

Теплові впливи на організм і працездатність працівників

В організмі людини безперервно протікають біологічні процеси, які супроводжуються виділенням тепла. Головним з цих процесів є окислення. Поряд з теплоутворенням в результаті процесів окислення відбувається виділення тепла (при нейтралізації в організмі кислот і лугів, утворених хімічних з'єднань, іонізації, розчиненні речовин).

Кількість видаленого тепла залежить від діяльності організму та виду виконуваної роботи. У стані спокою організм людини виробляє на добу приблизно 5800–7100 кДж, при легкій роботі 9600–11700 кДж, при роботі середньої тяжкості 13800–15900 кДж, при важкій роботі 15900–18000 кДж, при дуже важкій роботі 18000–20000 кДж.

Утворюване в організмі тепло підводиться до шкірного покриву завдяки теплопровідності тканин і, головним чином, конвекцією з потоком крові. Система кровообігу в організмі діє як теплообмінник. Кров, виштовхується з лівого шлуночка серця, велику частину свого тепла віддає поверхневій частині тіла і вже охолоджена тече назад до серця. Підігрів крові відбувається переважно у скелетних м'язах при здійсненні ними роботи та у внутрішніх органах (печінці та ін.). При нагріванні тіла і при фізичній роботі кровоносні судини шкірного покриву розширюються, продуктивність роботи серця збільшується, у результаті чого приплив крові і передача нею тепла шкірному покриву збільшуються.

Внаслідок постійного теплообміну з навколишнім середовищем утворене в організмі тепло віддається назовні. Віддача

тепла відбувається: 1) провідністю; 2) конвекцією; 3) випромінюванням; 4) випаровуванням поту.

Першою втратою тепла через її малість можна зневажити.

Втрата тепла конвекцією прямо пропорційна різниці температур шкіри і навколишнього повітря; крім того, має значення швидкість руху повітря, так як коефіцієнт теплопередачі зростає пропорційно кореню квадратному з швидкості руху повітря. При температурі повітря вище 36 °С потік тепла буде направлений з навколишнього середовища до тіла.

Віддача тепла випромінюванням знаходиться в прямій залежності від різниці температур шкіри і граничних поверхонь навколишнього середовища, а також від коефіцієнта чорноти. В умовах гарячих цехів, при наявності теплового випромінювання, коефіцієнт чорноти шкіри (незалежно від її кольору) дорівнює 0,95 (тобто вона близька за властивостями до абсолютно чорного тіла. Віддача тепла випромінюванням може досягати 60 % загальної тепловіддачі. Одержані тілом людини проміні знаходяться в інфрачервоній області спектру: довжини хвиль становлять 5–20 мкм з максимумом при 9 мкм.

Віддача тепла випаровуванням поту залежить від вологості навколишнього середовища (чим вище вологість, тим менше тепловіддача) і від швидкості руху повітря. На рівень потовиділення також впливають мікрокліматичні умови і тяжкість фізичної роботи (рис. 5.1). Тепловий потік передається через одяг і підодяговий шар повітря, що надає певний вплив на теплообмін з навколишнім середовищем.

Інтенсивність віддачі тепла пропорційна величині поверхні тіла, що приймає активну участь у теплообміні. Така ефективна

поверхня становить 50–80 % від геометричної поверхні тіла. Зазвичай вважається, що людина в спокої або при легкій роботі віддає в навколишнє середовище близько 11000 КДж / за добу. З них близько 44 % віддається випромінюванням, 31 % – конвекцією, 21 % – випаровуванням поту, близько 4 % – на нагрів видихаємого повітря. Розподіл віддачі тепла за видами її залежить від навколишніх умов.

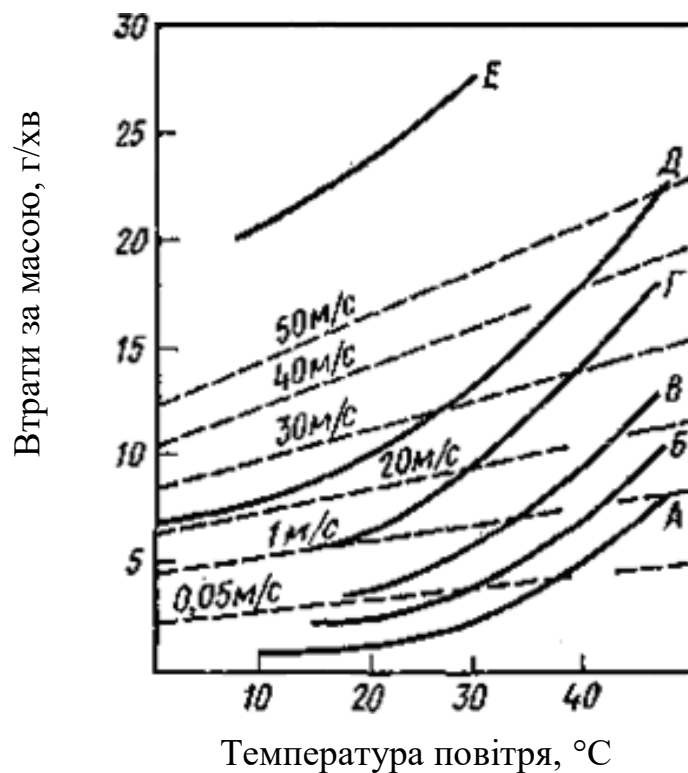


Рис. 5.1. Потовиділення при фізичній роботі в залежності від інтенсивності роботи та умов мікроклімату [40]: А – стан спокою (від 1,3 до 1,6 ккал/хв); Б – легка робота (від 2,5 до 3,0 ккал/хв); В – робота середньої важкості (від 3,5 до 4,5 ккал/хв); Г – важка робота (від 5,5 до 7,0 ккал/хв); Д – важка робота (від 7 ккал/хв); Е – фізична робота в умовах інтенсивного теплового випромінювання. Пунктирними лініями позначено зміна максимально можливої величини випаровування з поверхні тіла залежно від швидкості переміщення повітря

Таким чином, віддача тепла тілом людини в навколишнє середовище залежить від фізичних параметрів повітря, а в гарячих цехах - ще й від температури оточуючих поверхонь.

У нормальних умовах дотримується тепловий баланс між приходом і витратою тепла. Кількість видаляемого тепла M дорівнює алгебраїчній сумі величин тепловипромінювання R і тепловіддачі конвекцією C , а також тепловіддачі при випаровуванні поту E (а якщо немає випаровуванні поту, то немає і віддачі тепла).

$$\dot{I} = R \pm C - E \quad (5.1)$$

Чудова особливість людського організму полягає у наявності шару шкіри, що здійснює теплорегуляцію, і завдяки якому на всякий зовнішній вплив організм відповідає діями, що поновлюють тепловий баланс і підтримують постійну середню температуру тіла (близько 36,6–37 °С). Можливість теплорегуляції допомагає змінити й обмежити кількість видаляемого тепла, оскільки мінімальна величина його постійна і становить близько 7000–7500 кДж/добу. Однак при низькій температурі повітря відбувається рефлекторне збільшення вироблення тепла в організмі (м'язове тремтіння, озноб, брязкання зубами); можливо також функціональне збільшення вироблення тепла (фізична робота). Потужним регулятором у цьому випадку є випаровування поту, причому віддача тепла цим шляхом може сягати навіть 100 %. Інтервал можливостей механізму теплорегуляції досить широкий, але самі можливості його обмежені певними межами, поза яких тепловий баланс порушується і настає теплове перевантаження або переохолодження організму. Для оцінки впливу мікроклімату на організм можна використовувати «показник гарного самопочуття» S :

$$S=7,83-0,1 \cdot t_{\text{п}} - 0,0968 \cdot t_0 - 0,365 \cdot P + 0,0367 \sqrt{v(37,8-t_{\text{п}})} \quad (5.2)$$

де $t_{\text{п}}$ – температура повітря, °С; t_0 – середня температура стін і навколишніх предметів, °С; v – швидкість руху повітря (на висоті 0,5 м від підлоги), м/с; P – тиск водяної пари в повітрі, Па.

Значення показника S наступні: 1 – жарко; 2 – занадто тепло; 3 – тепло, але приємно; 4 – приємно; 5 – прохолодно, але приємно; 6 – холодно; 7 – дуже холодно.

Теплові випромінювання в умовах гарячих цехів здійснюють часом вирішальний вплив на працездатність та здоров'я працівників. При сприятливих («комфортних») кліматичних умовах організм легко підтримує тепловий баланс при нормальній температурі тіла (без напруги механізму терморегуляції і без підвищення виділення поту). Параметри комфортних умов різні для різних рівнів фізичного навантаження організму.

Інтенсивність випромінювання залежить від температури його джерела. Потoki теплових випромінювань у гарячих цехах створюють переважно інфрачервоні промені довжиною хвилі до 10 мкм (табл. 5.1).

Таблиця 5.1. Характеристика теплових потоків

Джерела тепла	Температура поверхні, °С	Довжина хвилі, мкм	Спектр промінів
Зовнішні поверхні печей	До 500	3,7—9,3	Довгі інфрачервоні
Внутрішні поверхні печей, нагрітий метал та ін.	До 1200	1,9—3,7	Переважно довгі, слабо видимі випромінювання
Розплавлені метали, полум'я	До 1800	1,4—1,9	Інфрачервоні і видимі
Полум'я дугових печей, зварювальних апаратів	Більше 2000	0,8—1,2	Інфрачервоні, видимі і ультрафіолетові

Тепловий ефект впливу опромінення залежить від довжини хвилі, інтенсивності потоку випромінювання, площі опромінюваної ділянки організму, тривалості опромінення та його уривчастості, кута падіння променів, одягу працівника.

Найбільшу проникаючу здатність мають червоні промені видимого спектру і короткі інфрачервоні промені (з довжиною хвилі до 1,5 мкм), які глибоко проникають у тканини і мало поглинаються поверхнею шкіри. Промені з довжиною хвилі близько 3 мкм викликають нагрівання поверхні шкіри. Внаслідок цього необхідно передбачати захист не тільки від високотемпературних, але і від низькотемпературних випромінювачів.

Ледве помітне теплове відчуття виникає вже при інтенсивності опромінення 0,08 кДж/(м²·год) при довжині хвилі 2,9 мкм або 1,7 кДж/(м²·год) при довжині хвилі 1,3 мкм. При довжині хвилі 2,9 мкм опромінення інтенсивністю 5,4 кДж/(м²·год) викликає приємне відчуття. Залежність теплового відчуття від енергії опромінення і тривалості впливу характеризується даними табл. 5.2[40].

Таблиця 5.2. Характеристика впливу теплового випромінювання

Енергія опромінення, кДж/(м ² ·год)	Характер впливу	Переноситься при безперервному опроміненні
1—2	слабке	невизначено довго
2—3,7	помірне	3—5 хв
3,7—5,7	середнє	40—60 с
5,7—7,5	значне	20—30 с
7,5—10	високе	12—24 с
10—12,5	сильне	8—10 с
12,5	дуже сильне	2—5 с

Верхня межа оптимального опромінення може бути менше 1,25 кДж/(м²·год). Загальна кількість тепла, що поглинається ті-лом, залежить від величини поверхні, що випромінює. Чим біль-ше величина такої поверхні і чим ближче до важливих життєвих органів організму працівника, тим важче результат впливу.

У виробничих умовах опромінення відкритою шкірою пере-носиться дещо легше внаслідок переривчастості впливу опромі-нення і деякого звикання до нього. Однак нерідко інтенсивність опромінення в гарячих металургійних цехах набагато перевищує переносиму організмом.