

Ю.В. Луценко, к.т.н., доцент, заст. нач. каф., НУЦЗУ,  
О.Б. Васильєв, к.т.н., доцент каф., НУЦЗУ,  
Є.А. Яровий, викладач, НУЦЗУ

## ВИЗНАЧЕННЯ РАЦІОНАЛЬНОГО РОЗПОДІЛУ ТЕПЛОЗНІМАННЯ ДЛЯ ЛЮДЕЙ, ЩО ЗНАХОДЯТЬСЯ В ТЕРМОЗАХИСНОМУ СПЕЦІАЛЬНОМУ ОДЯЗІ В УМОВАХ ВИСОКИХ ТЕМПЕРАТУР

(представлено д-ром техн. наук Басмановим О.Є.)

Розглядається розподіл теплотримання з різних ділянок тіла людини в спеціальному захисному одязі.

**Ключові слова:** час захисної дії, термозахисний одяг, висока температура.

**Постановка проблеми.** Спеціальний захисний одяг (СЗО) є одним з основних видів засобів індивідуального захисту (ЗІЗ), призначений для захисту шкіряних покровів людини від впливу небезпечних та шкідливих чинників, що виникають в умовах пожежі, умовах функціонування виробництв, а також при виконанні робіт з ліквідації надзвичайних ситуацій.

Існує широкий перелік окремих видів аварійно-рятувальних робіт та виробництв, де основним несприятливим фактором для людей є теплові впливи різної природи та інтенсивності. Робота людини в умовах високотемпературного мікроклімату можлива лише при використанні термозахисного спеціального одягу (ТЗСО). Створення ефективного термозахисного спецодягу являє собою наукову проблему, складність вирішення якої визначається багатопільовим характером задач проектування, виготовлення і експлуатації спецодягу.

**Аналіз останніх досліджень та публікацій.** В результаті аналізу проблеми створення ефективного термозахисного спецодягу виявлено, що існуючі види СЗО не повною мірою забезпечують необхідний захист, а в окремих випадках створюють додаткові фактори теплової небезпеки [1].

**Постановка завдання та його вирішення.** Створення адаптивного термозахисного спецодягу вимагає при проектуванні пасивного спецодягу одночасно проектувати систему охолодження СЗО. Задачею дослідження є забезпечення раціонального розподілу теплотримання з різних ділянок підкостюмного простору, які відповідають частинам тіла людини. Для визначення принципів розподілу теплотримання виходимо із рівняння теплового балансу, представивши його в спрощеному вигляді

$$Q_x = Q_c \pm Q_l, \text{ Вт}, \quad (1)$$

де  $Q_x$  – потужність системи охолодження костюму, Вт;

$Q_c = S_k (T_2 - T_1) / \left( \frac{1}{\alpha_1} + \frac{\delta}{\lambda} + \frac{1}{\alpha_2} \right)$  – потужність конвективного теплового потоку, що проникає з оточуючого середовища в підкостюмний простір, Вт;  $S_k$  – площа поверхні костюму, м<sup>2</sup>;  $T_1, T_2$  – температура повітря в підкостюмному просторі і в оточуючому середовищі, К;  $\alpha_1, \alpha_2$  – коефіцієнт тепловіддачі від оточуючого повітря до зовнішньої поверхні костюму і від внутрішньої поверхні оболонки костюму до повітря в підкостюмний простір, Вт/(м<sup>2</sup>К);  $Q_n = Q_e (1 - \eta)$  – теплопродукція організму людини, Вт;  $Q_e$  – потужність енерговитрат людини, Вт.

Коефіцієнт корисної дії організму людини визначаємо за формулою [2]

$$\eta = \frac{Q_s}{Q_e}, \quad (2)$$

де  $Q_e$  – потужність, яка витрачається на зовнішню роботу, Вт.

Для кожної ділянки підкостюмного простору необхідне теплознімання складається із теплоти, що проникає із оточуючого середовища через відповідну ділянку оболонки костюму, і теплоти, що виділяється відповідною частиною тіла людини. Цей взаємозв'язок можна виразити рівнянням [2, 3]

$$Q_y = Q_c x / 100 + Q_n (1 - x) / 100, \quad (3)$$

де  $Q_y$  – теплознімання з визначеної ділянки підкостюмного простору, Вт;  $x$  – частка теплоти, що проникає із оточуючого середовища через відповідну ділянку оболонки костюму, %, визначається за [4].

Виражаємо частку необхідного теплознімання з визначеної ділянки підкостюмного простору у відносних величинах ( $\tilde{Q}_{отн}$ , %):

$$\tilde{Q}_{отн} = 100 Q_y / Q_n. \quad (4)$$

Після підстановки виразів (1) і (2) в (3) отримуємо

$$\tilde{Q}_{отн} = (Q_c x + Q_n (1 - x)) / (Q_c + Q_n). \quad (5)$$

**Табл. 1. Розподіл теплознімання в теплозахисному костюмі**

Частина тіла людини (в костюмі)	$x$ , %	$\tilde{Q}_{отн}$ , %
Голова	7	13,7
Тулуб	40	34,7
Ноги	31	30,5
Руки	22	21,0

При визначенні необхідного розподілу теплознімання для конкретного теплозахисного костюму слід враховувати діапазон температури оточуючого середовища, в межах якого передбачається його застосу-

вання. Для розрахунку приймається середнє для цього діапазону значення температури. Необхідно враховувати, що при розробці конкретного виду спецодягу і його системи охолодження точно вкластися в розрахункові значення часткою теплотримання досить важко. Тому, отримані розрахункові значення слід сприймати як орієнтовні, до яких треба прагнути з врахуванням конструктивних можливостей ТЗСО.

**Висновок.** На основі теорії теплоперенесення визначений раціональний розподіл теплотримання з різних ділянок частин тіла людини, яка визначається з рівняння теплового балансу з урахуванням конвективного теплового потоку, що проникає з оточуючого середовища в підкостюмний простір  $Q_c = S_k (T_2 - T_1) / \left( \frac{1}{\alpha_1} + \frac{\delta}{\lambda} + \frac{1}{\alpha_2} \right)$ . Встановлена доцільність використання в теплових розрахунках одягу понятійного апарату розділення загального градієнту температур на фізіологічний (від температури “серцевини” до температури шкіри) та фізичний (від температури шкіри до температури середовища) градієнти.

## ЛІТЕРАТУРА

1. Луценко Ю.В. Математична модель пасивного теплового захисту людини в умовах пожежі / Ю.В.Луценко, О.Б.Васильєв, Є.А.Яровий // Проблеми пожежної безпеки. – Х.:НУЦЗУ, 2014. – Вип. 36. – С.150-154.
2. Клименко Ю.В. Теоретические основы тепловых расчетов противогазотепловой одежды для горноспасателей // Науковий вісник НГАУ. – 2001. – №3. – С. 70-73.
3. Беляев И.М., Рядно А.А. Методы нестационарной теплопроводности. – М.: Высшая школа, 1978. – 328 с.
4. Разработка методики и программного обеспечения для определения безопасной продолжительности ведения аварийно-спасательных работ в шахтах при переменных эрготермических параметрах.: Отчет о НИР (заключительный) / НИИ горноспасательного дела. – № ГР 0196U018662. – Донецк, 1998. – 125с.

Ю.В. Луценко, А.Б. Васильев, Е.А. Яровой

**Определение рационального распределения теплосъема для людей находящихся в термозащитной специальной одежде в условиях высоких температур**

Рассматривается распределение теплосъема с различных участков тела человека в специальной защитной одежде.

**Ключевые слова:** время защитного действия, термозащитная одежда, высокая температура.

U.V. Lutsenko, A.B. Vasiliev, E.A. Yarovoy

**The definition of a rational distribution of the heat removal for men in special thermal protection clothing in high temperatures**

We consider the distribution of the heat removal from different parts of the human body in a special protective clothing.

**Keywords:** a protective effect, termoprotectione wear, high temperature.