

2. Взуття. Норми гнучкості: ДСТУ 2061 (ГОСТ 14226-93). – К.: Держстандарт України. – 1992. – 9 с. – (Національний стандарт України).

3. Взуття. Терміни та визначення: ДСТУ 2157 [Чинний від 1994-01-01]. – К.: Держстандарт України, 1994. – 25 с. – (Національний стандарт України).

Надійшла 20.9.2010 р.

УДК 687.017.636

Н.Г. КОЛЯДЕНКО

Хмельницький національний університет

РОЗРОБКА МАТЕМАТИЧНОЇ МОДЕЛІ ДЛЯ РОЗРАХУНКУ ОПТИМАЛЬНИХ ТЕПЛОФІЗИЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК МАТЕРІАЛІВ КРІОЗАХИСНОГО ПАКЕТА

В статті представлено розробку математичної моделі для розрахунку оптимальних теплофізичних характеристик (коефіцієнти теплопровідності, теплопередачі, тепловий опір, густина теплового потоку) матеріалів (тканини верху, підкладки, утеплювач) кріозахисного пакета, з урахуванням їх товщини і теплообміну процесів ($T_1 - T_4 = \Delta T$).

In the article development of mathematical model is presented for the calculation of optimum thermophysical descriptions (coefficients of heat-conducting, heat-transfer, thermal resistance, closeness of thermal stream) of materials (fabrics of top, lining, uteplyuvach) of kriozaehisnogo package, taking into account their thickness and heat exchange of processes ($T_1 - T_4 = \Delta T$).

Ключові слова: матеріали, кріозахист, теплофізичні характеристики, математична модель.

Проводячи розрахунки, пов'язані з захисним одягом, людський організм представляють як термостатовану біологічну систему з внутрішнім джерелом тепла, що має безперервний зв'язок з зовнішнім середовищем. При нормальних умовах кількість тепла, яке виробляється організмом відповідає кількості тепла що віддається, тобто зберігається рівність між теплоутворенням та тепловіддачею, а відтак температура людини залишається постійною і нормальною. Якщо теплоутворення перевищує тепловіддачу, або навпаки, то температура тіла в першому випадку підвищується, а в другому – зменшується, створюючи дискомфортне відчуття. Але зважаючи на те, що людський організм являє собою саморегулюючу систему, то при збільшенні в ньому тепла збільшується і тепловіддача, а при зменшенні, наприклад, в разі впливу низької температури, спостерігається не тільки її зменшення, а і включення допоміжних ресурсів (хімічних і фізичних терморегуляторів) для вироблення тепла. При цьому слід зазначити, що механізм терморегуляції має певні можливості, особливо під час впливу низьких температур з одночасним фізичним навантаженням. В зв'язку з цим, процес розробки спеціального одягу для працівників холодильних камер м'ясних підприємств, особливо кріозахисних пакетів, відноситься до проблематичних, а відтак повинен бути науково-обґрунтованим.

В даному випадку, як і в усіх інших, що пов'язані із спеціальним одягом, основою для вибору напрямлення проведення науково-дослідної роботи, є аналіз умов праці робітників конкретного підприємства, перелік небезпечних і шкідливих факторів (далі – НШФ) та характеристик засобів індивідуального захисту (далі – ЗІЗ), які використовуються при цьому.

До НШФ слід віднести параметри мікроклімату в камерах холодильних установок. Згідно технологічному процесу, найнижчу температуру підтримують в приміщенні холодильника де розміщені камери схову і камери заморожування м'ясних туш, а саме від мінус 18°C до мінус 30°C відповідно. В зв'язку з цим було прийнято рішення відносно пакета, який повинен виконувати морозозахисні функції від постійного впливу низької температури (мінус 30°C) і збереженні комфортної температури для людського організму, середньозважувана величина якої дорівнює плюс 32°C. Для проведення розрахунків були використані класичні уявлення про теоретичні основи тепломасопереносу та такі теплофізичні характеристики текстильних матеріалів як коефіцієнт теплопровідності λ (вт/м·град), густина теплового потоку q (вт/м²), товщина b (м), коефіцієнт теплопередачі K (вт/м²·град) і тепловий опір R (м²·град/вт) [1–4].

Необхідно зазначити, що серед названих характеристик і не тільки анізотропно-пористих, тобто текстильних, а і усіх без винятку матеріалів, головним показником є коефіцієнт теплопровідності, який визначається за формулою:

$$\lambda = \frac{Q \cdot b}{S(T - T_1)}, \quad (1)$$

де Q – потужність теплового потоку, вт;

b – товщина проби матеріалу, м;

S – площа проби матеріалу, м²;

T і T_1 – температура лицевої і зворотної сторони проби матеріалу відповідно, град.

Кількість теплоти, яка переноситься через поверхню за одиницю часу називається тепловим потоком, а тепловий потік віднесений до одиниці площі є не що інше як густина теплового потоку q .

Згідно закону Фур'є кількість переданої теплоти пропорційна градієнту температури, часу і площі перетину та перпендикулярна напрямку розповсюдження теплоти:

$$\vec{q} = -\lambda \text{grad}T. \quad (2)$$

Рівняння (2) є математичним виразом закону Фур'є, який використовується для всіх теоретичних і експериментальних досліджень процесів теплопровідності через одно- та багатошарової поверхні.

Якщо вирішувати задачу, пов'язану з нашою проблемою, то аналіз ЗІЗ для робітників-вантажників м'ясних туш свідчить про те, що їх екіпіровка складається з утеплюючої трьохшарової куртки і штанів, або комбінезона та такої ж куртки.

В зв'язку з цим, для розробки математичної моделі захисного пакета, який повинен адекватно відповідати на вплив низької температури (мінус 30°C), зберігаючи комфортність організму (плюс 32°C), було прийнято рішення про необхідність збереження традицій його структури, а саме трьохшарової: верхнього шару, утеплювального та підкладкового. Указана структура в даному випадку оптимальна як з теоретичних основ конфекціонування, так і кріозахисту тому, що при необхідності фізико-механічних показників верхньої і підкладкової тканини, захист від впливу низьких температур можна регулювати товщиною (або волокнистим складом) утеплюючого шару.

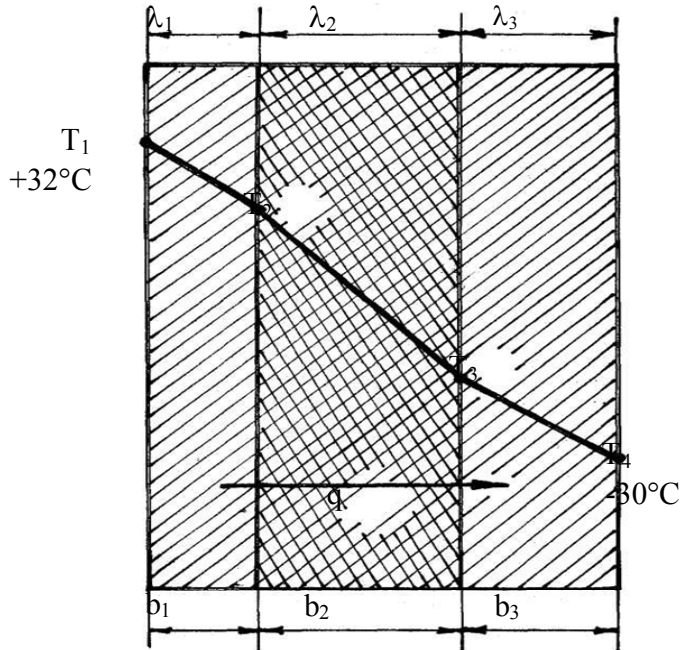


Рис. 1. Схема трьохшарового пакета спеціального захисного одягу для теоретичного розрахунку теплофізичних характеристик

Таким чином, вирішення нашої задачі можливе, якщо відома товщина кожного шару b_1, b_2, b_3 , коефіцієнт теплопровідності $\lambda_1, \lambda_2, \lambda_3$, а також температура T_1 і T_4 (рис. 1).

При цьому також передбачається, що контакт між поверхнями шарів ідеальний, процес проходить в стаціонарному режимі, а температура між шарами дорівнює T_2 і T_3 відповідно. Тому з врахуванням [1] запишемо:

$$\left. \begin{aligned} q &= \frac{\lambda_1}{b_1}(T_1 - T_2); \\ q &= \frac{\lambda_2}{b_2}(T_2 - T_3); \\ q &= \frac{\lambda_3}{b_3}(T_3 - T_4); \end{aligned} \right\} \quad (3)$$

Використовуючи рівняння (3) розраховуємо температурні напори в кожному шарі:

$$\left. \begin{aligned} T_1 - T_2 &= q \frac{b_1}{\lambda_1}; \\ T_2 - T_3 &= q \frac{b_2}{\lambda_2}; \\ T_3 - T_4 &= q \frac{b_3}{\lambda_3}; \end{aligned} \right\} \quad (4)$$

Якщо значення температурних напорів (4) в кожному шарі скласти, то ми отримаємо повний температурний напор, а саме:

$$T_1 - T_4 = q \left(\frac{b_1}{\lambda_1} + \frac{b_2}{\lambda_2} + \frac{b_3}{\lambda_3} \right). \quad (5)$$

Співвідношення (5) є основною розрахунковою формулою для густини теплового потоку нашого захисного пакета, тобто:

$$q = \frac{T_1 - T_4}{\frac{b_1}{\lambda_1} + \frac{b_2}{\lambda_2} + \frac{b_3}{\lambda_3}}. \quad (6)$$

Якщо значення густини сумарного теплового потоку (6) підставити в формулу (4), то можна розрахувати T_2 і T_3 , що є невідомими:

$$T_2 = T_1 - q \frac{b_1}{\lambda_1}, \quad (7)$$

$$T_3 = T_2 - q \frac{b_2}{\lambda_2} = T_4 + q \frac{b_3}{\lambda_3}. \quad (8)$$

Таким чином, якщо текстильний матеріал для зовнішньої сторони куртки вибраний згідно аналізу умов праці та експлуатації, то після визначення його товщини b_1 і коефіцієнта теплопровідності λ_1 , а це між іншим стосується підкладкового і утеплюючого матеріалу, можна при заданому $\Delta T = T_1 - T_4$ розрахувати кріозахисний пакет з необхідними характеристиками. Відомо також, що термозахисні властивості матеріалів характеризуються коефіцієнтом теплопередачі K (вт/м²·град) і тепловим опором R (м²·град/вт).

Значення коефіцієнта теплопередачі для моделі трьохшарового пакета можна розрахувати за формулою:

$$K = \frac{1}{\frac{b_1}{\lambda_1} + \frac{b_2}{\lambda_2} + \frac{b_3}{\lambda_3}}, \quad (9)$$

а визначивши K , тепловий опір R буде дорівнювати:

$$R = \frac{1}{K} = \frac{b_1}{\lambda_1} + \frac{b_2}{\lambda_2} + \frac{b_3}{\lambda_3}. \quad (10)$$

Для практичної перевірки запропонованої математичної моделі, нами були проведені теоретичні розрахунки двох кріозахисних пакетів, кожний із яких складається із трьох шарів: верхнього, утеплювача і нижнього. Матеріали, які входять до структури пакетів відрізняються як за геометричним (товщина), так і теплофізичними характеристиками (коефіцієнт теплопровідності λ). Використовуючи вихідні дані ($T_1 = 32^\circ\text{C}$; $T_4 = -30^\circ\text{C}$) і формулу (6), нами була розрахована густина теплового потоку q , значення якої для пакета № 1 дорівнює 262,3 вт/м², а для пакета № 2 – 193,2 вт/м² (табл. 1).

Таблиця 1

Кріозахисні властивості пакетів залежно від теплофізичних і геометричних показників їх складових

Перелік контролюючих показників текстильних матеріалів	Структура кріозахисних пакетів					
	Пакет № 1			Пакет № 2		
	верхній шар	утеплювач	підкладковий шар	верхній шар	утеплювач	підкладковий шар
Товщина матеріалів пакетів, м:						
b_1	0,0015	-	-	0,0022	-	-
b_2	-	0,0057	-	-	0,0102	-
b_3	-	-	0,00035	-	-	0,0008
Коефіцієнт теплопровідності, вт/м·град:						
λ_1	0,028	-	-	0,039	-	-
λ_2	-	0,034	-	-	0,042	-
λ_3	-	-	0,023	-	-	0,037
Густина теплового потоку q , вт/м ²	262,3			192,3		
Температура, °C:						
T_2	плюс 16,4			плюс 22,0		
T_3	мінус 27,6			мінус 25,0		
Тепловий опір, м ² ·град/вт:						
R_1	0,2364			-		
R_2	-			0,3209		
Коефіцієнт теплопередачі, вт/м ² ·град:						
K_1	4,23			-		
K_2	-			3,12		

Температура T_2 і T_3 розраховані за формулою (7 і 8) для пакета № 1 дорівнюють плюс 16,4°C і мінус 27,6°C, а для пакета № 2 – плюс 22°C і мінус 25,0°C відповідно.

Отримані результати показують, що пакет № 2 більш спроможний захистити від впливу низької температури (-30°C) ніж пакет № 1. Але при цьому слід зазначити, що використовуючи указану математичну модель експериментатор має змогу удосконалювати структуру пакетів. Так, якщо проаналізувати пакет № 1, то його кріозахисні властивості можна підвищити завдяки збільшенню товщини, наприклад, утеплюючого шару.

Проведені розрахунки показали, що при товщині утеплюючого шару $1,14 \cdot 10^{-2}$ м (збільшили у два рази), густина теплового потоку стала дорівнювати $151,2$ Вт/м², тобто зменшилась на $111,11$ Вт/м², а температура T_2 підвищилась від плюс $16,4^\circ\text{C}$ до плюс 23°C (рис. 1).

Слід зазначити, що використовуючи співвідношення (9 і 10) теоретично можна розрахувати значення коефіцієнта теплопередачі K і теплового опору R , які в нашому дослідженні для пакета № 1 дорівнюють $4,23$ Вт/м²·град і $0,2364$ м²·град/Вт, а для пакета № 2 – $3,12$ Вт/м²·град і $0,3209$ м²·град/Вт відповідно (табл. 1).

Таким чином, представлена математична модель, яка розроблена на основі класичних уявлень і теорій про тепломасопренос, дає змогу провести розрахунки кріозахисних властивостей пакетів для спеціального одягу робітників холодильних камер з необхідними показниками.

Література

1. Михеев М. А. Основы теплопередачи / М. А. Михеев, И. М. Михеева. – М.: Энергия, 1977. – 343 с.
2. Михеев М. А. Краткий курс теплопередачи / М. А. Михеев, И. М. Михеева. – М. – Л.: Госэнергоиздат, 1960. – 208 с.
3. Лыков А. В. Михайлов Ю. А. Теория тепло- и массопереноса / А. В. Лыков, Ю. А. Михайлов. – М.: Госэнергоиздат, 1963. – 535 с.
4. Лыков А. В. Теория теплопроводности / Лыков А. В. – М.: Высшая школа, 1967. – 600 с.

Надійшла 13.9.2010 р.

УДК 685.34.016.3, 514.181.22

Т.А. НАДОПТА
Хмельницький національний університет

ОСОБЛИВОСТІ ФОРМУВАННЯ ГАБАРИТНОГО СЛІДУ ПРОТОТИПУ

Запропоновані положення методики взаємозв'язку параметрів характерних точок стопи та їх аналогів на прототипу.

Principles method to intercommunication of characteristic point's parameters foots parameters and their analogues on a prototype are offered.

Ключові слова: колодка, слід, габаритні розміри.

Постановка задачі

Найбільш визначальні положення, які повинні в обов'язковому порядку враховуватись в процесі проектування взуття, становлять вимоги стосовно його зручності, модності, естетичності, сучасності, вартості [1, 2]. Ігнорування хоча б одного з цих питань призводить, як правило, до негативних наслідків, в тому числі для здоров'я споживача неякісно спроектованої, а, відповідно, виготовленої продукції. Які б не були швидкоплинні та мимолітні тенденції ринку, в тому числі його кон'юнктура, взуття необхідно проектувати, насамперед, з огляду на зазначені вище критерії. Здавалося б, що найпростіше задоволення потреби у взутті, котре відповідало в повній мірі всім сучасним вимогам естетичного та функціонально плану, реалізується шляхом індивідуалізації виробництва виробів, проте цей метод, по-перше, дорогий, по-друге, малопродуктивний. Вихід із зазначеного протиріччя можливий тільки за рахунок автоматизації по можливості всіх етапів виробництва і, насамперед, проектування виробів. Розроблювана задача включає в якості однієї зі складових питання взаємозв'язку конфігурації реальних стоп з аналогічними елементами прототипів, які передбачається використати в якості першооснови для наступного виготовлення взуття. Прототипи як індивідуальне відтворення поняття «колодка» повинні відповідати в якомога більшій мірі конкретній стопі (в ідеалі – кожній зі стоп: правій та лівій), враховуючи всі локальні особливості їх, чим, в першу чергу, і забезпечуватиметься виконання всіх вимог до взуття функціонального напрямку. Тому на відміну від стандартних колодок прототип, насамперед, повинен мати реальну здатність та пристосовуваність до оперативного видозмінення з метою відтворення особливостей конкретних стоп. Саме в реалізації цього положення первинною є роль визначення співвідношень між параметрами характерних абрисів цих двох геометричних місць точок, що і становить головну мету цієї роботи.

Аналіз останніх досліджень і публікацій

Як об'ємне тіло, взуттєва колодка становить сукупність геометричних місць точок, які в загальному вигляді обмежені криволінійними поверхнями. З іншого боку, колодка є оснасткою взуттєвого виробництва, на якій формується і виготовляється взуття, а також внутрішньою формою взуття, за котрою проектуються деталі виробів та деякі робочі органи технологічних машин [3].

Основні вимоги до внутрішньої форми взуття зводяться до наступного. Насамперед колодка повинна відповідати положенням анатомо-біомеханічних вимог, тобто забезпечувати можливість реалізації біомеханіки нижніх кінцівок. Наступна група вимог – антропометричні, що передбачає тотожність антропометричним параметрам стопи. Важлива, якщо не первинна, потреба забезпечення фізіологічності,