплопостачання, їх вплив на умови праці та життєдіяльність людини, розглянуто вплив теплотривкості будівель на мікрокліматичні умови приміщень, проаналізовані методи контролю теплообміну огорожувальних конструкцій з зовнішнім та внутрішнім середовищем.

Значний внесок в вивчення умов праці та встановлення зв'язку параметрів мікроклімату на безпеку життєдіяльності людини внесли вчені Богословський В.Н., Банхіді Л., Беліков А.С., Бродач М.М., Касьянов М.А., Стрежекуров Е.Є., Рагімов С.Ю., Табунщиков Ю. А., Фокін К. Ф., Кононович Ю.В., Шкловер А.М., Поз М.Я., Фенгер Р.

Встановлено, що людина проводить у приміщенні до 80-90% часу доби. З них 40% часу він знаходиться на робочому місці, отже, фактори навколишнього середовища, як його житла, так і місця роботи, впливають на організм людини і його рівень працездатності.

Серед основних параметрів, що характеризують мікроклімат приміщення, слід виділити: температуру, вологість, швидкість руху повітря, температуру огорожувальних конструкцій і технологічного обладнання, барометричний тиск, які надають як позитивне, так і негативний вплив на життєдіяльність людини залежно від їх комбінації, якісного і кількісного співвідношень. Тому, однією з необхідних умов продуктивності праці та життєдіяльності людини є забезпечення необхідних мікрокліматичних умов з урахуванням виду діяльності.

Аналіз проведених досліджень показав, що забезпечення життєдіяльності в приміщеннях в опалювальний період залежить від підтримки теплового режиму за рахунок стійкої роботи систем теплопостачання. Встановлено, що через значний фізичний знос систем теплопостачання в Україні часто виникають аварійні відключення, що негативно позначається на мікрокліматі

приміщень і стійкій роботі систем життєзабезпечення і вимагає додаткових і значних матеріальних витрат з їх відновлення. Тому, проведення досліджень по забезпеченню параметрів мікроклімату при аварійно-дефіцитних ситуаціях в системах тепlopостачання з урахуванням типу будівлі та впливу сонячної радіації і вітру є актуальним.

На основі проведеного аналізу та виявлених недоліків сформульовані мета та задачі досліджень.

У **другому розділі** виконано теоретичні дослідження теплообміну будівельних конструкцій та вплив на мікроклімат під час взаємодії зовнішнього середовища та середовища замкнутого простору.

Згідно проведеного аналізу встановлено, що забезпечення нормальних умов мікроклімату в приміщенні залежить від теплообміну огорожувальних будівельних конструкцій з повітряним середовищем замкнутого простору - температурно-вологісним його станом, які визначаються режимом тепlopостачання або охолодження. На підставі проведених досліджень нами запропоновано два способи контролю теплофізичних характеристик огорожувальних будівельних конструкцій з застосуванням датчиків з кільцевим та плоским нагрівачем.

Для визначення області використання датчиків для матеріалів з коефіцієнтом теплопровідності в діапазоні  $0,167 \div 2,04 \text{ Вт/м}\cdot\text{°C}$  нами була прийнята функціональна схема роботи датчика з кільцевим нагрівачем (рис. 1) та визначені припущення: подача стабільного теплового потоку  $Q$  від нагрівача 4 при контакті з досліджуваним матеріалом 1; тепло поширюється як вглиб зразка, так і вздовж напівобмеженої поверхні у напрямку до приймача теплового випромінювання 2.

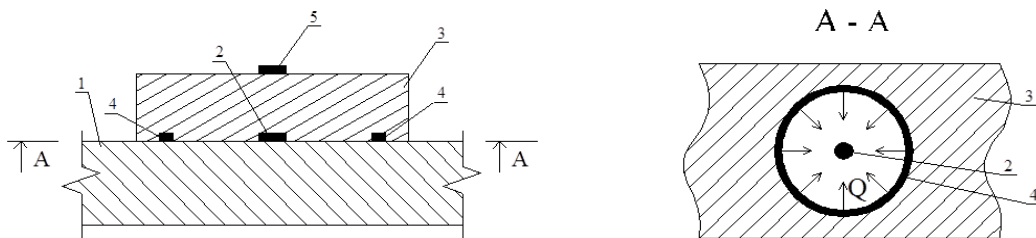


Рис. 1. Функціональна схема датчика з кільцевим нагрівачем:

1 - досліджуваний елемент; 2 - внутрішній термометр; 3 - корпус датчика; 4 - кільцевий нагрівач; 5 - зовнішній термометр.

В результаті проведених теоретичних досліджень нами були отримані залежності для визначення теплофізичних характеристик досліджуваних матеріалів. При цьому, залежність для визначення коефіцієнта теплопровідності ( $\lambda$ ) має вигляд:

$$\lambda = \frac{(q_0 \cdot \Delta R)^{2/3}}{4\pi \cdot c \cdot \gamma \cdot Z \cdot \Delta U} \cdot e^{-\frac{\alpha}{3}}, \quad (1)$$

де  $q_0$  - питомий тепловий потік, що виділяється кільцевим нагрівачем, визначається за формулою:



$$q_0 = \frac{0.86 \cdot I^2 \cdot R}{F}, \quad (2)$$

$\Delta R$  - товщина кільця нагрівача;

$Z$  - час нагрівання;

$\Delta U$  - зміна температури в площині зіткнення;

$c, \gamma$  - теплоємність і питома вага досліджуваного матеріалу (визначається з літературних джерел);

$\alpha$  - величина, постійна для даного приладу, обчислюється за формулою:

$$\alpha = -\frac{R_1 + R_2}{a_{np} \cdot \sqrt{Z}}, \quad (3)$$

де  $a_{np}$  - коефіцієнт теплопровідності датчика;

$R_2, R_1$  - внутрішній і зовнішній радіуси кільцевого нагрівача.

На базі теоретичних досліджень був запропонований датчик, за допомогою якого, крім визначення теплофізичних характеристик матеріалів, представляється можливим досліджувати теплообмін будівельних конструкцій з навколишнім середовищем в замкнутих приміщеннях.

Враховуючи недосконалість існуючих приладів визначення теплофізичних властивостей матеріалів в масиві конструкцій, нами в основу розробки датчика, покладені відомі теоретичні дослідження акад. А.В. Ликова в області теплообміну, що відбувається в системі тіл, які знаходяться між собою в тепловому контакті при наявності джерела тепла, розміщеного між дотичними поверхнями з постійним за часом тепловиділенням. Тому нами для визначення теплофізичних характеристик матеріалів був використаний інший метод вимірювання теплопровідності (рис. 2).

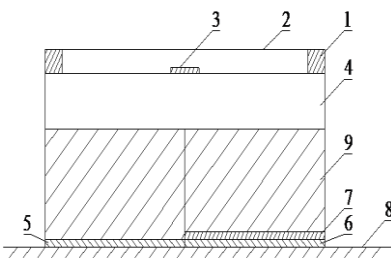


Рис. 2. Плоский датчик для вимірювання теплової активності досліджуваних матеріалів:

1 - захисне кільце; 2 - кришки датчика; 3 - термометр навколишнього середовища; 4 - основа з фторопласту; 5, 7 - дротяний термометр; 6 - плоский нагрівач; 8 - досліджувана поверхня; 9 - гума.

При цьому була отримана залежність температури деякої точки середовища, що лежить на відстані  $x$  від нагрівача, від часу нагрівання:

$$\theta = \frac{t_1(x, Z) - t_0}{t_0} = \frac{2q_0}{\lambda \cdot t_0} \sqrt{aZ} \frac{K_\varepsilon}{1 + K_\varepsilon} \operatorname{ierfc} \frac{\delta}{2\sqrt{a_1 Z}} \quad (4)$$

де  $t_1(x, Z)$  - температура в площині, віддаленій на відстань від площини нагрівача в момент часу;

$t_0$  - температура в початковий момент часу;

$K_\varepsilon$  - критерій, що характеризує теплову активність першого тіла (досліджуваного матеріалу) по відношенню до другого (еталону):

$$K_\varepsilon = \frac{K_\lambda}{\sqrt{K_a}} \quad (5)$$

де  $K_\lambda$  - критерій, що характеризує відносну теплопровідність тіла;

$K_a = \frac{a_1}{a_2}$  - критерій, що характеризує теплоінерційну властивість другого тіла відносно першого тіла.

$$K = 2q_0 \sqrt{Z} \cdot \text{ierfc} \frac{\delta}{2\sqrt{a_3 Z}} \quad (6)$$

На основі проведених теоретичних досліджень була отримана залежність для визначення коефіцієнта теплопровідності при вимірах датчиком з плоским нагрівачем:

$$\lambda = \left[ \frac{2q_0 \sqrt{Z}}{\Delta t} \text{ierfc} \frac{\delta}{2\sqrt{a_3 Z}} - \frac{\lambda_3}{\sqrt{a_3}} \right] \cdot \sqrt{a_3} . \quad (7)$$

На підставі розрахункових даних були проведені експериментальні дослідження області вимірювання коефіцієнта теплопровідності огорожувальних конструкцій. Метою даних випробувань було експериментальне встановлення працездатності приладів. Узагальнення експериментальних даних проводилося для підтвердження правильності обраного методу і прийнятої робочої формули приладу.

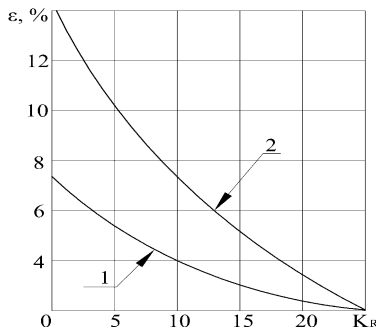


Рис. 3. Відносна помилка вимірювання теплофізичних характеристик матеріалів плоским і кільцевим датчиками ( $\lambda = 0,2 \div 0,67$  Вт/м·°С):  
1 - плоский датчик; 2 - кільцевої датчик.

В результаті проведених досліджень для матеріалів з коефіцієнтом теплопровідності  $\lambda = 0,2 \div 0,67$  Вт/м·°С нами встановлено величина похибки вимірювань при визначенні теплопровідності з використанням плоского і кільцевого нагрівачів (рис. 3) та встановлена область застосування датчиків з кільцевим та плоским нагрівачем з урахуванням похибки вимірювання.

У **третьому розділі** наведені теоретичні та експериментальні дослідження зміни параметрів мікроклімату при аварійно-дефіцитних ситуаціях в системах теплопостачання.

При оцінці умов мікроклімату на відповідність ДСН 3.3.6.042-99 «Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень» однією з вимог до параметрів мікроклімату є температура внутрішньої поверхні огорожень. Для забезпечення нормативних параметрів мікроклімату в будівлях і спорудах у

холодний період року працює система опалення.

У загальному вигляді поширення тепла в 3-х мірній стінці описується диференціальним рівнянням:

$$\frac{\partial t}{\partial \tau} = a \left( \frac{\partial^2 t}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 t}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 t}{\partial z^2} \right), \quad (8)$$

де  $\tau$  - час;

$t$  - температура;

$c$  - питома теплоємність;

$a$  - коефіцієнт теплопровідності:  $a = \frac{\lambda}{0,278c\rho}$

При одномірному поширенні тепла вираз (8) має вигляд ( $\tau = Z$ ):

$$\frac{\partial t}{\partial Z} = a \frac{\partial^2 t}{\partial x^2} \quad (9)$$

При вирішенні даного рівняння були прийняті крайові умови: початкові – теплові умови в стінці в початковий момент ( $Z = 0$ ) і граничні – теплові умови на кордонах стінки під час даного процесу.

Нами розглянуто рішення даного рівняння для випадку падіння температури на внутрішній поверхні огороження, коли  $X = 0$ .

Рівняння для падіння температур на внутрішній поверхні стінки має вигляд:

$$\frac{v_{x=0}}{v_0} = \frac{8}{\pi^2} \left( e^{-\left(\frac{\pi}{2}\right)^2 \frac{aZ}{X^2}} + \frac{1}{3^2} e^{-\left(\frac{3\pi}{2}\right)^2 \frac{aZ}{X^2}} + \frac{1}{5^2} e^{-\left(\frac{5\pi}{2}\right)^2 \frac{aZ}{X^2}} + \dots \right), \quad (10)$$

де  $v_0 = t_{нач} - t_c$ , °C ( $t_{нач} - t_c$  - відповідно наперед задані початкова температура і температура середовища);

$v = t - t_c$  ( $t$  - поточна температура, змінюється з часом);

$v_{x=0} = t_{x=0} - t_c$ , ( $t_{x=0}$  - поточна температура на внутрішній поверхні стінки);

$X$  - товщина стінки, м.

Фактичне значення температури при заданому часі, год:

$$t_{x=0} = \frac{v}{v_0} (t_{нач} - t_c) + t_c \quad (11)$$

Слід зазначити, що рішення рівняння (10) у формі (11) пов'язане з припущенням, що при відключенні опалення з моменту  $Z = 0$  надходження тепла на внутрішню поверхню огороження повністю припиняється. Таким чином, розрахунок дає кілька перебільшений результат щодо охолодження стінки і є оціночним.

Враховуючи, що охолодження будівельних конструкцій залежить від їх загальної термічного опору, на основі проведених нами досліджень були визначені температури внутрішньої поверхні огороження для шести типів будівель в момент відключення системи опалення із заданими теплотехнічними характеристиками при введенні в експлуатацію і з урахуванням їх зміни в процесі тривалої (більше 10 років) експлуатації. При цьому, температура зовнішнього повітря прийнята постійною і

рівною температурі холодної п'ятиденки для м. Дніпропетровська - 23 °С.

Дослідження проводилися для найбільш поширених типів будинків у Дніпропетровську: 1 тип. Житлові будинки з керамзитобетону, які експлуатуються протягом 10 років (ж / м Тополя - 3, будинок № 4 серії 1-464-Д83; ж/м Перемога - 6 вул. Добровольців, будинок №6 серії 90 з наступними теплотехнічними характеристиками:  $\rho = 800 \text{ кг/м}^3$  та  $1800 \text{ кг/м}^3$ ;  $c = 0,84 \text{ кДж/кг}^\circ\text{С}$ ;  $\lambda_o = 0,21 \text{ Вт/м}^\circ\text{С}$  та  $0,66 \text{ Вт/м}^\circ\text{С}$ ;  $X = 0,38 \text{ м}$ ; 2 тип. Житлові будинки з керамічної цегли (вул. Виконкомівська, 27а) з наступними теплотехнічними характеристиками:  $\rho = 1000 \text{ кг/м}^3$  та  $1600 \text{ кг/м}^3$ ;  $c = 0,88 \text{ кДж/кг}^\circ\text{С}$ ;  $\lambda_o = 0,35 \text{ Вт/м}^\circ\text{С}$  та  $0,47 \text{ Вт/м}^\circ\text{С}$ ;  $X = 0,25 \times 2,5 = 0,625 \text{ м}$ ; 3 тип. Будинки з важкого бетону (вул. Набережна Перемоги, 26 «Будинок природи») з наступними теплотехнічними характеристиками:  $\rho = 2500 \text{ кг/м}^3$ ;  $c = 0,84 \text{ кДж/кг}^\circ\text{С}$ ;  $\lambda_o = 1,69 \text{ Вт/м}^\circ\text{С}$ ;  $X = 0,3 \text{ м}$ ; 4 тип. Житлові будинки з повнотілої глиняної звичайної цегли на цементно-піщаному розчині (вул. Артема, 23) з наступними теплотехнічними характеристиками:  $\rho = 1800 \text{ кг/м}^3$ ;  $c = 0,88 \text{ кДж/кг}^\circ\text{С}$ ;  $\lambda_o = 0,56 \text{ Вт/м}^\circ\text{С}$ ;  $X = 0,25 \times 2,5 = 0,625 \text{ м}$ ; 5 тип. Житлові будинки із силікатної цегли на цементно-піщаному розчині (вул. Клари Цеткін, 5 гуртожиток ПГАСА) з наступними теплотехнічними характеристиками:  $\rho = 1800 \text{ кг/м}^3$ ;  $c = 0,88 \text{ кДж/кг}^\circ\text{С}$ ;  $\lambda_o = 0,7 \text{ Вт/м}^\circ\text{С}$ ;  $X = 0,25 \times 2,5 = 0,625 \text{ м}$ ; 6 тип. Будинки з важкого бетону на гравії з природного каменю (вул. Набережна Перемоги, 5 «Будинок піонерів») з наступними теплотехнічними характеристиками:  $\rho = 2400 \text{ кг/м}^3$ ;  $c = 0,84 \text{ кДж/кг}^\circ\text{С}$ ;  $\lambda_o = 1,51 \text{ Вт/м}^\circ\text{С}$ ;  $X = 0,3 \text{ м}$ .

Проведені дослідження зміни температури внутрішньої поверхні огорожувальних конструкцій при виході зі стаціонарного стану для I-VI типу будинків ( $\lambda_o$  - при введенні в експлуатацію;  $\lambda$  - при тривалій експлуатації (більше 10 років);  $\lambda_3$  - експериментальні дані). В таблиці 1 наведені результати для I типу будівель.

Дослідження показали, що в процесі експлуатації збільшується коефіцієнт теплопровідності, зміна якого тягне за собою зменшення на 28% загального термічного опору огорожувальних конструкцій на основі керамзитобетону, що, в свою чергу, збільшує тепловтрати будівлі і зменшує такий параметр мікроклімату, як температура внутрішньої поверхні огороження в середньому на  $4 \div 5$  °С.

Таблиця 1

**Зміна температури внутрішньої поверхні огорожувальних конструкцій при охолодженні зі стаціонарного стану в залежності від умов експлуатації будівель I типу ( $\rho = 800 \text{ кг/м}^3$ )**

Час охолодження Z, ч	Температура внутрішньої поверхні стінки $\tau_6, ^\circ\text{С}$		
	$\lambda_o = 0,35 \text{ Вт/м}^\circ\text{С}$	$\lambda = 0,52 \text{ Вт/м}^\circ\text{С}$	$\lambda_3 = 0,54 \text{ Вт/м}^\circ\text{С}$
0	17,5	16,5	16,2
6	8,185	4,65	4,048
12	3,73	-0,485	-1,048
18	0,085	-4,04	-4,184
24	-1,94	-7,2	-7,32

Наведені зміни теплотехнічних властивостей будівельних матеріалів огороження для I типу будівель, як показали нами проведені дослідження, внесли значний вплив на роботу огорожувальних конструкцій. Так, динаміка охолодження внутрішньої поверхні стіни при відключенні системи тепlopостачання в перебігу тільки перших 3 годин приблизно однакова, а в подальшому градієнт температури збільшується в середньому на  $4 \div 5$  °C. На підставі обробки отриманих даних для I, II, III, IV, V та VI типів будівель за допомогою пакету програм NUMERI нами були отримані закономірності інтенсивності охолодження внутрішньої поверхні стінки, які дозволяють робити оцінку умов мікроклімату приміщень при відключенні системи тепlopостачання. Нижче наведені залежності для I типу будівлі.

На початок експлуатації:

$$y_1 = 17,5 - 2,385x + 0,185625x^2 - 0,00875x^3 + 0,0001563x^4 \quad (12)$$

Після експлуатації протягом 10 років і більше:

$$y_2 = 16,2 - 3,0271111x + 0,2087037x^2 - 0,0075617x^3 + 0,0001008x^4 \quad (13)$$

В опалюваних будівлях і спорудах для забезпечення заданих умов мікроклімату згідно з ДСН 3.3.6.042 - 99 «Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень» в холодний період року необхідно підтримувати нормовану величину температури внутрішнього повітря в робочій зоні виробничих приміщень. Очікувану температуру внутрішнього повітря, яка встановиться в приміщенні протягом часу  $Z$  після порушення нормального теплового режиму, можна визначити, використовуючи залежність:

$$t_g(z) = t_n + \Delta t_n + [t'_g - (t_n + \Delta t_n)]e^{-z/\beta}, \quad (14)$$

де  $t_n$  - температура зовнішнього повітря;

$\Delta t_n$  - температурна надбавка, еквівалентна величині внутрішніх тепловиділень і надлишку теплоти при опаленні;

$t'_g$  - температура внутрішнього повітря до моменту порушення нормального теплового режиму;

$\beta$  - коефіцієнт акумуляції теплової енергії будівлею.

З урахуванням проведених раніше нами досліджень були визначені коефіцієнти акумуляції тепла для розглянутих 6 типів будівель.

При повному припиненні опалення та відсутності внутрішніх тепловиділень, тобто при  $Q_o = 0$ , формула (14) набуває вигляду:

$$t_g(z) = t_n + (t'_g - t_n)e^{-z/\beta}, \quad (15)$$

Як було нами встановлено, при експлуатації будівель змінюються теплотехнічні властивості будівельних матеріалів, в тому числі і щільність матеріалу будівельних конструкцій, відповідно, змінюється і коефіцієнт акумуляції теплової енергії.

На рис. 4 представлені результати проведених досліджень залежності зміни температури внутрішнього повітря і градієнта температур  $(t_g - t_g)$  при відключенні

системи тепlopостачання для I типу будівель після тривалої експлуатації.

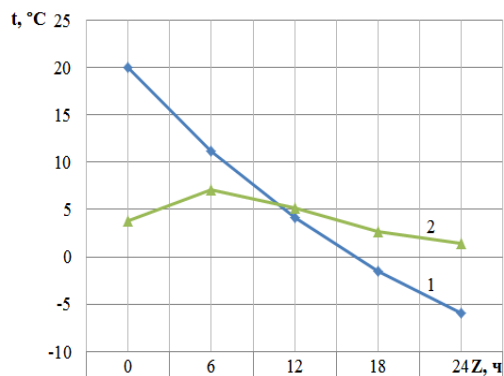


Рис. 4. Зміна температури внутрішнього повітря приміщення і градієнта температур ( $t_g - \tau_g$ ) при охолодженні зі стаціонарного стану для I типу будівлі (при тривалій експлуатації): 1 - температура внутрішнього повітря; 2 - градієнт температур внутрішнього повітря і внутрішньої поверхні огорожувальної поверхні.

Дослідження показали, що в процесі охолодження приміщення має місце порушення вимог ДБН В.2.6-31: 2006 «Теплова ізоляція будівель» в частині 2 п.2.6 «Допустима за санітарно-гігієнічним вимогам різниця між температурою внутрішнього повітря і приведеною температурою внутрішньої поверхні огорожувальної конструкції» для житлових і цивільних будинків. Дослідженнями встановлено, що через 4,5 години для даного типу будівель температура внутрішнього повітря досягає допустимої нижньої межі для категорії робіт середньої та важкої тяжкості 13 °C, а через 7,5 годин досягає значення критичної температури для експлуатації інженерних комунікацій 8 °C.

Згідно проведених раніше досліджень коливання температури внутрішнього повітря приміщень і температури внутрішньої поверхні огорожувальних конструкцій ( $t_g - \tau_g$ )  $\leq 1,5 \div 2$  °C викликає дискомфортні тепловідчуття у людини. Це пояснюється закономірностями фізіологічного коливання температури тіла, яке для здорової людини не перевищує 0,3  $\div$  0,5 °C.

Після обробки отриманих нами даних за допомогою пакету програм NUMERI встановлені наступні залежності.

Залежність динаміки охолодження внутрішнього повітря приміщення при виході з стаціонарного стану:

$$y_{17} = 20 - 1,7907345x + 0,0369959x^2 - 0,0004782x^3 + 0,0000033x^4 \quad (16)$$

Залежність градієнта температур внутрішнього повітря і внутрішньої поверхні огорожувальної конструкції при охолодженні зі стаціонарного стану:

$$y_{18} = 3,5 + 1,1772513x - 0,1728478x^2 + 0,0075985x^3 - 0,000111x^4 \quad (17)$$

В результаті проведених досліджень були встановлені залежності динаміки температури внутрішнього повітря та градієнта температур внутрішнього повітря і внутрішньої поверхні огорожувальної конструкції при аварійно-дефіцитних ситуаціях в системах тепlopостачання для всіх шести типів будівель та їх вплив на умови праці.

Після математичного перетворення залежності (15) нами була отримана залежність, яка є більш універсальною:

$$Z = \ln \frac{t'_g - t_n}{t_g - t_n} \beta \quad (18)$$

При аналізі аварійних ситуацій, застосування отриманої нами залежності дає можливість встановлювати закономірності, які дозволяють прогнозувати час охолодження приміщень до критичних значень температури внутрішнього повітря з урахуванням категорії виконуваних робіт в приміщенні по тяжкості і до критичної температури роботи інженерних комунікацій, а також досягнення критичної температури води в інженерних комунікаціях зі збільшенням в'язкості при 4 °С, а в подальшому - закритичних значення 0 °С і нижче практично для будь-якого типу будівель по відомим значенням коефіцієнтів акумуляції тепла  $\beta$  при температурі зовнішнього повітря - холодної п'ятиденки і всього опалювального періоду (листопад - березень).

Після обробки отриманих нами результатів за допомогою пакету програм NUMERI встановлено ряд залежностей при відключенні системи теплопостачання для температури холодної п'ятиденки м. Дніпропетровська.

Залежність часу охолодження внутрішнього повітря приміщення до  $t_g = 0$  °С :

$$y_{31} = -0,0000114 + 0,625716x - 8,8778E - 07x^2 + 1,33365E - 08x^3 - 5,32670E - 011x^4 \quad (19)$$

Залежність часу охолодження внутрішнього повітря приміщення до  $t_g = 4$  °С :

$$y_{32} = -0,0000777 + 0,465397x - 9,2069E - 07x^2 + 8,1992E - 09x^3 - 2,30824E - 011x^4 \quad (20)$$

Залежність часу охолодження внутрішнього повітря приміщення до  $t_g = 8$  °С :

$$y_{33} = -0,0000777 + 0,327247x - 9,2069E - 07x^2 + 8,1992E - 09x^3 - 2,30824E - 011x^4 \quad (21)$$

Залежність часу охолодження внутрішнього повітря приміщення до  $t_g = 10$  °С :

$$y_{34} = -0,0000549 + 0,264712x - 3,1179E - 07x^2 + 2,1307E - 010x^3 + 7,6941E - 012x^4 \quad (22)$$

Залежність часу охолодження внутрішнього повітря приміщення до  $t_g = 13$  °С :

$$y_{35} = -0,000053 + 0,1777071x - 1,10133E - 06x^2 + 1,34154E - 08x^3 - 4,9716E - 011x^4 \quad (23)$$

На основі проведених досліджень можна зробити висновок, що зниження температури внутрішнього повітря приміщення залежить від його теплоакумуючої здатності. Характер охолодження приміщень при виході з стаціонарного режиму для досліджених будівель є ідентичним і підпорядковується логарифмічною залежності.

Надалі нами були проведені дослідження з визначення часу охолодження внутрішнього повітря приміщень при виході з стаціонарного стану для середньомісячних температур місяців опалювального періоду (листопад - березень).

При  $t_g = 0$  °С рівняння регресії для періоду «грудень-лютий» буде мати вигляд:

$$Z = 1,65\beta - 0,2 \quad (r = 0,95) \quad (24)$$

При  $t_g = 13$  °С рівняння регресії для цього ж періоду буде мати вигляд:

$$Z = 0,85 + 0,3\beta \quad (r = 0,99) \quad (25)$$

Високі значення коефіцієнтів кореляції вказують на високий рівень одержаних залежностей.

У **четвертому розділі** наведені дослідження параметрів мікроклімату при аварійно-дефіцитних ситуаціях в системах теплопостачання с урахуванням

сонячної радіації та вітрової дії.

Взаємодія між зовнішніми кліматичними умовами і мікрокліматом приміщення впливає, головним чином, на огорожувальні конструкції, де відбувається взаємодія двох зустрічних енергетичних потоків, тому очевидно, що саме тут повинен здійснюватися контроль за енергетичними процесами при оцінці та регулюванні параметрів мікроклімату.

Для досягнення цієї мети необхідно, щоб будівля задовольняла трьом основним вимогам: 1) будівля повинна виконувати функції сонячного колектора; 2) будівля має бути сонячним акумулятором; 3) будівля повинна добре утримувати тепло, тобто бути теплової «пасткою».

Враховуючи необхідність управління процесом підтримки параметрів мікроклімату приміщень, нами були проведені дослідження впливу сонячної радіації і вітру в опалювальний період для м. Дніпропетровська.

В результаті досліджень була визначена температура середовища (зовнішнього повітря):

- з урахуванням сонячної радіації:

$$t_c = t_n^{мес} + t_{рад}^{мес} \quad (26)$$

- з урахуванням сонячної радіації і вітру:

$$t_c = t_n^{мес} + t_{рад}^{мес} - t_{ветр}^{мес} \quad (27)$$

На підставі обробки отриманих даних за допомогою пакету програм NUMERI нами були отримані закономірності інтенсивності охолодження внутрішньої поверхні стінки для I і III типів будинків, які дозволяють робити оцінку умов мікроклімату приміщень при відключенні системи теплопостачання з урахуванням сонячної радіації в січні місяці.

Для керамзитобетону в січні місяці опалювального періоду:

$$y_{25} = 18,1 - 1,5058333x + 0,1038194x^2 - 0,0037616x^3 + 0,0000502x^4 \quad (28)$$

Для залізобетону в січні місяці опалювального періоду:

$$y_{26} = 11,8 - 1,8766667x + 0,1502315x^2 - 0,0066019x^3 + 0,0001155x^4 \quad (29)$$

Проведені дослідження 6 типів будівель показали, що втрати теплової енергії, які визначаються теплозахисні властивості застосовуваних будівельних матеріалів, істотно позначаються на зміні температури внутрішньої поверхні огорожувальних конструкцій при відключенні систем теплопостачання. Представлені залежності зміни температури внутрішньої поверхні зовнішньої стіни  $\tau_g$  в приміщеннях, які охолоджуються I типу і III типу (рис. 5) дозволяють нам оцінити вплив сонячної радіації та вітру в опалювальний період для м. Дніпропетровська при аварійних ситуаціях в системах теплопостачання. Так, наприклад, в січні місяці для I типу будівлі темп охолодження внутрішньої поверхні зовнішньої стіни з урахуванням сонячної радіації зменшиться через 24 години на 2,5 °С; для III типу будівлі - на 3,8 °С. Вітер робить істотний вплив на зміну температури внутрішньої поверхні огорожень в середині опалювального періоду, особливо в грудні та січні. Однак вплив сонячної радіації є більш значимим. Це необхідно враховувати при



забезпеченні і нормалізації параметрів мікроклімату приміщень при аварійних ситуаціях в системах теплопостачання.

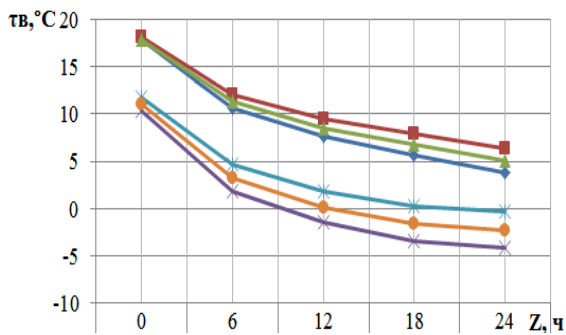


Рис. 5. Залежності зміни температури на внутрішній поверхні зовнішньої стіни  $\tau_e$  в приміщеннях, які охолоджуються I типу (■ - з урахуванням сонячної радіації; ▲ - з урахуванням сонячної радіації і вітру; ◆ - без урахування сонячної радіації і вітру)

та III типу (✱ - з урахуванням сонячної радіації і вітру; ● - з урахуванням сонячної радіації; ✕ - без урахування сонячної радіації і вітру) будівель від часу  $Z$  для січня.

Надалі нами були проведені дослідження зміни температури внутрішнього повітря приміщень при аварійних ситуаціях в системах теплогазопостачання для більшого спектра значень коефіцієнтів акумуляції тепла будівель, а саме  $\beta = 26$  год,  $\beta = 62$  год і  $\beta = 80$  год для п'яти місяців опалювального періоду.

На підставі обробки отриманих даних за допомогою пакету програм NUMERI нами були отримані закономірності інтенсивності охолодження внутрішнього повітря приміщень будинків з коефіцієнтами теплоакумуляції  $\beta = 26$  год,  $\beta = 62$  год і  $\beta = 80$  год, які дозволяють робити оцінку умов мікроклімату приміщень при відключенні системи теплопостачання з урахуванням сонячної радіації і вітру в січні.

Темп охолодження внутрішнього повітря приміщень при  $\beta = 26$  год:

$$y_{47} = 20 - 0,8993514x + 0,0171168x^2 - 0,0002025x^3 + 0,0000013x^4 \quad (30)$$

Темп охолодження внутрішнього повітря приміщень при  $\beta = 62$  год:

$$y_{48} = 20 - 0,3769306x + 0,002934x^2 - 8,87346E - 006x^3 - 9,64506E - 008x^4 \quad (31)$$

Темп охолодження внутрішнього повітря приміщень при  $\beta = 80$  год:

$$y_{49} = 20 - 0,12929028x + 0,0019248x^2 - 0,0000143x^3 + 1,60751E - 007x^4 \quad (32)$$

Проведені дослідження з визначення часу охолодження внутрішнього повітря для еталонного приміщення до досягнення нижньої межі температури в залежності від категорії виконуваних робіт, а також критичного значення температури для роботи інженерних комунікацій з урахуванням впливу сонячної радіації та вітру при коефіцієнтах акумуляції тепла  $\beta = 26$  год,  $\beta = 62$  год і  $\beta = 80$  год в найхолодніший місяць опалювального періоду – січень дозволили встановити залежності часу охолодження приміщень при різних значеннях коефіцієнту акумуляції тепла з урахування розташування їх в будівлі.

На основі теоретичних та експериментальних досліджень були отримані залежності зміни температури внутрішньої поверхні огорожувальних конструкцій, які дозволяють забезпечувати підтримку параметрів мікроклімату приміщення з

урахуванням типу будівлі, розташування приміщень в будівлі, впливу сонячної радіації та вітру при аварійних ситуаціях в системах теплопостачання.

У **п'ятому розділі** наведено впровадження одержаних результатів на виробництві. Розроблена методика розрахунку теплотривкості будівель та система автоматизованого контролю параметрів мікроклімату при аварійно-дефіцитних ситуаціях в системах теплопостачання, що дозволяє управляти процесом забезпечення необхідних параметрів мікроклімату з урахуванням виду діяльності та досягненням критичного рівня по забезпеченню безпечних умов праці та життєдіяльності. Впровадження результатів досліджень з контролю та забезпеченню необхідних параметрів мікроклімату приміщень в торговельному комплексі АТБ у м. Дніпропетровську дозволили отримати економічний ефект за рахунок зменшення енергоспоживання за опалювальний період в середньому на 23%.

### **ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ ПО РОБОТІ**

1. Проведено аналіз впливу параметрів мікроклімату на безпеку життєдіяльності з урахуванням теплотривкості будівель і споруд.

2. На підставі теоретичних досліджень проведено обґрунтування застосування датчика з кільцевим і плоским нагрівачем для визначення теплофізичних властивостей будівельних огорожувальних конструкцій з несиметричною схемою укладання з одного боку досліджуваної конструкції.

3. В результаті проведених досліджень визначені початкові і граничні умови застосування датчиків з кільцевим і плоским нагрівачем при дослідженні теплотехнічних властивостей будівельних матеріалів огорожувальних конструкцій будівель. Встановлено, що при визначенні коефіцієнта теплопровідності будівельних матеріалів в діапазоні  $\lambda = 0,2 \div 0,67$  Вт/м·°С з використанням датчика з кільцевим нагрівачем похибка становить 7% і більше; з використанням датчика з плоским нагрівачем - похибка 4%; в діапазоні  $\lambda = 0,67 \div 1,2$  Вт/м·°С з використанням датчика з кільцевим нагрівачем - похибка 5%; з використанням датчика з плоским нагрівачем - похибка до 5%; в діапазоні  $\lambda = 1,2 \div 2,05$  Вт/м·°С з використанням датчика з кільцевим нагрівачем - похибка до 3%, з використанням датчика з плоским нагрівачем - похибка 8% і більше.

4. Вперше проведено дослідження теплотехнічних властивостей будівельних матеріалів огорожувальних конструкцій в процесі тривалої експлуатації (понад 10 років) для шести типів найбільш поширених будівель у Дніпропетровську. В результаті проведених досліджень встановлено, що в процесі впливу навколишнього середовища і кліматичних умов при тривалій експлуатації в будівельних конструкціях внаслідок структурних змін (ущільнення, перебудова мінералогічного складу, карбонізації, міграції вологи і т.д.) відбуваються значні зміни теплотехнічних характеристик від початкових, що знижує їх термічний опір і суттєво впливає на забезпечення нормальних умов мікроклімату в приміщенні.

5. На основі проведених досліджень встановлена закономірність зміни температури внутрішнього повітря та мікроклімату приміщень при охолодженні зі стаціонарного режиму при відключенні системи теплопостачання для шести типів експлуатованих будівель з урахуванням застосованих огорожувальних конструкцій.

6. Вперше проведені дослідження дозволили встановити час досягнення критичних температур мікроклімату та роботи інженерних мереж для різних типів будівель при різних коефіцієнтах теплоакumuляції при температурах зовнішнього повітря - холодної п'ятиденки і місяців опалювального періоду. Дані залежності є універсальними і дозволяють прогнозувати забезпечення мікроклімату приміщень і безпечно експлуатацію інженерних комунікацій.

7. На основі теоретичних та експериментальних досліджень були отримані залежності зміни температури внутрішньої поверхні огорожувальних конструкцій, які дозволяють управляти процесом забезпечення параметрів мікроклімату приміщення з урахуванням типу будівлі, впливу сонячної радіації і вітру при аварійних ситуаціях в системах теплопостачання.

8. Для контролю температури внутрішнього повітря в період охолодження і своєчасного включення системи резервно-переривчастого опалення при досягненні мінімальної температури розроблена автоматизована система контролю та подачі теплової енергії, яка впроваджена на підприємстві (торгівельний комплекс АТБ) і дозволила отримати економічний ефект за рахунок зменшення енергоспоживання в середньому на 23%. Впровадження результатів досліджень з контролю і забезпечення необхідних умов мікроклімату приміщень на виробництві дозволили встановити залежності, які дозволяють визначити величину відносної резервної теплоподачі і час відновлення нормального теплопостачання при різній теплоакumuлюючій здатності огорожувальних конструкцій будівель і споруд з урахуванням забезпечення необхідних параметрів мікроклімату приміщень.

### **СПИСОК ОСНОВНИХ ПУБЛІКАЦІЙ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ**

1. Колесник И.А. Теплоустойчивость зданий в экосистеме «окружающая среда – здание – человек» (аварийно-дефицитные тепловые режимы, гелио- и ветровые аспекты) / М.П. Данилов, И.Л. Ветвицкий, Л.Г. Чесанов, И.А. Колесник // Днепрпетровск: Поліграфіст, 2004. – 264 с.

2. Колесник І.О. Покращення параметрів мікроклімату внаслідок використання новітніх конструктивно-технологічних рішень / К.Б. Дікареєв, І.Л. Ветвицький, І.О. Колесник, О.М. Кузьменко // Строительство, материаловедение, машиностроение. – Дн-ск: ГВУЗ «ПГАСА», 2014. – Вып.76. – С.106-110.

3. Колесник И.А. Пути повышения микроклиматических параметров в помещении при его теплодефицитном отоплении / А.С. Беликов, И.А. Колесник, Э.Е. Стрежекуров // Строительство, материаловедение, машиностроение. – Дн-ск: ГВУЗ «ПГАСА», 2009. – Вып.49. – С. 44-46.

4. Колесник И.А. Влияние окружающей среды на параметры внутреннего воздуха помещений в отопительный период / А.С. Беликов, И.А. Колесник // Строительство, материаловедение, машиностроение. – Дн-ск: ГВУЗ «ПГАСА», 2009. – Вып.49. – С. 112-114.

5. Колесник И.А. Исследование влияния теплопроводных включений на параметры микроклимата помещений при отключении системы отопления / И.Л. Ветвицкий, И.А. Колесник, В.Ю. Каспийцева, А.А. Шевченко // Строительство, материаловедение, машиностроение. – Дн-ск: ГВУЗ «ПГАСА», 2013. – Вып.70. – С. 65-69.

6. Колесник И.А. Теплофизические и энергетические аспекты при реконструкции (санации) ограждений зданий / И.Л. Ветвицкий, И.А. Колесник, В.Ю. Каспийцева, А.А. Шевченко // Строительство, материаловедение, машиностроение. – Дн-ск: ГВУЗ «ПГАСА», 2013. – Вып.70. – С. 70-78.

7. Колесник И.А. Теоретические исследования по разработке и применению датчиков с кольцевым нагревателем для определения теплотехнических свойств ограждающих конструкций / А.С. Беликов, И.А. Колесник // Вісник Придніпровської державної академії будівництва та архітектури. – Дніпропетровськ: ПДАБтаА, 2015. - № 4. – С.20-25.

8. Колесник И.А. Влияние теплопроводных включений при отключении системы отопления на микроклимат в помещении / И.Л. Ветвицкий, И.А. Колесник, А.А. Шевченко // Матеріали VIII Всеукраїнської науково-практичної конференції «Охорона навколишнього середовища промислових регіонів як умова сталого розвитку України». – Запоріжжя, 2012. – С. 141-142.

9. Колесник И.А. Особенности аварийных ситуаций в системах теплогазоснабжения зданий / М.П. Данилов, И.Л. Ветвицкий, И.А. Колесник // Матеріали V міжнародного симпозиума «Безопасность жизнедеятельности в XXI веке». – Днепропетровск, 2005. – С.39-40.

10. Колесник И.А. К вопросу оценки надежности теплоснабжения, обеспечивающего санитарно-гигиенические требования в жилых помещениях / А.И. Федоренко, С.З. Полищук, В.А. Долодаренко, И.А. Колесник // Матеріали VII Міжнародної XIII Традиційної науково-практичної конференції за участю молодих вчених «Екологічний інтелект – 2012» присвяченої пам'яті професора Плахотника В.М.. – Дніпропетровськ, 2012. – С.69-71.

11. Колесник И.А. К вопросу о рекомендациях по утеплению резервуаров для хранения жидких удобрений / И.Л. Ветвицкий, К.Б. Дикарев, И.А. Колесник, Л.В. Кислица // Матеріали міжнародної науково-практичної конференції «Актуальні питання сучасної аграрної науки». – Умань, 2013. – С. 146-147.

12. Колесник И.А. Влияние солнечной радиации и ветра на параметры микроклимата помещений в Днепропетровском регионе / И.Л. Ветвицкий, И.А. Колесник, В.Ю. Каспийцева, Б.А. Мартиненко // Міжнародна наукова конференція «Математичні проблеми технічної механіки 2015». – Дніпродзержинськ, 2015. – С. 119.

13. Колесник И.А. Исследование динамики охлаждения внутренней поверхности ограждений при аварийно-дефицитных ситуациях в системах теплоснабжения с учетом солнечной радиации и ветра» / И.Л. Ветвицкий, И.А. Колесник, В.Ю. Каспийцева, Б.А. Мартиненко // Тезисы докладов Международного научного симпозиума «Неделя эколога – 2015». – Днепродзержинск, 2015. – С.226-228.

## АНОТАЦІЯ

**Колесник І.О. Забезпечення параметрів мікроклімату при аварійно-дефіцитних ситуаціях в системах теплопостачання. – На правах рукопису.**

Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук зі спеціальності 05.26. 01 – охорона праці. – Державний вищий навчальний заклад

«Придніпровська державна академія будівництва та архітектури», Дніпропетровськ, 2015.

Дисертація присвячена підвищенню безпеки життєдіяльності за рахунок забезпечення параметрів мікроклімату при аварійно-дефіцитних ситуаціях в системах тепlopостачання.

В роботі виконаний аналіз параметрів мікроклімату приміщень при аварійно-дефіцитних ситуаціях в системах тепlopостачання, їх вплив на життєдіяльність людини, розглянуто вплив теплотривкості будівель на мікрокліматичні умови приміщень, проаналізовані методи контролю теплообміну огорожувальних конструкцій з зовнішнім та внутрішнім середовищем.

Проведено наукове та експериментальне обґрунтування застосування датчиків з кільцевим і плоским нагрівачами та визначені граничні умови їх застосування. Виконані експериментальні дослідження параметрів мікроклімату приміщень для шести видів огорожувальних конструкцій будівель у м. Дніпропетровську. Знайдені закономірності динаміки охолодження внутрішнього повітря та внутрішніх поверхонь огорожувальних конструкцій приміщень при аварійно-дефіцитних ситуаціях в системах тепlopостачання.

Розроблена методика визначення часу охолодження внутрішнього повітря в залежності від коефіцієнта акумуляції тепла огорожувальних конструкцій без урахування та з урахуванням сонячної радіації та вітрової дії при аварійно-дефіцитних ситуаціях в системах тепlopостачання.

Проведено впровадження результатів досліджень з контролю і забезпечення необхідних умов мікроклімату приміщень на виробництві, це дозволило встановити залежності, які дозволяють визначити величину відносної резервної теплоподачі і час відновлення нормального тепlopостачання при різній теплоакumuлюючій здатності огорожувальних конструкцій будівель і споруд з урахуванням забезпечення необхідних параметрів мікроклімату приміщень.

**Ключові слова:** мікроклімат, безпека життєдіяльності, санітарно-гігієнічні умови, аварійно-дефіцитні ситуації, система контролю та управління, критична температура, динаміка охолодження, коефіцієнт теплоакumuляції.

## АННОТАЦИЯ

**Колесник И.А. Обеспечение параметров микроклимата при аварийно-дефицитных ситуациях в системах теплоснабжения. – На правах рукописи.**

Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.26. 01 – охрана труда. – Государственное высшее учебное заведение «Приднепровская государственная академия строительства и архитектуры», Днепропетровск, 2015.

Диссертация посвящена вопросам повышения безопасности жизнедеятельности за счет обеспечения параметров микроклимата при аварийно-дефицитных ситуациях в системах теплоснабжения.

В работе выполнен анализ изменения параметров микроклимата помещений при аварийно-дефицитных ситуациях в системах теплоснабжения, их влияние на жизнедеятельность человека, рассмотрено влияние теплоустойчивости зданий на микроклиматические условия помещений,

проанализированы методы контроля теплообмена ограждающих конструкций с внешней и внутренней средой.

Выполнены теоретические и экспериментальные исследования применения датчиков с кольцевым и плоским нагревателями для контроля теплотехнических свойств строительных материалов непосредственно в строительных ограждающих конструкций в процессе их эксплуатации. Определены граничные условия их применения с учетом погрешности измерения до 5%.

Проведены исследования теплотехнических свойств строительных материалов ограждающих конструкций в процессе длительной эксплуатации (более 10 лет) для шести типов наиболее распространенных зданий в г. Днепропетровске. Выполненные исследования изменения теплотехнических свойств строительных ограждающих конструкций расчетным и экспериментальным методами показали высокую их сходимость, что позволяет применять предложенный экспериментальный метод для экспресс оценки теплотехнических свойств строительных ограждающих конструкций в процессе их эксплуатации. Установлены зависимости, позволяющие прогнозировать изменения температур внутреннего воздуха и внутренней поверхности ограждения с учетом типа здания и применяемых строительных материалов ограждающих конструкций при аварийно-дефицитных ситуациях в системах теплоснабжения.

Установлены зависимости изменения температуры внутреннего воздуха помещения и температурного градиента, что позволяет оценивать влияние параметров микроклимата на безопасность жизнедеятельности с учетом выполняемых работ по степени тяжести и определить достижение критических значений температур при эксплуатации инженерных коммуникаций.

Разработана методика по определению времени достижения критических температур помещений и работы инженерных сетей для различных типов зданий с различными коэффициентами теплоаккумуляции ограждений при температурах наружного воздуха: холодной пятидневки и месяцев отопительного периода при аварийно-дефицитных ситуациях в системах теплоснабжения.

На основе теоретических и экспериментальных исследований получены зависимости изменения температур внутреннего воздуха и внутренней поверхности ограждающих конструкций, которые позволяют управлять процессом обеспечения параметров микроклимата помещения с учетом типа здания, влияния солнечной радиации и ветра при аварийно-дефицитных ситуациях в системах теплоснабжения для данного региона – г. Днепропетровска.

Внедрение результатов исследований по контролю и обеспечению необходимых условий микроклимата помещений на производстве позволило установить зависимости, позволяющие определить величину относительной резервной теплоподдачи и время восстановления нормального теплоснабжения при разной теплоаккумулирующей способности ограждающих конструкций зданий и сооружений с учетом обеспечения необходимых параметров микроклимата помещений.

**Ключевые слова:** микроклимат, безопасность жизнедеятельности, санитарно-гигиенические условия, аварийно-дефицитные ситуации, система

контроля и управления, критическая температура, динамика охлаждения, коэффициент теплоаккумуляции.

### SUMMARY

**Kolesnik I.A. Ensuring microclimate parameters during emergency situations deficient in heating systems. – The manuscript.**

A thesis for scientific degree of candidate of technical sciences in specialty 05.26.01 – protection of work. – State Higher Educational Establishment “Prydneprovsk State Academy of Civil Engineering and Architecture”, Dnipropetrovsk, 2015.

The thesis is devoted to increasing life safety by ensuring microclimate parameters during emergency situations in scarce supply systems.

In the paper the analysis of microclimate in the premises of scarce emergency situations in heating systems and their impact on human activity, the influence teplotryvkosti buildings on the premises microclimate conditions are analyzed methods to control heat walling with external and internal environment.

The scientific substantiation and experimental use of sensors with ring and flat heaters and certain boundary conditions of their application. Experimental study of microclimate premises for six types of walling buildings in the city. Dnepropetrovsk. Found laws of dynamics of internal air cooling and internal surfaces walling areas in emergency situations in scarce supply systems.

The method of determining the internal air cooling time depending on the coefficient of heat accumulation walling and without considering solar radiation and wind action in emergency situations in scarce supply systems.

An application of research results of monitoring and ensuring the necessary microclimate conditions in the production areas, it is possible to establish dependence for determining the relative heat supply backup and restoring normal heat at different heat accumulating capacity walling buildings and structures with a view to ensuring the necessary parameters of microclimate premises.

**Keywords:** climate, safety, sanitary conditions, emergency situations scarce, control and management, critical temperature, dynamic cooling, rate teploakumulyatsiyi.

Підписано до друку 04.09.2015 р. Формат 60x84/16

Папір офсетний.

Друк різнограф. Гарнітура Times New Roman

Ум.друк.арк.0,9. Обл.-вид.арк.0,9.

Тираж 100 прим. Зам. № 0003265

Св. серія А01 №049793 от 07.09.98 р. видано в ППФ «Тотем»  
м. Дніпропетровськ, вул. Карла Лібкнехта, 50 тел: 0562-36-95-76