

УДК 687.17.016

**ВИЗНАЧЕННЯ ТЕРМІЧНОГО ОПОРУ ОДЯГУ
НА ІМІТАЦІЙНОМУ ТЕПЛОВОМУ СТЕНДІ ТОРСУ ЛЮДИНИ**

А.М. КОЛЕСОВА, С.І. МОЙСЕЄНКО

Київський національний університет технологій та дизайну

Метою досліджень є визначення термічного опору багатошарового одягу, при різній щільності прилягання до тіла.

Об'єкт та предмет дослідження є теплообмін людини через багатошаровий одяг з навколишнім середовищем.

Нормальне теплове самопочуття має місце, коли теплопродукція людини повністю сприймається навколишнім середовищем.

Основними параметрами, що забезпечують процес теплообміну з навколишнім середовищем є параметри мікроклімату. Параметрами мікроклімату є температура навколишнього середовища, швидкість руху повітря і вологість (відносна) повітря.

Комфортні умови для організму людини забезпечуються при дотриманні теплового балансу. В загальному вигляді тепловий баланс може бути представлений наступним рівнянням:

$$M+R = Q_{\text{рад}} + Q_{\text{конв}} + Q_{\text{вип}} + Q_{\text{дих}} + L \pm D, \quad (1)$$

де M – енергетичні затрати людини, Вт;

R – тепло, отримане людиною з навколишнього середовища (за рахунок сонячної радіації або інших джерел променевого тепла), Вт;

$Q_{\text{рад}}$ – втрати тепла радіацією, Вт;

$Q_{\text{конв}}$ – втрати тепла конвекцією, Вт;

$Q_{\text{вип}}$ – втрати тепла випаровуванням вологи, Вт;

$Q_{\text{дих}}$ – втрати тепла диханням, Вт;

L – втрати тепла на механічну роботу, Вт;

D – дефіцит тепла в організмі людини, Вт [1].

Визначення теплового балансу і ступеня його порушення дозволяє оцінити теплоізоляційні властивості одягу, а також прогнозувати час можливого перебування людини в умовах його експлуатації.

Всю кількість тепла, відданого тілом людини конвекцією, кондукцією, випромінюванням та випаровування можна представити у вигляді математичної моделі, яка буде мати наступний вигляд:

$$Q = Q_{\text{конд}} + Q_{\text{конв}} + Q_{\text{рад}} + Q_{\text{п}}, \quad (2)$$

$$Q = \lambda \frac{t_1 - t_2}{\delta} S + \alpha_{\text{конв}} S (t_1 - t_2) + \alpha_{\text{л}} F (t_{\text{п}} - t_0) + \alpha_{\text{в}} W F (P_{\text{к}} - P_{\text{в}}). \quad (3)$$

При розрахунку теплопередачі кондукцією важко визначити площу кон-такту одягу (S) з тілом людини. Так, як тіло не є плоскою формою, а має впа-дини (рис. 1 зона 1) і випуклості (рис. 1 зона 2), де контакт тіла людини з одягом не є однаковим. Також з формули 3 бачимо, що температуру t_2 треба визначати в одному випадку на поверхні одягу, а в іншому випадку – на поверхні прокладки, що порівняно важко зробити. Це пояснюється тим, що тканина верху не завжди прилягає до прокладки. Враховуючи вище сказане, такий математичний розрахунок є дуже

трудомістким і його результат буде не точним.

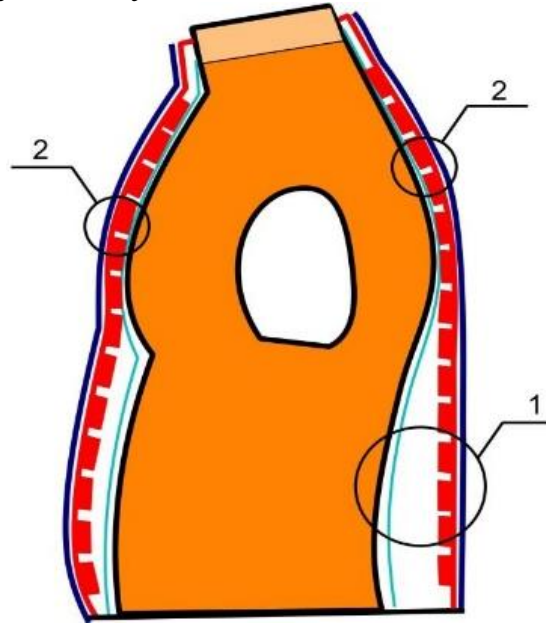


Рис. 1. Зображення зон прилягання та не прилягання одягу до тулуба людини

Отже, за формулами можна визначити кількість тепла віддану окремо кондукцією, конвекцією, випромінюванням та випаровуванням і це дуже складний і довгий процес.

Кількості тепла (Q), що пройшло через теплоізоляцію, набагато зручніше визначити експериментально за формулою:

$$Q = \frac{\Delta T \cdot S}{R} \text{ [Вт]} \quad (4)$$

де, ΔT – різниця температур шкіри та повітря, $^{\circ}\text{C}$;

S – площа поверхні тулубу людини, м^2 ;

R – термічний опір, $^{\circ}\text{C} \cdot \text{м}^2 / \text{Вт}$.

Для визначення термічного опору одягу та його зміни залежно від ступеня прилягання був розроблений в Київському національному університеті технологій та дизайну на кафедрі ТКШВ доцентами С.І. Мойсеєнком, С. В. Донченком імітаційний тепловий стенд торсу людини (ІТСТЛ).

ІТСТЛ – це манекен торсу чоловічої фігури 52 розміру. Манекен виготовлений з листової міді, з внутрішнім джерелом теплової енергії, яке забезпечує підігрів поверхні торсу. Зовнішній вигляд приладу ІТСТЛ представлено на рис. 2.

На даному стенді визначається повна кількість тепла, яка проходить через одягнений на нього одяг в навколишнє середовище та враховуються всі складові тепловіддачі крім тепла, що віддається з поверхні тіла людини випаровуванням поту ($Q_{\text{п}}$).

Для непрямого визначення термічного опору в цілому проводяться наступні розрахунки:

термічний опір виробу розраховується за наступною формулою:

$$R = \Delta t / q \quad (5)$$

де, Δt – різниця температури, $^{\circ}\text{C}$, ($\Delta t = t_{\text{манекена}} - t_{\text{повітря}}$);



q – тепловий потік, Вт/м²

Рис. 2. Імітаційний стенд торсу людини.

В часі проведення експерименту температура оточуючого середовища визначається за допомогою лабораторного термометра в радіусі не більше 0,5м від ІТСТЛ.

Тепловий потік розраховують за формулою:

$$q = Q/S \quad (6)$$

де, Q – кількість тепла, що проходить через одяг з поверхні манекена, Вт;

S – площа поверхні манекена, м².

Кількість тепла, яке пройшло через одяг з поверхні манекена за період експерименту розраховується за формулою:

$$Q = W \cdot tp / te, \quad (7)$$

де W – потужність електричного нагрівача манекена, Вт;

tp – час роботи нагрівача, с;

te – час експерименту, с.

Потужність електричного нагрівача манекена визначалася за формулою:

$$W = U \cdot I, \quad (8)$$

де U – напруга, В;

I – сила струму, А.

Звідси отримуємо:

$$R = (t_{\text{манекена}} - t_{\text{повітря}}) \cdot S \cdot te / U \cdot I \cdot tp, \quad [^{\circ}\text{C} \cdot \text{м}^2 / \text{Вт}] \quad (9)$$

Для перевірки роботи ІТСТЛ було проведено експеримент з чоловічими піджаками в якому досліджено час роботи нагрівача манекена при імітації температури навколишнього середовища +5°C. Далі було розраховано кількість теплової енергії, яка передавалась через піджаки.

Для чистоти експерименту перед початком відліку піджаки прогрівалися на стенді протягом 20 хвилин в кожному досліді.

Після обробки результатів непрямих вимірювань визначено термічний опір кожного з піджаків, що відповідно складає:

$$R_1=0,266\pm 0,01, \text{ } ^\circ\text{C}\cdot\text{m}^2/\text{Вт};$$

$$R_2=0,273\pm 0,01, \text{ } ^\circ\text{C}\cdot\text{m}^2/\text{Вт};$$

$$R_3=0,299\pm 0,01, \text{ } ^\circ\text{C}\cdot\text{m}^2/\text{Вт}.$$

За результатами розрахунків побудована діаграма залежності термічного опору піджаків від щільності прилягання до манекену (рис. 3).

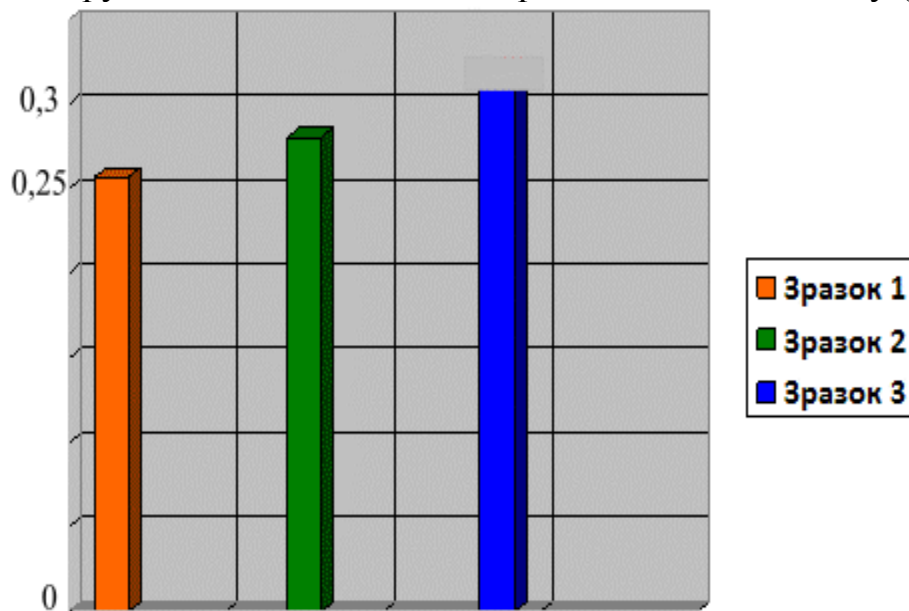


Рис. 3. Діаграма порівняльного аналізу термічного опору піджаків

В результаті проведених досліджень визначено термічний опір трьох чоловічих піджаків. В усіх зразках волокнистий склад пряжі був однаковий. За результатами дослідження встановлено, що піджак вільного силуету мав більший термічний опір (зразок 3) відповідно – напівприлеглого силуету (зразок 2) мав середній показник термічного опору, а зразок 1, який мав прилеглий силует, мав найнижчий показник термічного опору. З збільшенням товщини повітряного шару між тілом та піджаком зростає і термічний опір піджака.

Література

1. Афанасьєва Р.Ф. Гигиенические основы проектирования одежды для защиты от холода. -М.: Легкая индустрия. 1977. – 22-37 с.
2. Кошечев В. С. Физиология и гигиена индивидуальной защиты человека от холода / Кошечев В.С. – Москва : «Медицина», 1981. – 22-23 с.
3. Оппл Л., Йокл М. Методика измерения микроклиматических условий в гигиенической практике: Пер, с чешск. – М.: Медгиз, 1962. – 22-23 с.