

## Дослідження мікроклімату у виробничих приміщеннях

**Мета роботи** - ознайомитись з основними параметрами мікроклімату у виробничих приміщеннях з їх оптимальними та допустимими значеннями, набути практичних навичок у користуванні нормативними документами, вивчити прилади контролю параметрів, методику проведення досліджень та виконати дослідження параметрів мікроклімату у виробничому приміщенні.

### Основні теоретичні відомості

Під мікрокліматом виробничих приміщень розуміють клімат внутрішнього середовища виробничого приміщення, який визначається поєднаними діями на організм людини, температури, вологості, швидкості руху повітря та теплових випромінювань.

Отже, основними параметрами мікроклімату є: температура, відносна вологість, швидкість переміщення повітря та інтенсивність теплового випромінювання.

Параметри мікроклімату можуть змінюватись у широких межах і істотно впливати на самопочуття та здоров'я працівника, продуктивність та якість його праці.

Для того, щоб фізіологічні процеси в організмі людини відбувалися нормально, тепло, що виділяється організмом, повинне повністю відводитися у навколишнє середовище. Порушення теплового балансу може призвести до перегрівання або до переохолодження організму людини і, зрештою, до втрати працездатності, втрати свідомості та до теплової смерті. Величина тепловиділення організмом людини залежить від ступеня фізичного напруження за певних кліматичних умов і складає від 85 (у стані спокою) до 500 Дж/с (важка робота).

Нормальне теплове самопочуття має місце, коли тепловиділення ( $Q_{тв}$ ) організму людини повністю сприймаються навколишнім середовищем ( $Q_{тн}$ ), тобто коли має місце тепловий баланс ( $Q_{тв} = Q_{тн}$ ). У цьому випадку температура внутрішніх органів залишається постійною на рівні 36,6°C.

Організм людини здатний підтримувати квазістійку температуру тіла при достатньо широких коливаннях параметрів навколишнього середовища. Так, тіло людини зберігає температуру близько 36,6°C при коливаннях навколишньої температури від -40°C до +40°C. При цьому температура окремих ділянок шкіри та внутрішніх органів може бути від 24°C до 37,1°C.

Найбільш інтенсивні обмінні процеси відбуваються в печінці – її температура – 38,0...38,5°C. Існує добовий біоритм температури шкіри: максимальна (37,0...37,1°C) о 16.00...19.00, мінімальна (36,0...36,2°C) о 2.00...4.00 за місцевим часом.

**Рівняння теплового балансу “людина – навколишнє середовище”** вперше було проаналізоване в 1884 році професором Флавіцьким І.І. Теплообмін між людиною та навколишнім середовищем здійснюється конвекцією внаслідок обтікання тіла повітрям ( $Q_k$ ), теплопровідністю через одяг ( $Q_m$ ), випромінюванням на оточуючі поверхні ( $Q_e$ ) та в процесі тепломасообміну ( $Q_{тн}$ ) при випаровуванні вологи, котра виводиться на поверхню потовими залозами ( $Q_n$ ) і при диханні ( $Q_o$ ):

$$Q_{тн} = Q_k + Q_m + Q_e + Q_n + Q_o,$$

Конвективний теплообмін визначається за законом Ньютона:

$$g_k = \alpha_k F_e (t_{нов} - t_{нс}),$$

де  $t_{нов}$  - температура поверхні тіла людини (взимку – 27,5°C, влітку - 31°C),  $t_{нс}$  - температура навколишнього середовища;  $F_e$  - ефективна поверхня тіла людини (50...80% геометричної зов-

нішньої поверхні тіла людини). Для практичних розрахунків вона приймається рівною  $1,8 \text{ м}^2$ ;  $\alpha_k = 4,06 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{град})$ .

Рівняння Фур'є, котре описує теплопровідність в однорідному полі, можна записати у вигляді:

$$g_m = \frac{\alpha_o}{\Delta_o} F (t_{\text{пов}} - t_{\text{нс}}),$$

де  $\alpha_o$  - коефіцієнт теплопровідності тканин одягу людини,  $\text{Вт}/\text{град}$ ;  $\Delta_o$  - товщина тканин одягу людини, м.

Теплообмін випромінювання відбувається за допомогою електромагнітних хвиль між тілами, розділеними променепрозорим середовищем. Теплова енергія, перетворюючись на поверхні гарячого тіла у променисту, передається на холодну поверхню, де знову перетворюється у теплову. Променистий потік тим більший, чим нижча температура поверхонь, котрі оточують людину і може бути визначений за допомогою узагальненого закону Стефана-Больцмана:

$$g_{\text{в}} = C_{\text{пр}} F \gamma_{1-2} \left\{ \left( \frac{T_1}{100} \right)^4 - \left( \frac{T_2}{100} \right)^4 \right\},$$

де  $T_1$  - середня температура поверхні тіла та одягу людини, К;  $T_2$  - середня температура оточуючих поверхонь, К;  $\gamma_{1-2}$  - коефіцієнт опромінюваності, що залежить від розташування та розмірів поверхонь  $F_1$  та  $F_2$  і котрий вказує на частку променистого тепла, що припадає на поверхню  $F_2$  від всього потоку, який випромінюється поверхнею  $F_1$ ;  $C_{\text{пр}} = \frac{C_1 C_2}{C_0}$  - приведений коефіцієнт випромінювання,  $\text{Вт}/(\text{м}^2 \text{К}^4)$ ;  $C_0$  - коефіцієнт випромінювання абсолютно чорного тіла.

Кількість тепла, котре віддається людиною в навколишнє середовище при випаровуванні вологи, що виводиться на поверхню шкіри потовими залозами, визначається формулою:

$$g_n = G_n r,$$

де  $G_n$  - кількість вологи, що виділяється і випаровується,  $\text{кг}/\text{с}$ ;  $r$  - прихована теплота випаровування вологи, котре виділяється  $\text{Дж}/\text{кг}$ .

Кількість тепла, що віддається в оточуюче середовище з поверхні тіла при випаровуванні поту, залежить не лише від температури повітря та інтенсивності роботи, що виконується людиною, але й від швидкості руху оточуючого повітря та його відносної вологості.

Кількість тепла, котре витрачається на нагрівання повітря, що вдихується, можна визначити за рівнянням:

$$g_o = V_{\text{лв}} \zeta_{\text{вд}} C_p (t_{\text{вд}} - t_{\text{вд}}),$$

де  $V_{\text{лв}}$  - легенева вентиляція,  $\text{м}^3/\text{с}$ ;  $\zeta_{\text{вд}}$  - густина вологого повітря, що вдихується  $\text{кг}/\text{м}^3$ ;  $C_p$  - питома теплоємність повітря, що вдихується,  $\text{Дж}/(\text{кг}/\text{град})$ ;  $t_{\text{вд}}$  - температура повітря, що видихається,  $^{\circ}\text{C}$ ;  $t_{\text{вд}}$  - температура повітря, що вдихується,  $^{\circ}\text{C}$ .

Легенева вентиляція – це об’єм повітря, що вдихується людиною за одиницю часу. Вона визначається, як добуток об’єму повітря, що вдихується за один вдих, на число циклів дихання за секунду.

Результати вимірювань температури і відносної вологості повітря. Таблиця 1

Дата, час і місце вимірювань	Тип засобів вимірювань	Температура повітря, °C	Показання термометрів		Різниця показань сухого та вологого термометрів, °C	Відносна вологість повітря, %
			сухого, °C	вологого, °C		
	Ртутний термометр ТЛ-6		X	X	X	X
	Спиртовий термометр		X	X	X	X
	Психрометр Августа	X	15,5	11,5	4	58
	Аспіраційний психрометр М-34	X	16,2	13	3,2	58

Результати вимірювання швидкості руху повітря. Таблиця 2

Дата, час і місце вимірювань	Засоби вимірювань	Площа вимірного вікна, м²	Показання анемометра			Час дії анемометра, с	Кількість поділок анемометра на 1 с	Швидкість руху повітря, м/с	Витрати повітря, м³/год
			Початкове	Кінцеве	Різниця				
	Анемометр чашковий	10 <sup>-2</sup>	9464	9564	100	100	1	1.25	45
	Анемометр крильчастий	7.85*10 <sup>-2</sup>	4315	4376	61	100	0.61	0.25	7.65

Витрати повітря для чашкового та крильчастого анемометра визначаються з формули:

$$L = 3600F \cdot W_n, \text{ м}^3/\text{год}.$$

де  $F_k = \frac{\pi d^2}{4}$  - площа вимірного вікна крильчастого анемометра, м<sup>2</sup>;

$d$  - діаметр вимірного вікна, м;  $d = 10$  см

$F_q = a \cdot b$  - площа вимірного вікна чашкового анемометра, м<sup>2</sup>;

$a$  і  $b$  - сторони прямокутника, м;  $a = b = 10$  см

$W_n$  - швидкість руху повітря, м/с.

Порівняння експериментальних значень з нормативними. Таблиця 3

Дата, час і місце вимірювання	Категорія важкості робіт	Період року	Фактор мікроклімату	Нормоване значення параметрів мікроклімату згідно ДСН 3.3.6.042-99		Результати вимірювань	Висновки
				Оптимальне	Допустиме		
Лабораторія аерології	Легка 1А	Холод.	Температура, °С	-	26-18	15,5	Не відповідає
			Відносна вологість повітря, %	-	75	58/58	Відповідає
			Швидкість руху повітря, м/с	-	0,1	1,25/0,25	Не відповідає

Заходи щодо нормалізації параметрів мікроклімату:

Виконавши дану лабораторну роботу ми ознайомились з основними параметрами мікроклімату у виробничих приміщеннях з їх оптимальними та допустимими значеннями, побачили, що певні значення не відповідають нормативним, а саме: температура та швидкість руху повітря. Тож треба провести деякі заходи, щодо встановлення цих значень на рівень нормативних.

Розглянемо перший параметр мікроклімату- температура. Температура в приміщенні не відповідає нормам. Тому пропонуємо прийняти певні заходи для того, аби температура нормалізувалась, а саме: заміна вікон на нові, сучасні, через які не будуть мати місце тепловтрати, перевірити систему опалення, поставити «екрани» позаду радіаторів, тощо...

Другий параметр мікроклімату, що не відповідає нормам, є швидкість руху повітря. На нашу думку ці два параметри дещо взаємопов'язані і якщо ми замінимо вікна, як було запропоновано вище, тоді і швидкість руху повітря в приміщенні зменшиться.

