



<https://doi.org/10.15407/scin16.04.036>

**Н.П. ФОРОСТЯНА, Г.М. МИХАЙЛОВА,  
В.В. ОСІЄВСЬКА, Н.Б. МАРЧУК**

Київський національний торговельно-економічний університет,  
вул. Кіото, 19, Київ, 02156, Україна,  
+380 44 513 8172, ktms@knute.edu.ua

## **ОЦІНКА ТЕПЛОПРОВІДНОСТІ ВОВНЯНИХ ТЕКСТИЛЬНИХ НАПОВНЮВАЧІВ ДЛЯ КОВДР**

**Вступ.** Для оптимізації асортименту та конструювання ковдр із заданими властивостями суттєву роль відіграє вибір наповнювача, зокрема його теплофізичні показники, які у різних матеріалів різняться між собою.

**Проблематика.** Теплопровідність ковдр з наповнювачами протеїнового походження, зокрема вовни овечої, верблужої, кашемірової, практично не вивчена. Контроль та вимірювання зазначеного показника дозволить в перспективі оптимізувати вибір матеріалу під час проектування постільних виробів з об'ємними наповнювачами, зокрема ковдр.

**Мета.** Оцінка теплопровідності текстильних виробів з різними типами наповнювачів.

**Матеріали й методи.** Об'єктом дослідження слугували зразки наповнювачів різного волокнистого складу — овечої, верблужої, кашемірової вовни. Експериментальні дослідження було проведено в лабораторіях Київського національного торговельно-економічного університету з використанням модуля «Теплота» багатофункціонального вимірювального модульного пристрою «MIG-1.3». Фотографії наповнювачів зроблено на універсальному вимірювальному комп'ютерному приладі із роздільною здатністю 600 пікселів.

**Результати.** Мікроскопічні дослідження волокон показали, що щільність наповнювачів є різною, а отже й маса повітря в них та, відповідно, маса самих волокон наповнювачів різняться між собою, що в результаті впливає на теплопровідність матеріалу. За отриманими даними сформовано ряд наповнювачів за зменшенням їхньої теплопровідності: вовна верблужа → вовна овеча → вовна кашемірова → поліефірне волокно.

**Висновки.** Отримані результати показали, що найбільш ефективним щодо теплозбереження є наповнювач з верблужої вовни, тоді як поліефірне волокно має показник теплопровідності у 2,2 рази нижчий, що варто враховувати при формуванні теплозахисних властивостей постільних виробів з об'ємними наповнювачами, зокрема ковдр, з метою оптимізації асортименту останніх.

**Ключові слова:** ковдра, вовна овеча, вовна верблужа, вовна кашемірова, волокно поліефірне, теплопровідність.

Цитування: Форостяна Н.П., Михайлова Г.М., Осієвська В.В., Марчук Н.Б. Оцінка теплопровідності вовняних текстильних наповнювачів для ковдр. *Наука інног.* 2020. Т. 16, № 4. С. 36–46. <https://doi.org/10.15407/scin16.04.036>

Організм людини є саморегулюючою системою з внутрішнім джерелом тепла, в якому в нормальних умовах кількість продукованого тепла — теплопродукція — відповідає кількості тепла, що віддається в зовнішнє середовище, — тепловіддачі. Теплова рівновага між організмом людини й навколишнім середовищем відповідає умовам комфорту [1]. Якщо теплопродукція організму дорівнює тепловіддачі, то температура тіла людини залишається сталою. Характерною рисою організму людини, як і всіх теплокровних тварин, є підтримка постійності температури тіла незалежно від температурних умов зовнішнього середовища. Сукупність фізіологічних процесів, що підтримують температуру тіла на постійному рівні та обумовлені діяльністю центральної нервової системи, називається терморегуляцією [2]. Таким чином, організм людини є саморегульованою системою, в якій кількість утвореного тепла дорівнює кількості тепла відданого в навколишнє середовище.

Основним призначенням ковдр у побуті є захист організму людини від впливу некомфортних низьких температур. Саме ковдра створює для людини штучно регульований мікроклімат, який, знижуючи тепловтрати організму, забезпечує сприятливі умови для підтримання постійної температури тіла. Ковдра, будучи бар'єром, що ізолює організм людини від нижчих температур середовища, зберігає тепловий баланс організму людини та запобігає зайвій тепловтраті.

Останнім часом у світі спостерігається тенденція широкого використання споживачами текстильних виробів із натуральної сировини, яка є екологічною та безпечною для споживача. Для оптимізації асортименту та конструювання ковдр із заданими властивостями основну роль відіграє вибір наповнювача, зокрема його теплофізичні показники. Значну частку реалізації на світовому ринку становлять ковдри з наповнювачами з вовни [3, 4]. Разом з тим, теплофізичні показники різних типів вовни — овечої, верблюжої, кашемірової, відрізняються між собою.

Існують роботи щодо теплофізичних властивостей різноструктурних матеріалів для виготовлення товарів широкого вжитку. Вчені приділяють значну увагу розробці методів оцінки та вимірювання теплофізичних показників нетканих текстильних матеріалів, які використовуються як утеплювачі для готового одягу [5, 6], розробці методів та дослідженню впливу пористості, вологи й тиску на теплопровідність тканин [7, 8], дослідженню теплозахисних властивостей та розрахунку невідзначеності властивостей трикотажних полотен [9, 10], теплопровідності голкопробивних нетканих текстильних матеріалів із термостійких волокон [11]. Низка вчених застосовують сучасний математичний апарат для моделювання температури тіла людини при зовнішніх температурних впливах [12], здійснюють моделювання перенесення тепла крізь текстильний матеріал [13]. Багато наукових робіт присвячено удосконаленню методів і засобів контролю фізичних параметрів, зокрема й для текстильних матеріалів [14, 15].

Дослідження теплофізичних явищ для шкіряних та полімерних матеріалів через оцінку термодеструкції дозволяють встановити структурні перетворення та спрогнозувати функціональні властивості готових виробів [16–18], що може бути доречним і для оцінювання властивостей текстильних наповнювачів.

Особливої уваги заслуговують дослідження щодо термічного опору та теплового розрахунку стьобаних ковдр [1] та дослідження деформації, об'ємності волокон наповнювачів подушок, стьобаних ковдр під дією тиску з оцінкою теплозахисних властивостей [19]. Є низка публікацій, присвячених дослідженню теплозахисних властивостей ковдр, оцінених за допомогою сумарного теплового опору [20–22].

Поряд з цим, дослідження теплопровідності ковдр з натуральними наповнювачами тваринного походження — вовни овечої, верблюжої, кашемірової, мають фрагментарний характер та практично не виконувалися.

Метою роботи було оцінювання теплопровідності текстильних наповнювачів з різних

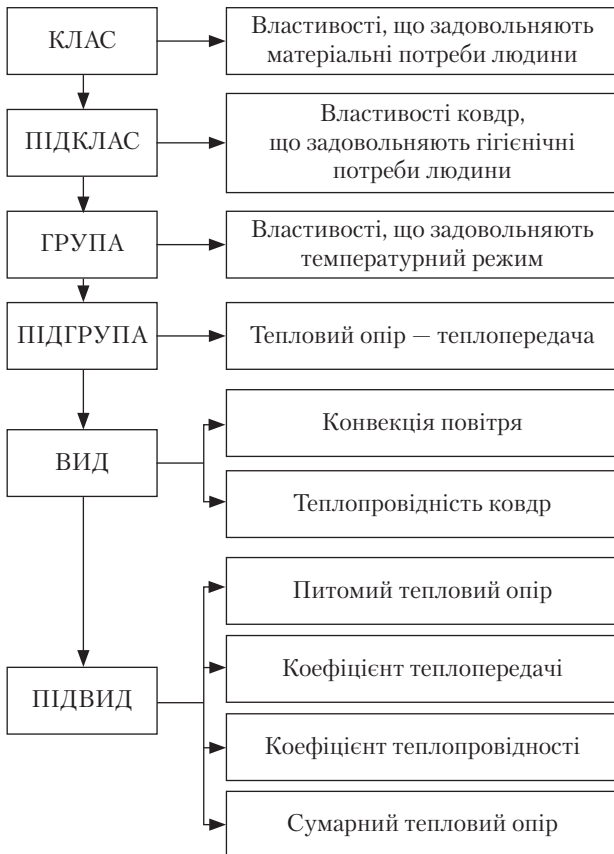


Рис. 1. Класифікація функціональних властивостей ковдр

типів вовни. Контроль та вимірювання цих характеристик дозволить в перспективі оптимізувати вибір матеріалів під час проектування постільних виробів з об'ємними наповнювачами, зокрема ковдр.

Об'єктом дослідження слугували зразки наповнювачів різного волокнистого складу – овеча, верблюжа, кашемірова вовна та поліефірне волокно. Для порівняльного аналізу було визначено теплофізичні характеристики (ТФХ) цих зразків. Дослідні зразки було виготовлено на потужностях ТОВ «Герд Біллербек ГмбХ» (Київ, Україна).

Оскільки температурний режим простору між тілом людини та ковдрою забезпечується рівнем теплозахисних властивостей останньої, на рис. 1 наведено класифікацію властивостей ковдр як елемента зв'язку з навколишнім середовищем.

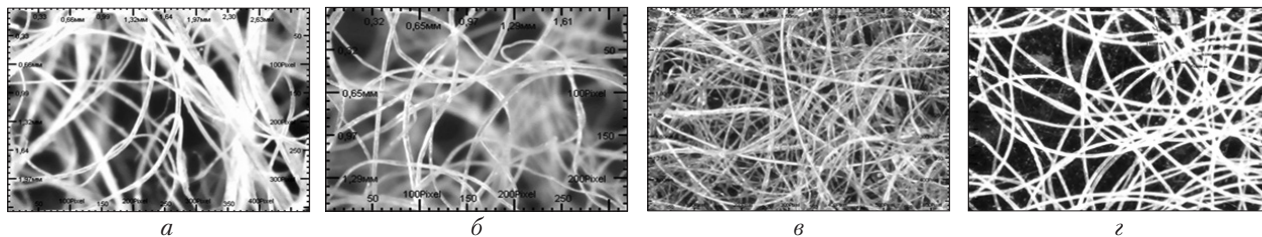
Для детальної класифікації теплозахисних властивостей постільних виробів з об'ємними наповнювачами, зокрема ковдр, доцільно подати її у вигляді ієрархічної системи підмножини. Цю систему побудовано з урахуванням закономірних зв'язків та наукових принципів і правил систематики.

Відомо, що для позначення підмножин, або рівнів класифікації, використовують різні таксономічні категорії: клас, група, вид тощо, а належність об'єктів класифікації до тієї чи іншої категорії здійснюється за певними ознаками.

Теплофізичні характеристики є важливими для ковдр, оскільки наповнювачі різного волокнистого складу характеризуються різними фізичними властивостями, різняться між собою не лише структурою природного матеріалу (вовни), а й кількістю повітря між його волокнами. Кількість останнього впливає на теплопередачу матеріалу та на його термічний опір вцілому.

Поверхнева густина, повітропроникність та відносний сумарний тепловий опір наповнювачів ковдр визначали в лабораторії аналітичних досліджень і випробувань продукції науково-технічного центру підтвердження відповідності, стандартизації та випробувань продукції легкої промисловості й засобів індивідуального захисту ДП «Укрметртестстандарт» (Київ, Україна). Фотографії наповнювачів зроблено в лабораторії Київського національного торговельно-економічного університету (Київ, Україна) фотометричним методом із використанням мікроскопів МПБ-2, МГ 10085-1А із роздільною здатністю 600 пікселів та програмного забезпечення *Micro-Measure*. Мікроскопічні дослідження зразків текстильних наповнювачів для ковдр проілюстровано на рис. 2.

Довжина текстильних волокон може варіювати в межах 20–150 мм. Натуральні волокна мають обмежену довжину, наприклад, бавовна – 6–51 мм, льон – 250–1000 мм, вовна – 10–250 мм, натуральний шовк – 400–1000 мм [23]. Щодо синтетичних волокон, то їх можна отримувати необмеженої довжини у вигляді



**Рис. 2.** Структура наповнювачів ковдр,  $\times 600$ : *a* – вовна овеча; *б* – вовна кашемірова; *в* – вовна верблюжа; *г* – поліефірне волокно

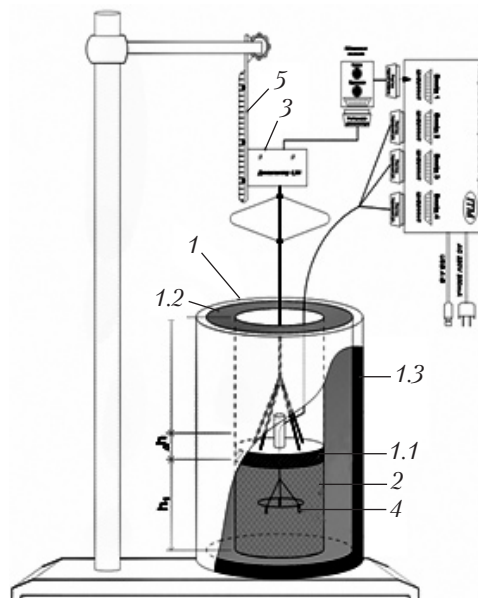
текстильних ниток або у вигляді штапелю – відрізків ниток завдовжки 40–150 мм [20].

За допомогою мікроскопічних досліджень було визначено товщину волокон. Так, волокна вовни кашемірової мають товщину  $0,0333 \pm 0,00202$  мм, овечої –  $0,0506 \pm 0,00380$  мм, верблюжої –  $0,0178 \pm 0,00212$  мм, поліефірне волокно має товщину  $0,0372 \pm 0,0015$  мм. Для вовни різниця розмірів волокон залежно від походження коливається від 2 до 11 %, а для поліефірного волокна – від 1 до 4%.

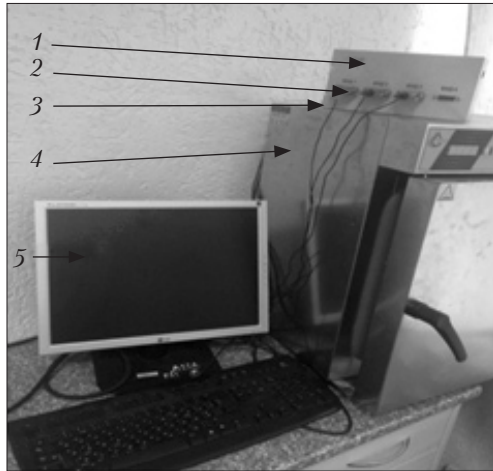
Мікроскопічний аналіз показує, що для наповнювачів з верблюжої вовни характерним є щільне упакування волокон. У зразках ковдр наявні волокна різних розмірів, а дрібні та крупні проміжки між ними заповнені повітрям. Для зразків з вовни овечої (рис. 2, *a*), кашемірової (рис. 2, *б*) та поліефірного волокна (рис. 2, *г*) характерним є наявність волокон практично ідентичного розміру. Зазначені наповнювачі мають різну щільність, а, відповідно, й різну масу утримуваного в них повітря. Власне повітря й відіграє ключову роль в теплопровідності та теплоємності досліджуваних зразків. Загальновідомо, що повітря є поганим провідником тепла, проте, якщо рухливість повітряної маси є досить значною, то його теплопередача буде вагомою величиною. Волокна наповнювача теж мають різний характер теплопередачі, який залежить від молекулярної будови волокна, а точніше від його молекулярних зв'язків. Адже тепло, як міра середньої кінетичної енергії молекул, характеризує коливальні процеси молекулярної системи. Крім того, на швидкість теплопередачі впливає вологість повітряного прошарку, що є змінною величиною та зале-

жить від фізіологічного стану людини, її фізичного навантаження, вологості навколишнього середовища та інших факторів.

Визначення теплофізичних характеристик сировини є досить складним та трудомістким процесом. Тому актуальним завданням є розробка нових чи вдосконалення наявних методів з використанням комп'ютерних технологій, що дозволяють автоматизувати процес проведення досліджень зі збереженням цілісності досліджуваних об'єктів, підвищити точність та оперативність обробки експериментальних даних. До таких пристроїв належить багатофункціональний модульний вимірювальний прист-



**Рис. 3.** Схема модуля «Теплота» в розрізі: 1 – товстостінний циліндр; 1.1 – рухомий поршень; 1.2 – ізоляція; 1.3 – зовнішній циліндр виготовлений з пластику; 2 – досліджуваний зразок; 3 – динамометр; 4 – система термодатчиків; 5 – вимірювальна лінійка заповнення модуля



**Рис. 4.** Зовнішній вигляд БФВМП «MIG–1.3»: 1 – блок управління системою датчиків модуля «Теплота»; 2 – термодатчики (підключені на вхід 1, 2, 3, 4); 3 – датчик контролю температури та вологості в робочій камері; 4 – термошафа з датчиками керування температурою й режимами розігріву шафи; 5 – дисплей комп’ютера, що відображає графічні залежності зміни температури в робочій камері та зразках

рій (БФВМП) MIG–1.3, на якому й було проведено експериментальні дослідження теплопровідності текстильних наповнювачів для ковдр. Дослідження виконували в лабораторіях Київського національного торговельно-економічного університету методом нагрівання (охолодження) з використанням модуля «Теплота» пристрою «MIG–1.3» [24] (рис. 3). Часовий інтервал фіксування показників становить 0,01 с, температурний – 0,01 °С, діапазон деформуючої сили – від 5 мН до 5 Н (визначали за необхідності експерименту). Отримані експериментальні дані відображаються на екрані персонального комп’ютера в реальному часі, де під час дослідження можна виконати фотографування екрану. Результуючий масив да-

них накопичується в робочих файлах, які експортуються до програми *MS Excel* (рис. 4).

Модуль «Теплота» пристрою «MIG–1.3» можна використовувати для дослідження різноструктурних матеріалів [24]. Конструкція модуля передбачає підключення нагрівального (охолоджувального) елемента знизу модуля, де його дно має з’ємну ізоляцію. Для визначення теплофізичних характеристик наповнювачів ковдр використовували методику «Метод двох температурно-часових інтервалів» [25]. Система датчиків модуля «Теплота» в реальному часі в межах одного експерименту знімають покази зміни температури в камері-нагрівнику  $M_1$  та теплоприймача  $B$  за принципом буферної зони.

Для визначення теплофізичних характеристик наповнювачів ковдр було проведено серію експериментальних досліджень щодо зміни температури охолодження (нагрівання) ковдр з натуральними та синтетичними текстильними наповнювачами (рис. 5).

Як видно, всі зразки в робочій камері одночасно починають охолоджуватися. При цьому вони мають рівну питому масу ( $m/V$ ) та різні початкові температури. У камері під час зниження температури теплова рівновага між камерою та зразком порушується й відбувається тепловіддача зразків з градієнтом температур, спрямованим в бік зразка – текстильного наповнювача. За розрахунками для зниження температури у камері до 0 °С необхідно від системи відвести 258 кДж теплоти; за графіком цей процес триває 1000 с.

Для оптимізації вибору досліджуваних текстильних наповнювачів було побудовано відповідну гістограму швидкості їхнього охолодження (рис. 6).

**Таблиця 1. Математичні рівняння зміни температури**

Тип наповнювача	Рівняння	Коефіцієнт кореляції
Вовна верблюжа	$T = -4 \times 10^{-6} t^2 - 0,0055 t + 21,558$	$R^2 = 0,9947$
Вовна овеча	$T = -1 \times 10^{-6} t^2 - 0,0137 t + 22,626$	$R^2 = 0,9946$
Вовна кашемірова	$T = -0,7 \times 10^{-6} t^2 - 0,0151 t + 19,135$	$R^2 = 0,9985$
Поліефірне волокно	$T = -2,2 \times 10^{-6} t^2 - 0,751 t + 13,254$	$R^2 = 0,9874$

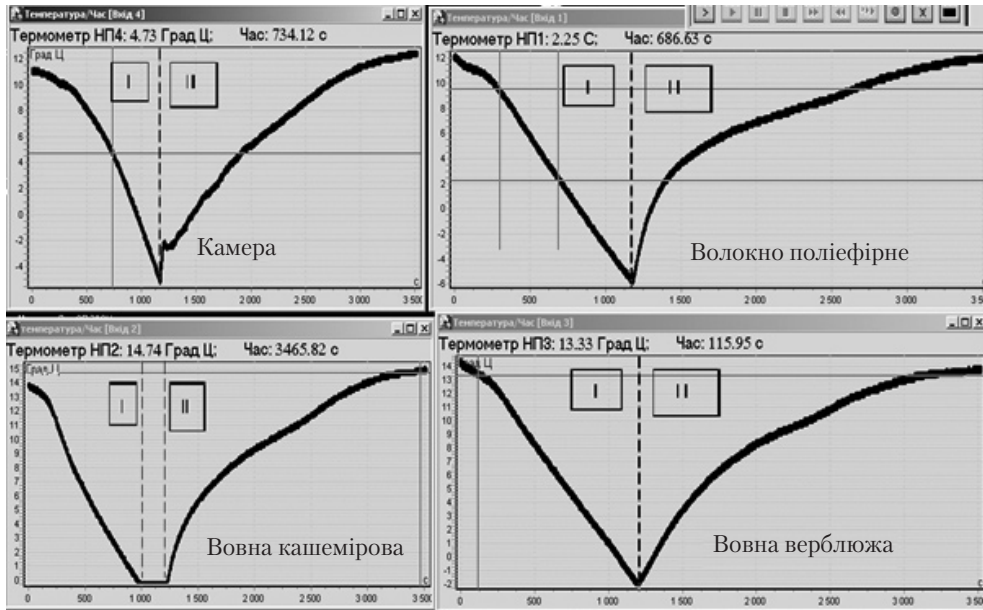


Рис. 5. Зміна температури в зоні охолодження (I) та в зоні нагрівання (II): вхід 1 — волокно поліефірне; вхід 2 — вовна кашемірова; вхід 3 — вовна верблюжа; вхід 4 — камера

Швидкість досягнення температури  $0^{\circ}\text{C}$  для кожного текстильного наповнювача різна. Чим меншою є швидкість охолодження, тим довше текстильний наповнювач тримає тепло всередині, чим повільніше він охолоджується, тим повільніше він і нагрівається. Плавність такого процесу забезпечує комфорт для тіла людини, яка вкривається ковдрою. Відповідно до отриманих результатів дослідження, найкращим наповнювачем для ковдри є верблюжа вовна, на другому місці — наповнювачі з овечої вовни, на третьому — з кашемірової вовни та синтетичного волокна. Математично цей процес описується такими рівняннями: де  $T$  — температура,  $^{\circ}\text{C}$ ;  $t$  — час, с (табл. 1).

Як видно з рівнянь, зміна температури з часом для наповнювачів описується рівняннями другого порядку, тобто характер проникнення теплового поля в зразки, як і їхні теплофізичні характеристики, повинні бути близькими один до одного.

З точки зору теплофізики та нульового початка термодинаміки, тепло передається від більш нагрітого тіла до менш нагрітого. Для

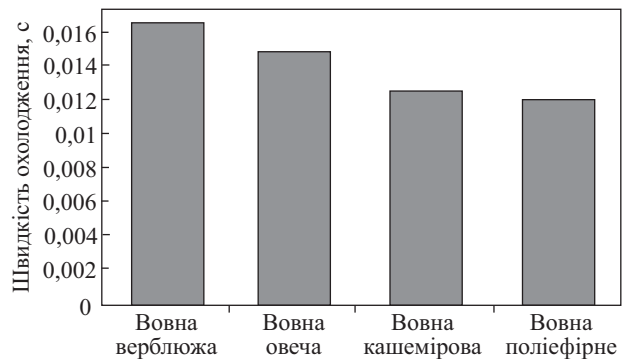


Рис. 6. Ранжування досліджуваних наповнювачів за швидкістю їхнього охолодження

ковдр з різних наповнювачів однією з основних теплофізичних властивостей є температуропровідність  $a$ , яка характеризує швидкість зміни теплового поля в зразку та залежить від коефіцієнту теплопровідності  $\lambda$ , питомої теплоємності  $c$  та об'ємної маси  $m$  матеріалу, а також визначає швидкість та рівномірність прогрівання матеріалів [6].

Визначення коефіцієнта температуропровідності  $a$  для наповнювачів виконували методом двох температурно-часових інтервалів.

Суть методу полягає в тому, що теплота, виділена нагрівником  $M_1$  (рис. 7) поглинається текстильним матеріалом  $A$  і передається теплоприймачу  $B$ . За швидкістю нагрівання чи охолодження виробів й визначають теплофізичні характеристики матеріалів. Фіксування температурно-часових кривих у модулі «Теплота» виконують чотири термодатчики. За потреби існує можливість реєстрації зміни температури в кожному шарі досліджуваного зразка. Відповідно до методики досліджуваний зразок відіграє роль буферної зони, тому для дослідження достатньо двох підключених термодатчиків.

За методикою двох температурно-часових інтервалів розрахунок коефіцієнта температуропровідності виконано за формулою:

$$a = \frac{h^2}{4y^2\tau}, \quad (1)$$

де  $h$  – товщина зразка, м;  $y$  – інтервал температури, °C;  $\tau$  – інтервал часу, с.

Інтервали часу й температури визначено за отриманими температурно-часовими кривими графічно, як зазначено на рис. 8.

Для цього необхідно провести ізотермічну пряму – пряму рівної температури значення рівних температур (наприклад, 15 °C) у кривих  $A_1$  та  $A_2$  відносно кривої  $M_1$ . На перетині з кривими отримуємо точки, за якими визначаємо інтервал часу зміни температури до вказаних значень. За графічними даними розраховуємо швидкість охолодження та нагрівання наповнювачів ковдр.

Отримані значення коефіцієнта температуропровідності ковдр з різними текстильними наповнювачами подано в табл. 2.

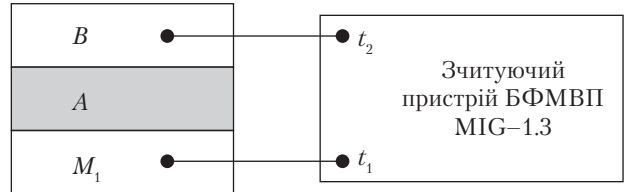


Рис. 7. Схема процесу фіксування двох температурно-часових інтервалів:  $M_1$  – нагрівач;  $A$  – досліджуваний зразок;  $B$  – теплоприймач;  $t_1$  – термодатчик 1;  $t_2$  – термодатчик 2 модуля «Теплота»

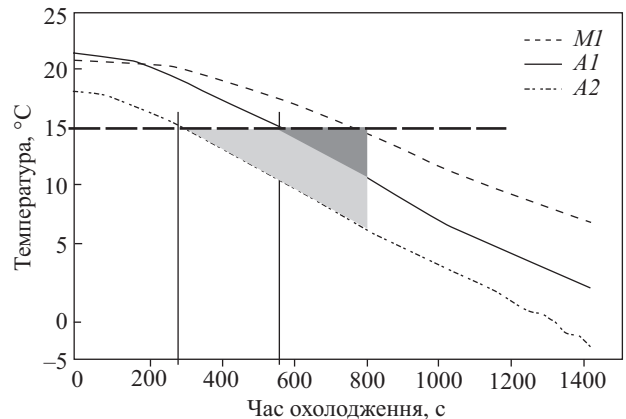


Рис. 8. Температурно-часові інтервали для визначення коефіцієнта температуропровідності наповнювачів:  $M_1$  – нагрівник;  $A_1$  – поліефірне волокно;  $A_2$  – вовна верблюжа

Наступним етапом досліджень було встановлення зміни питомої теплоємності матеріалу від температури, оскільки теплоємність є однією з основних ТФХ матеріалу, яка вказує скільки енергії (теплоти) потрібно надати матеріалу масою 1 кг, щоб змінити його температуру на 1 °C.

Визначення питомої теплоємності виконано відповідно до рівняння теплового балансу. Кількість тепла, що надходить від нагрівника

Таблиця 2. Розрахований коефіцієнт температуропровідності наповнювачів для ковдр

Тип наповнювача	Коефіцієнт температуропровідності, $a, \cdot 10^{-8} \text{ м}^2/\text{с}$	Поверхнева густина, $\text{г}/\text{м}^2$	Повітропроникність, $\text{дм}^3/\text{м}^2 \text{ с}$	Відносний сумарний тепловий опір, $\text{м}^2 \text{ °C}/\text{Вт}$
Вовна верблюжа	$3,535 \pm 0,287$	540	27,7	0,327
Вовна овеча	$3,828 \pm 0,122$	477	28,7	0,321
Вовна кашемірова	$4,105 \pm 0,305$	527	27,5	0,292
Поліефірне волокно	$7,031 \pm 0,036$	536	31,7	0,278

повністю передається досліджуваному зразку (завдяки конструкційному рішенням МІГ—1.3). Кількість теплоти, виділену нагрівником, визначаємо за законом Джоуля-Ленца —  $IU\Delta t$ , вона нагріває текстильний наповнювач ( $cm\Delta t'$ ); з іншого боку, процес нагрівання залежить від теплофізичних характеристик зразків, що описується законом Фур'є ( $\lambda/s (t_{\text{ст1}} - t_{\text{ст2}})$ ), тобто маємо відповідне рівняння:

$$IU\Delta t = cm\Delta t' = \lambda/s (t_{\text{ст1}} - t_{\text{ст2}}), \quad (2)$$

де  $I$  — струм, А;  $U$  — напруга, В;  $\Delta t$  — час роботи нагрівача, с;  $c$  — питома теплоємність матеріалу, Дж/кг · °С;  $m$  — маса досліджуваного зразка, кг;  $\Delta t' = (t_{\text{ст1}} - t_{\text{ст2}})$  — зміна температури зразка, °С;  $t_{\text{ст1}}$  — температура у стикі нагрівач-зразок ( $M_1A$ ), °С;  $t_{\text{ст2}}$  — температура у зоні стикування зразок-теплоприймач ( $AB$ ), °С.

За літературними даними [26] питома теплоємності чистої овечої та кашемірової вовни знаходиться в межах  $2600 \pm 352$  Дж/(кг · °С). Експериментальними дослідженнями вказаних зразків отримано функціональні залежності зміни питомої теплоємності від температури:

$$\begin{aligned} c_{\text{овеча}} &= -68,775t + 3478,1, R^2 = 0,94, \\ c_{\text{кашемірова}} &= -96,54t + 3583,5, R^2 = 0,95. \end{aligned} \quad (3)$$

Отримані залежності є лінійними. При низьких температурах (нижче 0 °С) теплоємність зростає, а з підвищенням температури — знижується. Наприклад, при 0 °С теплоємність наповнювача з вовни овечої становить 3478,1 Дж/кг · °С, вовни кашемірової — 3583,5 Дж/кг · °С. При збільшенні температури до 20 °С теплоємність наповнювачів становить 3340,6 та 3390,4 Дж/кг · °С відповідно. Отримані значення теплоємності для наповнювачів було використано для розрахунку їхніх коефіцієнтів теплопровідності. Значення питомої теплоємності наповнювачів та її залежність від температури середовища є важливим фактором для розрахунку геометричних параметрів ковдр, товщини наповнювача, його термічного опору, повітро- та водонепроникності.

Маючи експериментальні дані зміни температури в камері та в зразку, можемо розрахувати коефіцієнт теплопровідності матеріалу. Він є важливою теплофізичною характеристикою текстильного матеріалу. Значення теплопровідності порівнювалися з табличними даними, що наведені в різних літературних джерелах [27, 28].

Варто зазначити, що ці дані наведено для власне текстильного волокна або для тканих полотен. Для текстильних матеріалів величина теплопровідності знаходиться в межах 0,033—0,040 Вт/м · °С, а для повітря — 0,020 Вт/м · °С. Коефіцієнти теплопровідності різних видів наповнювачів для ковдр наведено в табл. 3.

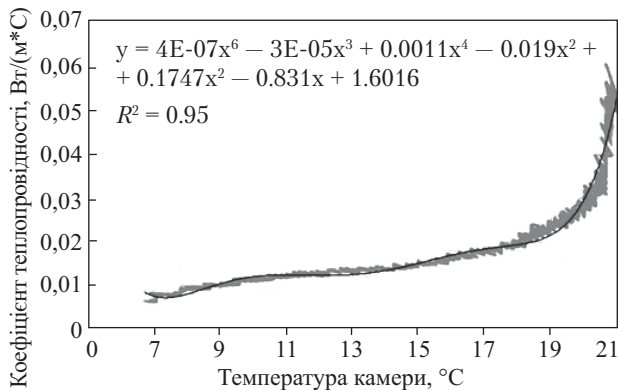
Оскільки ковдра з об'ємним наповнювачем не є однорідним матеріалом, а являє собою систему зі значної кількості волокон, віддалених один від одного порами різної форми та розмірів, що заповнені повітрям. Саме тому експериментально визначене значення коефіцієнта теплопровідності є дещо вищим за табличні дані.

За допомогою математичного моделювання доцільно спроектувати необхідні властивості текстильних наповнювачів ковдр, а саме підібрати товщину виробу, склад наповнювача для необхідного температурного режиму. Наприклад, графічну залежність коефіцієнта теплопровідності наповнювача вовни овечої від температури під час охолодження (з високим коефіцієнтом достовірності) показано на рис. 9. Як видно з графіка, при температурі 11—13 °С спостерігається стабілізація теплопровідності

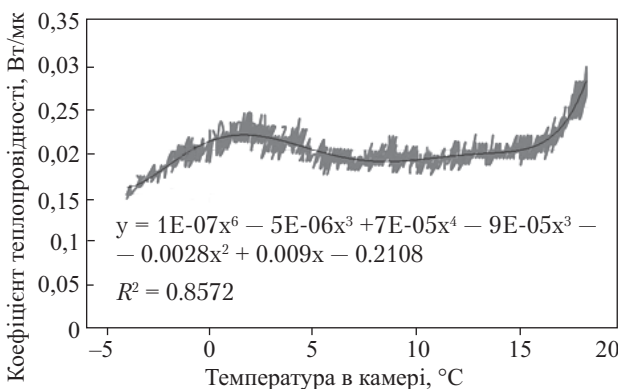
Таблиця 3. Теплопровідність текстильних наповнювачів для ковдр

Тип наповнювача	Коефіцієнт теплопровідності, $\lambda$ , Вт/(м·°С) (експериментальний)	Коефіцієнт теплопровідності, $\lambda$ , Вт/(м·°С) (табличний)
Вовна верблюжа	0,04140	—
Вовна овеча	0,05708	0,03—0,05
Вовна кашемірова	0,08640	—
Поліефірне волокно	0,09130	0,05





**Рис. 9.** Залежність коефіцієнта теплопровідності вовни овечої від зміни температури під час охолодження



**Рис. 10.** Залежність коефіцієнта теплопровідності поліефірного волокна від зміни температури під час охолодження

і ця зміна є незначною. Отже, охолодження, а відповідно й нагрівання зразка, відбувається плавно, людина відчуває більший комфорт, ніж тоді, коли наповнювачем є поліефірне текстильне волокно (рис. 10).

Нерівномірність графіка, стрибкоподібне відтворення зміни коефіцієнта теплопровідності говорить про нестабільні теплофізичні характеристики теплового поля, про його неоднорідність, що воно має момент накопичення теплової енергії в середині наповнювача і дуже складний характер теплопровідності. Накопичення додаткової теплової енергії та вологи в зразку приводить до дискомфорту.

З графіків видно, що при зниженні температури коефіцієнт теплопровідності для вов-

ни становить 0,116 Вт/(м·°C), а при температурі 20 °C становить 0,0375 Вт/(м·°C). Для поліефірного волокна при низьких температурах коефіцієнт теплопровідності становить 0,150 Вт/(м·°C), а при температурі 20 °C — 0,278 Вт/(м·°C).

Беззаперечним є те, що теплопровідність текстильного наповнювача є однією з основних функціональних властивостей ковдр, які призначені для захисту організму людини від впливу навколишнього середовища.

Отже, контроль та вимірювання теплопровідності текстильних наповнювачів дозволить в перспективі оптимізувати вибір їх під час проєктування постільних виробів з об'ємними наповнювачами, зокрема ковдр.

Результати оцінки теплопровідності текстильних наповнювачів, що використовуються для виготовлення ковдр, дозволяє з високим ступенем достовірності констатувати низьку твердять.

1. В умовах відносно спокійного повітря з невисокою відносною вологістю визначальним фактором теплопровідності натуральних та хімічних текстильних наповнювачів для ковдр є волокнистий склад, мікроструктура текстильного наповнювача та характер утримання повітря.

2. Враховуючи експериментально отримані дані, можна сформувати ряд за теплопровідністю натуральних білкових та хімічних текстильних наповнювачів: вовна верблюжа → вовна овеча → вовна кашемірова → поліефірне волокно.

3. Найменше значення серед натуральних протеїнових текстильних наповнювачів має волокно вовни верблюжої із значенням теплопровідності 0,04140 ккал/м год град.

Отримані дані теплопровідності натуральних білкових волокон необхідно враховувати при формування теплозахисних властивостей постільних виробів з об'ємними наповнювачами, зокрема ковдр, для оптимізації асортименту та задоволення потреб споживачів.

## СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Разбродин А.В. Исследование термического сопротивления и тепловой расчет стеганных одеял с различными наполнителями: дис. канд. техн. наук: 05.19.02. Москва, 2006. 265 с.
2. Скланников В.П. *Потребительские свойства текстильных товаров*. Москва: Экономика, 1982. 160 с.
3. Галько С., Михайлова Г., Осієвська В. Світовий ринок товарів: ковдри і пледи. *Легка промисловість*. 2017. № 1. С. 45–47.
4. Галько С., Михайлова Г., Осієвська В. Світовий ринок ковдр і пледів. *Товари і ринки*. 2017. № 1. С. 5–15.
5. Боева-Кашлова Г. Исследование теплофизических характеристик двухкомпонентных нетканых материалов. *Товари і ринки*. 2009. № 1. С. 104–109.
6. Соколовская Т.С. Разработка методов оценки и измерения теплофизических показателей нетканых текстильных материалов: автореф. дис. канд. техн. наук: 05.19.01. Москва, 2008. 16 с.
7. Суходольский М.А., Исаев В.В. Исследование влияния пористости на теплопроводность тканей. *Текстильная промышленность*. 2007. С. 43–47.
8. Бессонова Н.Г. Разработка методов и исследование теплофизических свойств текстильных материалов и пакетов при действии влаги и давления: автореф. дис. канд. техн. наук: 05.19.01. Москва, 2005. 151 с.
9. Колесников Н.В., Давыдов А.Ф. Исследование теплозащитных свойств функциональных трикотажных полотен бельевого назначения. *Текстильная промышленность*. 2011. № 3. С. 32–33.
10. Абдукаюмов А.А., Джаббаров Р.Р., Хакимов О.Ш. Неопределенность методики измерения теплопроводности влажных трикотажных полотен. *Системи обробки інформації*. 2012. Вип. 1. С. 97–99.
11. Мурашова В.Е., Курочкин И.А., Волощик Т.Е. Исследование теплопроводности иглопробивных нетканых материалов из термостойких волокон. *Технология текстильной промышленности*. 2007. № 3 (298). С. 85–87.
12. Стасевич С., Казимира І., Плавайка М. Моделювання тіла людини при зовнішніх температурних впливах. *Матеріали міжнародного наукового симпозіуму SVED'2018 «Сталій розвиток – стан та перспективи»*. Львів. Славське. 28 лютого-3 березня 2018 р. С. 163–164.
13. Галавська Л.Є. Математичне моделювання перенесення тепла крізь текстильний матеріал. *Вісник КНУТД*. 2012. № 1. С. 105–109.
14. Яненко О.П., Ваганов О.А. Методи та засоби контролю фізичних параметрів текстильних матеріалів. *Вісник НТУУ «КПІ»*. 2009. Вип. 38. С. 107–111.
15. Mokrousova E., Dzyazko Y., Volfkovich Y., Nikolskaya N. Hierarchical structure of the derma affected by chemical treatment and filling with bentonite: Diagnostics with a method of standard contact porosimetry. *Nanophysics, Nanophotonics, Surface Studies, and Applications. SpringerProceedings in Physics*. 2016. V. 183. P. 277–290.
16. Kovtunenکو O., Travinskaya T., Mokrousova O. Thermal properties of anionic polyurethane composition for leather finishing. *Material science*. 2016. V. 22, no. 3. P. 394–399.
17. Паламар В.А., Мокроусова О.Р., Охмат О.А. Термостійкі властивості шкір, отриманих з використанням модифікованого монтморилоніту. *Вісник Хмельницького національного університету. Технічні науки*. 2016. № 3. С. 237–244.
18. Maruhlenko M.O., Palamar V.A., Mokrousova O.R. Stabilizing derma collagen structure with modified dispersions of montmorillonite. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*. 2016. V. 111, no. 1. P. 1–8.
19. Юдин Б.В. Исследование деформаций, объёмности при сжатии волокон наполнителей подушек, стеганных одеял с оценкой их теплозащитных свойств: дис. канд. техн. наук: 05.19.02. Москва. 2009. 316 с.
20. Михайлова Г.М., Форостяна Н.П. Теплозахисні властивості ковдр з об'ємними наповнювачами. *Товари і ринки*. 2016. №1 (21). С. 96–105.
21. Михайлова Г.М., Осієвська В.В., Галько С.В. Теплові властивості ковдр з целюлозними текстильними наповнювачами. *Матеріали IV міжнародної науково-практичної конференції «Інновації в управлінні асортиментом, якістю та безпечністю товарів та послуг»*. ЛТЕУ. 24 листопада 2016 р. Львів. С. 179–181.
22. Mukhaилоva G., Osіievska V., Bulenok S. Thermalphysic Characteristics of Bedding Products are a Source of a Person's Sound Sleep. *20<sup>th</sup> IGWT Symposium «Commoditi Science in a Chientific Works»*. September 12<sup>th</sup> -16<sup>th</sup> 2016. Varna, Bulgaria. P. 702–708.
23. Пугачевський Г.Ф., Семак Б.Д. *Товарознавство непродовольчих товарів. Ч. 1. Текстильне товарознавство*: підручник. Київ: НМЦ «Укоопспілка», 1999. 596 с.
24. Шаповал С.Л., Романенко Р.П., Форостяна Н.П. *Діагностика фізичних властивостей харчових продуктів*: монографія. Київ: Київ. нац. торг.-екон. ун-т, 2017. 192 с.
25. Волькенштейн В.С. *Скоростной метод определения теплофизических характеристик материалов*. Ленинград: «Энергия», 1971. 145 с.

26. Кирюхин С.М., Шустов Ю.С. *Текстильное материаловедение*. Москва: КолосС, 2011. 360 с.  
27. Колесников П.А. *Теплозащитные свойства одежды*. Москва: Издательство «Легкая индустрия», 1965. 346.  
28. Мирошников Е.А. *Тепловые свойства материалов и изделий*. Киев: КТЭИ, 1974. 30 с.

Стаття надійшла до редакції / Received 23.01.19  
Статтю прорецензовано / Revised 17.02.19  
Статтю підписано до друку / Accepted 15.05.19

*Forostyana, N., Mykhailova, H., Osiievska, V., and Marchuk, N.*

Kyiv National University of Trade and Economics,  
19, Kyoto St., Kyiv, 02156, Ukraine,  
+380 44 513 8172, ktms@knu.edu.ua

#### STUDY OF THERMAL CONDUCTIVITY OF NATURAL AND CHEMICAL TEXTILE FILLERS FOR BLANKETS

**Introduction.** The significant role in optimization of assortment and designing of blankets with given properties belongs to the choice of the filler, in particular to its thermophysical parameters, which differ in different materials.

**Problems.** Thermal conductivity of blankets with fillers of protein origin in particular sheep's wool, camel wool, cashmere wool has not studied enough. Control and measurement of the specified indicator will optimize the choice of materials during the design of bedding products with volumetric fillers, specifically blankets.

**Purpose.** Estimation of thermal conductivity of different types fillers.

**Materials and Methods.** Samples of fillers of different fiber composition (sheep's wool, camel wool, cashmere wool) were the objects of the study. Experimental researches were carried out in Kyiv National University of Trade and Economics laboratories using the module "Heat" of the multi-functional measuring module device MIG-1.3. The photos of the fillers were made using universal measuring computer with resolution of 600 pixels.

**Results.** Microscopic studies of the fibers have shown that the density of the fillers is different, and the mass of air in them and, accordingly, the mass of the filler fibers themselves differ, that in a result affect the thermal conductivity of the material. According to the obtained data, a number of fillers were formed according to their thermal conductivity: camel wool → sheep wool → cashmere wool → polyester fiber.

**Conclusions.** The results showed that the most effective in terms of heat saving is a filler made of camel wool, while polyester fiber has a thermal conductivity in 2.2 times lower. It should be taken into account forming the heat-protective properties of bedding with bulky fillers, including blankets, with the aim of optimization of their range.

**Keywords:** blanket, sheep's wool, camel wool, cashmere wool, polyester fiber, and thermal conductivity.