

ВПЛИВ ПАРАМЕТРІВ ВНУТРІШНЬОГО МІКРОКЛІМАТУ ПРИМІЩЕННЯ НА ТЕПЛООБМІН ЛЮДИНИ

© Миронюк Х.В., Сухолова І.Є., 2010

Подано результати розрахунків взаємозв'язку параметрів мікроклімату для забезпечення теплового комфорту людини в приміщенні у теплий період року. Побудовано номограму на основі отриманих розрахункових значень.

In this article presented the results of calculations of correlation of indoor climate parameters to provide people thermal comfort in hot season of the year. Graphycal dependences have been obtained.

Постановка проблеми. Здоров'я людини, а також її працездатність залежать від умов мікроклімату, що забезпечується системами опалення, вентиляції і кондиціонування. Комфортними вважаються такі умови, за яких людина, що знаходиться у робочій або обслуговуваній зоні приміщення, не відчуває дискомфорту (перегріву або переохолодження). Стан комфорту – це суб'єктивне відчуття, що виникає у людей під впливом комплексної дії параметрів мікроклімату [2]. Питання теплового комфорту є домінуючим під час вибору конструкцій зовнішніх огорожень, а також під час проектування систем опалення, вентиляції та кондиціонування повітря, оскільки відчуття тепла людиною залежить безпосередньо від параметрів мікроклімату у приміщенні, а саме – від температури внутрішнього повітря $t_{в}$, відносної вологості повітря ϕ , рухомості (швидкості руху) повітря V та радіаційної температури t_r .

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Системи опалення, вентиляції і кондиціонування повинні створювати у приміщенні комфортні для людини умови. Добре самопочуття і працездатність людини залежать від роботи фізіологічної системи терморегуляції організму. Для підтримання постійної температури організм людини безперервно виробляє тепло, яке віддає у навколишнє середовище. Залежно від фізіологічного і емоційного стану людини, її одягу, віку, а також характеру роботи, яку виконує, кількість тепла, що віддається, змінюється в певному діапазоні. Якщо кількість тепла, що виробляється організмом, і кількість тепла, яке віддається у навколишнє середовище, не збалансовані, то в тілі людини може спостерігатись накопичення тепла, що викликати підвищення температури тіла або недостачу тепла, що, своєю чергою, викликати переохолодження організму. Система терморегуляції організму уможливає забезпечувати баланс між теплом, що виробляється і віддається. Проте можливості системи терморегуляції доволі обмежені. В умовах підвищених температур у приміщенні з підвищенням рухомості повітря підвищується також і нагрівання тіла людини за рахунок конвективного потоку тепла від повітря. У той самий час збільшується відбір тепла, що витрачається на випаровування. За цих умов важливо визначити оптимальну рухомість, за якої відведення тепла буде найбільшим. Згідно з [3] для людини важливою є також зміна температури упродовж дня, що пов'язано із зміною інтенсивності обміну речовин, а також особливістю виконуваної роботи. Окрім загального теплового балансу організму на теплове самопочуття людини, мають великий вплив умови, в яких знаходяться окремі частини тіла. Особливе значення мають умови, в яких знаходяться голова і ноги людини. Голова чутлива до радіаційного перегрівання. Багато лікарів-гігієністів вважають, що найчутливішого до охолодження є верхня частина спини людини [4].

Мета та завдання досліджень. Мета роботи – дослідити взаємозв’язок параметрів повітря у приміщенні залежно від радіаційної, а також зовнішньої температури, а також дослідити швидкість руху повітря залежно від зміни цих температур, а також графічно зобразити цю залежність для систем вентиляції та кондиціонування повітря.

Розглянемо тепловідчуття людей в приміщенні. На основі [1; 2] загальний тепловий баланс тіла людини характеризується рівнянням:

$$\Delta Q_{\text{Л}} = Q_{\text{Л}} \pm Q_{\text{Л}}^{\text{К}} \pm Q_{\text{Л}}^{\text{Р}} - Q_{\text{Л}}^{\text{В}} - Q_{\text{Л}}^{\text{М}} - Q_{\text{Ф}} + q, \quad (1)$$

де $\Delta Q_{\text{Л}}$ – надлишок (накопичення) або недостача тепла в організмі; $Q_{\text{Л}}$ – теплопродуктивність організму (загальна кількість енергії, що виробляється організмом); $Q_{\text{Л}}^{\text{К}}, Q_{\text{Л}}^{\text{Р}}, Q_{\text{Л}}^{\text{В}}$ – складові теплообміну людини конвекцією, випромінюванням і за рахунок затрат тепла на випаровування вологи; $Q_{\text{Л}}^{\text{М}}$ – витрата тепла (енергії) на механічну роботу; $Q_{\text{Ф}}$ – тепло, затрачене на фізіологічні процеси (нагрівання повітря, що вдихає людина, природний обмін речовин тощо); q – сприйняте людиною променеве тепло сонячної радіації.

Для розрахунку складових теплообміну існує також багато емпіричних формул, складених лікарями-гігієністами [4].

Загальна теплопродуктивність людини переважно залежить від важкості виконуваної роботи. Витрата тепла $Q_{\text{Л}}^{\text{М}}$ зазвичай становить від 5 до 35 % від додаткових тепловиділень, що пов’язано з виконанням фізичної або розумової роботи.

Із аналізу теплового балансу, прийнявши припущення, що люди знаходяться в стані спокою, впливає:

– теплопродуктивність для стану спокою у сидячому положенні, згідно з [2], становить $Q_{\text{Л}} = 90$ Вт, в тому числі $Q_{\text{Л}}^{\text{В}} = 30 - 35$ Вт;

– конвективна тепловіддача людини [2]:

$$Q_{\text{Л}}^{\text{К}} = F_{\text{D}} \cdot f \cdot (t_{\text{од}} - t_{\text{В}}) \cdot 12,1 \cdot V^{0,5}, \text{ Вт}, \quad (2)$$

де F_{D} – так названа ”поверхня дю-Буа”, яка використовується для визначення площі поверхні людського тіла (для сидячої людини $F_{\text{D}} \approx 1,1$ м²); f – відношення площі поверхні одягненого і оголеного тіла (для літнього одягу $f = 1,1$); $t_{\text{од}}$ – температура одягу, приймається 35 °С; $Q_{\text{Л}}^{\text{Р}}$ – променева тепловіддача людини [2]:

$$Q_{\text{Л}}^{\text{Р}} = 4 \cdot 10^{-8} \cdot F_{\text{D}} \cdot f \cdot ((t_{\text{од}} + 273)^4 - (t_{\text{r}} + 273)^4); \quad (3)$$

– величина $Q_{\text{Л}}^{\text{Р}}$ переважно становить 5–35 % від додаткових тепловиділень, пов’язаних з виконанням фізичної або розумової роботи [2]:

$$Q_{\text{Л}}^{\text{Р}} = 0,05 - 0,35(Q_{\text{Л}} - Q_{\text{Л}}^{\text{П}}), \quad (4)$$

де $Q_{\text{Л}}^{\text{П}}$ – теплопродуктивність в стані спокою, в нашому випадку $Q_{\text{Л}} = Q_{\text{Л}}^{\text{П}}$, а $Q_{\text{Л}}^{\text{Р}} = 0$;

– тепло $Q_{\text{Ф}}$ не перевищує 11,6 Вт і в розрахунках його можна не враховувати [1].

Отже, в нашому випадку рівняння балансу (1) зводиться до вигляду

$$Q_{\text{Л}} - Q_{\text{Л}}^{\text{К}} - Q_{\text{Л}}^{\text{Р}} - Q_{\text{Л}}^{\text{В}} + q. \quad (5)$$

Оскільки $Q_{\text{Я}} = Q_{\text{Л}} - Q_{\text{Л}}^{\text{В}}$, то $Q_{\text{Я}} + q = Q_{\text{Л}}^{\text{К}} + Q_{\text{Л}}^{\text{Р}}$, звідки, враховуючи (2) і (3), отримаємо:

$$Q_{\text{Я}} + q = 4 \cdot 10^{-8} \cdot F_{\text{D}} \cdot f \cdot ((t_{\text{од}} + 273)^4 - (t_{\text{r}} + 273)^4) + F_{\text{D}} \cdot f \cdot (t_{\text{од}} - t_{\text{В}}) \cdot 12,1 \cdot V^{0,5}. \quad (6)$$

На основі (1), використовуючи $t_{\text{П}} = 0,5(t_{\text{В}} + t_{\text{r}})$, визначаємо швидкість руху повітря в обслуговуваній зоні:

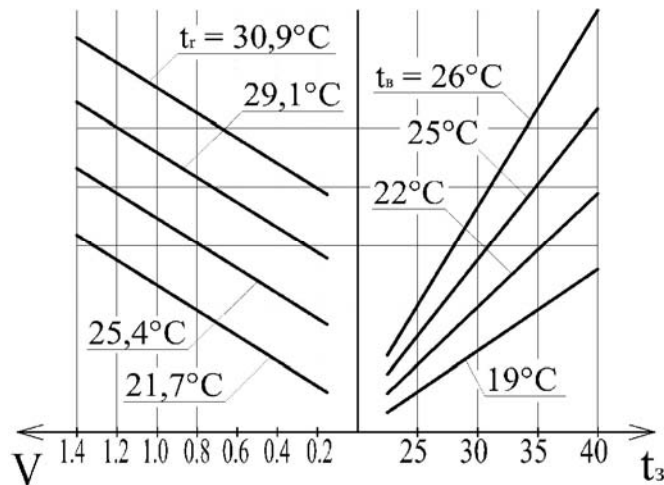
$$V = \frac{1}{106} \left(\frac{Q_{\text{Я}} + q}{35 - t_{\text{П}}} - 2,5 \right)^2, \text{ м/с}. \quad (7)$$

Результати розрахунків взаємозв'язку параметрів повітря у приміщенні, за прийнятими початковими даними, наведено в таблиці.

Взаємозв'язок параметрів повітря в приміщенні

Параметри	Система забезпечення мікроклімату				Система кондиціонування повітря				Система вентиляції			
	25	30	35	38	22	24	26	28	25	27	29	31
Зовнішня температура $t_z, ^\circ\text{C}$	25	30	35	38	22	24	26	28	25	27	29	31
Внутрішня температура $t_b, ^\circ\text{C}$	19	22	25	26	25	27	29	31	27	27	31	33
Радіаційна температура $t_r, ^\circ\text{C}$	21,7	25,4	29,1	30,9	27	27	31	33	27	27	31	33
Швидкість руху повітря $V, \text{м/с}$	0,15	0,28	0,72	1,3	0,5	1,0	2,3	7,0	0,5	1,0	2,3	7,0

На основі розрахункових залежностей побудуємо графічну залежність швидкості руху повітря від зовнішньої, внутрішньої, а також радіаційної температури (рисунок).



Номограма залежності швидкості руху повітря від внутрішньої, зовнішньої, а також радіаційної температури

Як бачимо із наведених розрахункових даних, швидкість руху повітря залежить від внутрішньої температури (вентиляції або системи кондиціонування повітря), а також від радіаційної температури променевої сонячної теплоти, які залежать від теплоізоляції огорожень, затінюючих пристроїв тощо. Підтримання швидкості руху повітря в обслуговуваній зоні в нормованих межах за зовнішньої температури $26\text{--}28^\circ\text{C}$ є складним завданням, тому під час обладнання приміщення системою вентиляції необхідно досягати максимального зниження радіаційної температури. Знайдені швидкості руху повітря в обслуговуваній зоні є початковими даними для розрахунку повітророзподілу. Враховуючи короткочасність перебування людей, можна допустити деяку напруженість процесу терморегуляції, тобто невелику дискомфортність теплової обстановки в приміщенні.

На підставі отриманих результатів констатуємо:

- наведено розрахункові значення залежності рухомості повітря у робочій зоні залежно від температури внутрішнього повітря, а також радіаційної температури оточуючих поверхонь;
- отримано графічну залежність отриманих розрахункових значень залежно параметрів мікроклімату приміщення від температури зовнішнього повітря залежно від запропонованої системи забезпечення мікроклімату.

1. Богословский В.Н. Строительная теплофизика: Учебник для вузов. – М.: Высш. шк., 1982. – 415 с. 2. Банхиди Л. Тепловой микроклимат помещений. – М.: Стройиздат, 1981. – 248 с. 3. Миссенар Ф. Лучистое отопление и охлаждение. – М., 1961. 4. Мальшева А.Е. Гигиеническая оценка радиационного охлаждения зданий. – В сб.: Исследования по строительной теплофизике. – М., 1959.