

УДК 628.87: 697.245.386

**ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ОПТИМАЛЬНИХ УМОВ МІКРОКЛІМАТУ  
З УРАХУВАННЯМ МОДЕЛЮВАННЯ  
ТЕПЛОВОГО РЕЖИМУ ПРИМІЩЕННЯ**

*к.т.н., доц. Петренко А.О.*

*Державний вищий навчальний заклад «Придніпровська державна академія  
будівництва та архітектури»*

**Постановка проблеми.** Здоров'я і працездатність людини в основному залежать від санітарно-гігієнічних умов на робочому місці, зокрема параметрів мікроклімату всередині приміщень житлових, громадських і виробничих будівель. Тривала дія високої температури в приміщенні спричиняє різноманітні фізіологічні порушення в організмі працівника. Отже, виникає необхідність дослідження процесу променевого теплообміну між поверхнею тіла людини й поверхнями, оберненими всередину приміщення, та пошуку критерію оцінки мікроклімату всередині приміщень з урахуванням радіаційної температури захисних поверхонь, обернених всередину приміщення  $t_p$ , а також розробки енергоефективних технологій обігріву й охолодження в приміщенні.

Таким чином, підвищення комфортності в приміщенні за рахунок підтримки оптимальних параметрів мікроклімату в будь-якій точці приміщення, направлене на поліпшення умов життєдіяльності людини, підвищення продуктивності праці, зниження витрат теплової енергії на забезпечення параметрів мікроклімату, є актуальним науково-практичним завданням сьогодення.

**Зв'язок з науковими програмами завданнями і аналіз останніх досліджень і публікацій.** Формування мікроклімату приміщень житлових та громадських будівель відбувається під впливом великої кількості чинників, що відзначалося вже раніше, теплові процеси в приміщенні пов'язані з впливом променевого тепла [1, 2]. Вивчення процесу впливу променевого тепла на самопочуття людини має велику складність. Якщо розглядати кожен процес окремо, то і в цьому випадку в даний час вони не піддаються чіткому теоретичного опису.

**Виділення не вирішених раніше питань.** Відомі методи моделювання даного процесу є наближеними і мають недоліки, які призводять до зниження точності і обмежують область застосування [3]. Тому одним із шляхів отримання ефективних теплових рішень є моделювання теплових процесів з подальшим аналізом отриманих результатів.

**Мета і завдання дослідження.** Метою є підвищення безпеки життєдіяльності людини за рахунок поліпшення мікрокліматичних умов з урахуванням моделювання теплового режиму в приміщенні.

Для досягнення поставленої мети необхідно виконати наступні завдання:

- дослідити процес променевого теплообміну між поверхнею тіла

людини й поверхнями, оберненими всередину приміщення;

- обґрунтувати критерії оцінки стану мікроклімату в приміщенні з урахуванням променевої складової теплообміну;
- встановити закономірності й розробити фізико-математичну модель розподілу променевого теплообміну на поверхні тіла людини.

**Викладення основного матеріалу дослідження.** Для оцінки умов мікроклімату, з погляду безпеки життєдіяльності людини, були проведені дослідження променевого теплообміну між поверхнею тіла людини і поверхнями, оберненими всередину приміщення. Терморадіаційна напруженість характеризується нерівномірністю в просторі, отже, його оцінку необхідно вести окремо для кожної точки. Величина опроміненості елементарної площадки тіла людини залежить від її орієнтації у просторі щодо джерела теплового випромінювання. Вона має векторний характер і багатозначна в кожній точці простору.

Для отримання наочної картини взаємного впливу променевої енергії, яка направлена від усіх обернених у бік людини поверхонь, при рішенні математичної моделі, вперше запропоновано представляти тіло людини як набір геометричних фігур: голова – куля, тулуб – еліптичний циліндр, ноги – усічений конус (рис. 1).

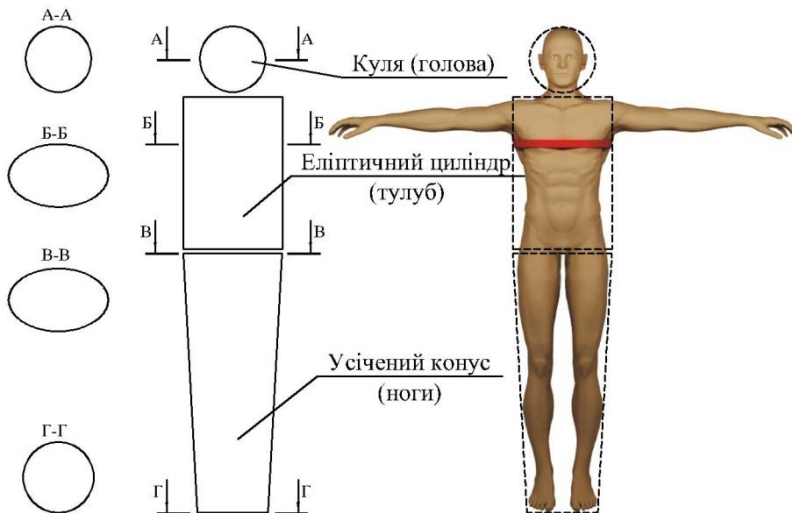


Рис. 1. Схема подібності різних частин тіла людини до геометричних фігур

Остаточню для математичного моделювання в якості моделі людини використовується еліптичний циліндр. Висота фігури 170 мм. Розрахунки проводилися для ділянки, розташованої на рівні грудей, на висоті 150 мм від рівня підлоги.

Для проведення розрахунків та вивчення впливу променевого теплообміну на тепловідчуття людини за допомогою математичної моделі обрано модель кімнати з розмірами 500x400x300 мм.

Розглянуто наступні варіанти дослідження променевого теплообміну між поверхнею тіла людини і поверхнями, оберненими всередину приміщення:

1. Температура на поверхні всіх огорожувальних конструкцій дорівнює температурі внутрішнього повітря, а температура на поверхні моделі тіла людини становить 36°C.

2. Температура на внутрішніх поверхнях зовнішніх огорожень приймається залежно від температури зовнішнього повітря та опору теплопередачі огорожувальних конструкцій, а температура на поверхні тіла людини – 36°C, при обігріві приміщення панелями або радіаторами (конвекторами).

У розрахунках радіаційного теплообміну між поверхнями важливу роль відіграють геометричні характеристики тіл і взаємне їх розташування. Вплив цих характеристик враховується кутовим коефіцієнтом  $\varphi$ .

Коефіцієнт опроміненості  $\varphi_{cm-l}$  з плоскої поверхні, яка має граничні розміри, на поверхню тіла людини визначається згідно залежності:

$$\varphi_{cm-l} = \frac{1}{F_{cm} \cdot F_{cm,l}} \iint \frac{\cos \beta_1 \cos \beta_2}{\pi R^2} dF_{cm} dF_l \quad (1)$$

Коефіцієнт опроміненості показує частку променевого потоку, яка потрапляє на поверхню тіла людини, від усього потоку, що випромінюється плоскою поверхнею.

У роботі було розглянуто задачу взаємного опромінення тіла людини й вертикально розташованої поверхні (стіна, вікно, опалювальний прилад) (рис. 2 а), горизонтально розташованої поверхні (стеля, підлога) (рис. 2 б).

Після подвійного інтегрування коефіцієнт опроміненості між поверхнями  $F_1$  і  $F_2$  прийме вигляд:

$$\varphi_{cm-l} = \frac{h \cdot H}{\pi \cdot F_1} \cdot \left[ \frac{a}{2} \cdot g(\gamma_c) I_1 + \frac{b}{2} I_2 - \frac{b}{2} I_3 + \frac{a}{2} I_4 - \frac{a_2}{2} I_5 \right] \quad (2)$$

$$\text{де } g(\gamma_c) = \arctg \frac{X_2 - X_1}{\sqrt{(Y - b \cdot \sin \gamma_c)^2 + Z^2}}, \quad \gamma_c = \frac{\gamma_1 + \gamma_2}{2}$$

$$1 + \frac{(X_2 - a \cdot \cos \gamma_c) \cdot (X_1 - a \cdot \cos \gamma_c)}{(Y - b \cdot \sin \gamma_c)^2 + Z^2}$$

Обчислюючи окремо  $\gamma_c$ ,  $g(\gamma_c)$ ,  $I_1$ ,  $I_2$ ,  $I_3$ ,  $I_4$ ,  $I_5$  за формулою (2), визначаємо  $\varphi_{l-2}$  для випадку, коли площа знаходиться перед людиною (рис. 2 а).

Випадки з боковими стінами та стелею вирішуються аналогічно.

Результати розрахунків коефіцієнтів опроміненості між тілом людини і поверхнями, оберненими всередину приміщення, використовуються в

методиці оцінки ефективності систем обігріву й охолодження, що є складовою при регулюванні мікроклімату в приміщенні.

Значні ускладнення виникають при розрахунку коефіцієнтів опроміненості  $\varphi_{em-l}$ , тому що виконати подвійне інтегрування з отриманням результатів у вигляді простого аналітичного виразу виявляється можливим тільки в окремих випадках взаємного розташування та конфігурації поверхонь, які беруть участь у променевому теплообміні. Проблема може бути вирішена за рахунок створення аналогової моделі для дослідження процесів променевого теплообміну людини з поверхнями, оберненими всередину приміщення.

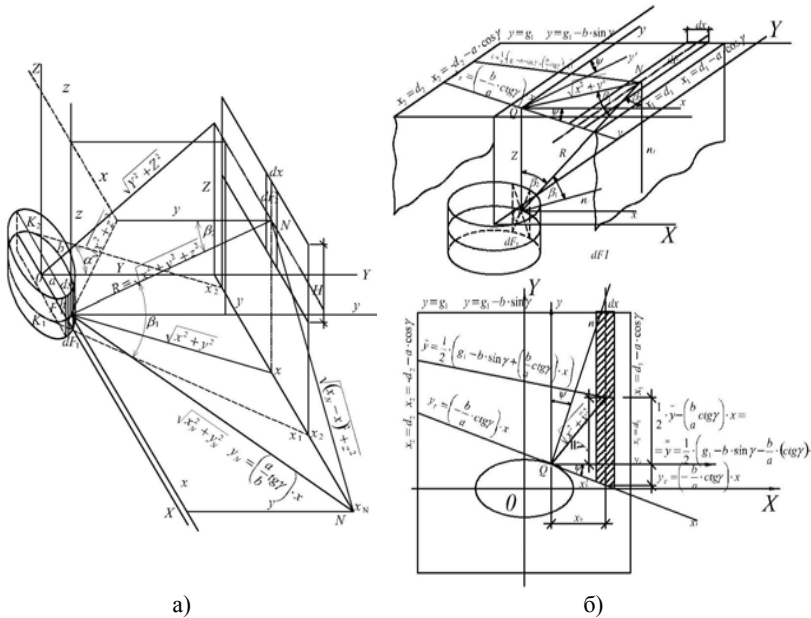


Рис. 2. Схема визначення коефіцієнту опроміненості між моделлю тіла людини: а) вертикально розташованою поверхнею; б) горизонтально розташованою поверхнею

Для визначення асиметричного розподілу тепла на поверхні тіла людини запропоновано критерій оцінки стану мікроклімату в приміщенні з урахуванням впливу променевої складової теплообміну (3), який дозволяє визначати відповідність стану мікроклімату санітарно-гігієнічним нормам у приміщенні:

$$\zeta = \frac{q_{\min}}{q_{\max}} \quad (3)$$

де  $q_{\max}$  – максимальна кількість тепла, яке надходить або йде з поверхні тіла людини;

$q_{\min}$  – мінімальна кількість тепла, яке надходить або йде з поверхні тіла людини.

Наочніше комфортні умови в приміщенні можна прослідкувати при графічній побудові критерію оцінки стану мікроклімату залежно від променевої складової теплообміну людини і поверхонь, обернених всередину приміщення.

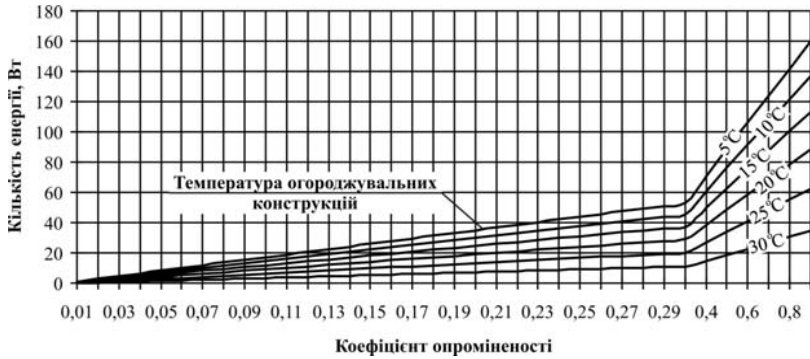


Рис. 3. Визначення кількості тепла, яке надходить на поверхню тіла людини або йде з неї залежно від температури на поверхні огорожувальних конструкцій і коефіцієнта опроміненості

Визначити комфортний стан людини всередині приміщення з урахуванням променевого теплообміну можна використовуючи залежність 3 або рис. 3.

**Висновки.** В статті наведено теоретичне узагальнення і нове вирішення актуальної науково прикладної задачі безпеки життєдіяльності людини у виробничому середовищі, яка полягає в поліпшенні стану мікроклімату в приміщеннях за рахунок рівномірного дії променевого теплообміну на організм людини та підвищення енергоефективності технологій його забезпечення, яке знайшло відображення в наступному:

1. Проведено дослідження процесу променевого теплообміну між поверхнею тіла людини і поверхнями внутрішнього середовища з урахуванням впливу променевої складової на стан мікроклімату в приміщенні.

2. Розроблено математичну модель і отримано аналітичні вирази для визначення коефіцієнтів опромінення, які дозволяють розрахувати величину променевої складової теплообміну будь-якої точки в приміщенні для окремих елементів (стіна, стеля, підлога) і оцінити теплообмін людини з внутрішнім середовищем.

На основі визначеного асиметричного розподілу тепла запропоновано критерій оцінки стану мікроклімату в приміщенні з урахуванням впливу променевої складової теплообміну, який дозволяє визначати відповідність стану мікроклімату санітарно-гігієнічним нормам.

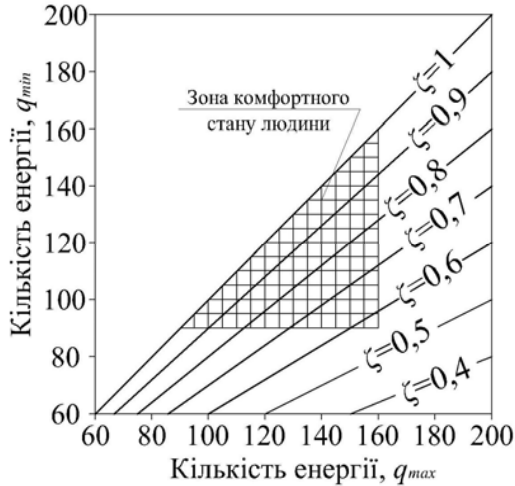


Рис. 4. Критерій оцінки стану мікроклімату при променевому теплообміні людини і поверхонь, обернених всередину приміщення (людина у стані покою)

#### ВИКОРИСТАНА ЛІТЕРАТУРА

1. Стронг Д. Техника физического эксперимента. – Л.: Лениздат. – 1948. - 220 с.
2. Бабов Д.М., Надворный Н.И. Руководство к практическим занятиям по гигиене с техникой санитарно-гигиенических исследований. – М.: Медицина. – 1976. - 288 с.
3. Богословский В.Н. Строительная теплофизика (теплофизические основы отопления, вентиляции и кондиционирования воздуха): Учебник для вузов. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Высшая школа. – 1982. - 415 с.