

<https://doi.org/10.15407/knit2021.02.070>

УДК 536.2.075:620.2

**А. Г. КОСТОРНОВ**, гол. наук. співроб., д-р техн. наук

**А. А. ШАПОВАЛ**, старш. наук. співроб., канд. техн. наук

E-mail: ash48@ukr.net

**І. В. ШАПОВАЛ**, наук. співроб.

Інститут проблем матеріалознавства ім. І. М. Францевича Національної академії наук України  
вул. Крижановського 3, Київ, Україна, 03142

## КАРКАСНА ТЕПЛОПРОВІДНІСТЬ ПОРИСТИХ МЕТАЛЕВИХ МАТЕРІАЛІВ

*Досліджено вплив фізичних характеристик і параметрів металевих волокнистих матеріалів на їхню теплопровідність. Такі пористі матеріали призначені, зокрема, для ефективного застосування у двофазних теплопередавальних пристроях (теплових трубах). Застосування теплових труб у авіаційних і космічних апаратах забезпечує ряд теплофізичних переваг. Наприклад, теплові труби суттєво розширюють можливості повітряного охолодження теплонавантажених технічних пристроїв. Теплопровідність капілярно-пористих матеріалів-структур, які є важливими елементами теплових труб, істотно впливає на інтенсивність двофазного теплообміну всередині теплових труб. Каркасна теплопровідність є еквівалентом теплопровідності матеріалів, таких, зокрема, які є умовно суцільними середовищами. Дослідження впливу структурних характеристик пористих матеріалів, таких як пористість і розміри дискретних часток-волоконців (фракцій досліджуваних матеріалів), виконано з використанням спеціального експериментального обладнання, розробленого і створеного в Інституті проблем матеріалознавства ім. І. М. Францевича НАН України. Пористі металеві структури (покриття), виготовлені з мідних, нікелевих і сталевих волокон (МВМ), досліджено в умовах, аналогічних щодо умов функціонування теплових труб космічного призначення. Значення пористості дослідних зразків матеріалів змінювалися від 40 до 93 %.*

*Результати досліджень показали, що на значення теплопровідності пористих матеріалів істотно впливають такі фізичні характеристики капілярних структур: 1) теплопровідність металевих матеріалів (фракцій-волоконців); 2) пористість капілярно-пористих металевих матеріалів (структур). Розміри дискретних часток-волоконців також впливають на значення теплопровідності МВМ, але меншою мірою.*

*Отримані у роботі результати узагальнено емпіричними залежностями-формулами, що дозволяє виконувати інженерні розрахунки теплопровідності металевих волокнистих матеріалів. Результати досліджень призначено для їхнього практичного інженерного застосування у авіаційному та космічному приладо- і апаратобудуванні. Зокрема, наведені результати є необхідними при розробці та створенні ефективних теплових труб з металевими волокнистими капілярними структурами.*

**Ключові слова:** металеві волокнисті матеріали, каркасна теплопро-відність, розміри волоконців, характеристики і геометричні параметри волоконців, довжина, діаметр.

### ВСТУП

Металеві волокнисті матеріали (МВМ) [5–7] мають ряд властивостей, що визначають ефективність їхнього застосування у багатьох технічних умовах та об'єктах. До них належить тепло-

провідність пористих матеріалів  $\lambda$  ( $\text{Вт} \cdot \text{м}^{-1} \cdot \text{К}^{-1}$ ). Результати досліджень основних характеристик двофазних теплопередавальних пристроїв, таких як теплові труби і термосифони зі вставними капілярно-пористими структурами [4, 11, 12],

Цитування: Косторнов А. Г., Шаповал А. А., Шаповал І. В. Каркасна теплопровідність пористих металевих матеріалів. *Космічна наука і технологія*. 2021. 27, № 2 (129). С. 70–77. <https://doi.org/10.15407/knit2021.02.070>

показали, що теплопровідність МВМ істотно впливає на процеси теплообміну і теплопереносу в цих пристроях.

Використання теплових труб у космічних і авіаційних апаратах у ряді випадків дозволяє, зокрема, успішно вирішувати проблемні завдання ефективного тепловідведення надлишкової теплоти та одночасно забезпечувати «нормальну» роботу приладів і апаратури в умовах дефіциту простору і енергозабезпечення при встановлених технічними вимогами теплових режимах обладнання.

### ЗАВДАННЯ І ОБ'ЄКТИ ДОСЛІДЖЕНЬ

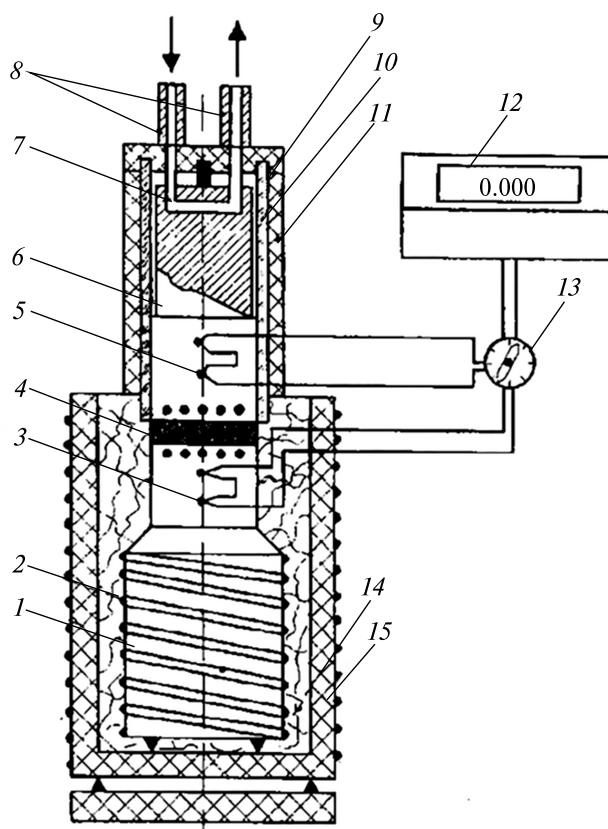
Вплив ряду характеристик і параметрів металевих волокнистих структур на теплопровідність пористих матеріалів частково досліджено у роботах [5, 7, 13]. Показано, що за рядом фізико-технічних і експлуатаційних характеристик (проникність, відсутність «тупикових» пор, технологічність при виготовленні, ефективність застосування у різних технічних пристроях) металеві волокнисті матеріали є одними із кращих. Використання МВМ у двофазних теплопередавальних пристроях (зокрема теплових трубах), перспективних для застосування у багатьох інженерних аспектах, необхідність проведення відповідних конструкторських розрахунків стимулювали продовження і розширення кола досліджень.

В Інституті проблем матеріалознавства НАН України ім. І. М. Францевича розроблено і створено ефективні пористі металеві матеріали нових типів (композиційні, градієнтні та ін.). Різні конструкції та різні МВМ зумовили необхідність проведення експериментальних досліджень впливу структурних характеристик таких матеріалів на їхню теплопровідність. Однією з цілей досліджень, зокрема, стало отримання аналітичних залежностей, які б дозволили здійснювати інженерні розрахунки значень каркасної теплопровідності  $\lambda_k$  з урахуванням впливу розмірів вихідних часток МВМ (довжини і діаметра металевих волоконців). Для вирішення завдань необхідною умовою стало створення відповідного експериментального обладнання та отримання ряду дослідних пористих зразків МВМ, для яких

характерним є широкий діапазон зміни значень теплопровідності  $\lambda_k$ .

### ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНЕ ОБЛАДНАННЯ

Конструкцію експериментальної установки, призначеної для досліджень впливу параметрів і характеристик пористих структур на коефіцієнти теплопровідності  $\lambda_k$  досліджуваних металевих матеріалів, представлено на рис. 1. Установку побудовано за принципом «плоскої пластини» [1]. Тепловий потік, створюваний електронагрівом



**Рис. 1.** Конструкція експериментальної установки ІПМ, призначеної для досліджень теплопровідності пористих металевих матеріалів: 1 — мідний стрижень, 2 — основний електронагрівач, 3, 5 — диференціальні термопари, 4 — дослідний зразок МВМ, 6 — притискний пристрій (стрижень-циліндр), 7 — канал водяного охолодження, 8 — штуцери підведення і відведення води, 9 — фланець, 10, 11 — теплоізоляційні циліндри, 12 — мілівольтметр, 13 — перемикач термопар, 14 — шар теплоізоляції, 15 — термостійкий кожух, чорні точки — давачі теплового потоку (розробка ІТТФ НАН України)

вачем 2, проходив через мідний блок 1, через дослідний зразок пористого матеріалу 4; надалі тепло відводилось охолоджувальною водою.

Істотною відмінністю представленої конструкції (рис. 1) експериментальної установки, у порівнянні з відомими аналогічними пристроями, стало застосування у мідних блоках (теплопідведення і тепловідведення) вбудованих дровових давачів теплового потоку нового типу (розроблених в Інституті технічної теплофізики НАН України), що дозволило істотно підвищити точність теплофізичних вимірювань. У процесі досліджень робочу ділянку експериментальної установки було попередньо відтаровано: для забезпечення високої достовірності отриманих результатів як еталонний метал було використано хімічно чистий свинець.

Основні характеристики і параметри досліджених в експериментах матеріалів були такими: матеріали волокон — мідь М1 та корозійно-стійка сталь марки 9Х18Н10Т; пористість зразків  $\Theta = 40 \dots 95 \%$ , довжина волоконця  $L = 3 \dots 9$  мм; діаметр волоконця  $d = 30 \dots 50$  мкм, діаметр дослідних зразків (з волокон) — 20 мм, товщина пористих зразків-структур — 1...3 мм.

#### МЕТОДИКА ПРОВЕДЕННЯ ЕКСПЕРИМЕНТІВ

Досліджуваний зразок МВМ встановлювали між металевими циліндрами: нижнім (циліндр 1, рис. 1), який підводив тепло до пористого зразка і верхнім (циліндр 6, рис. 1), який тепло відводив. До дослідного зразка підводили тепловий потік  $Q$  певної густини  $q$  методом електронагрівання. Досягали стаціонарності теплового режиму (при цьому значення температури  $t$  у блоках-циліндрах істотно не змінювалися). Проводили вимірювання значень шуканих параметрів, розраховували значення теплопровідності МВМ з урахуванням теплових втрат і контактних термоопорів (які виникають у місцях контакту пористих матеріалів із суцільними металевими поверхнями). Теплопровідністю повітря, що містилось у порах МВМ, нехтували (через її малі значення). Отримані експериментальні значення каркасної теплопровідності  $\lambda_k$  порівнювали з відомими з літературних джерел аналогічними оцінками [1, 4, 9, 10].

#### РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ.

##### АНАЛІЗ І УЗАГАЛЬНЕННЯ

Відомі модельні уявлення про структурну будову волокнистих матеріалів [1, 3, 4, 9, 13] не дозволяють безпосередньо, з необхідною точністю, розраховувати значення коефіцієнтів теплопровідності  $\lambda_k$  пористих металевих матеріалів, які б задовільно узгоджувались з відомими експериментальними даними. Згідно з відомими в літературі методами розрахунку коефіцієнтів  $\lambda_k$  для вищевказаних умов найбільш близькими є результати, отримані з використанням моделі Сінгха [13], у якій превалює так звана теплопровідність «уздовж частинок-волокон». Великі відхилення від результатів експериментів дають розрахунки з використанням моделі «безкінечних, хаотично орієнтованих циліндрів» [9]. Проміжне становище займають значення теплопровідності  $\lambda_k$ , розраховані з використанням методу «теплопровідність поперек волокон», згідно з моделлю Дульнева [3].

Вплив структурних (визначальних) характеристик волокнистих матеріалів (пористості  $\Theta$ , діаметра  $d$  та довжини волоконця  $l$ ) на значення каркасної теплопровідності МВМ  $\lambda_k$  показано на рис. 2.

Теоретичні залежності за даними робіт [7, 9, 10] (криві 1—3 на рис. 2), відомі експериментальні дані дослідників [3, 11] (2 нижні криві на рис. 2) свідчать про те, що зазначені вище характеристики МВМ, особливо пористість  $\Theta$ , впливають на значення каркасної теплопровідності матеріалів, створених із високотеплопровідних металів (зокрема з міді). Зі зменшенням значень коефіцієнтів теплопровідності  $\lambda_k$  вихідних металів (наприклад, корозійно-стійкої сталі 09Х18Н10Т) вплив вищевказаних характеристик і параметрів частинок МВМ на їхню каркасну теплопровідність  $\lambda_k$  зменшується. Необхідно зазначити, що в ряді аналогічних розрахункових залежностей [9, 10], отриманих теоретичним шляхом, не враховуються контактні явища у місцях зіткнень між дискретними частинками (фракціями). Відомі результати робіт [11, 13], де враховувався вплив контактів між дискретними волоконцями; зокрема для якісно і неякісно спечених пористих

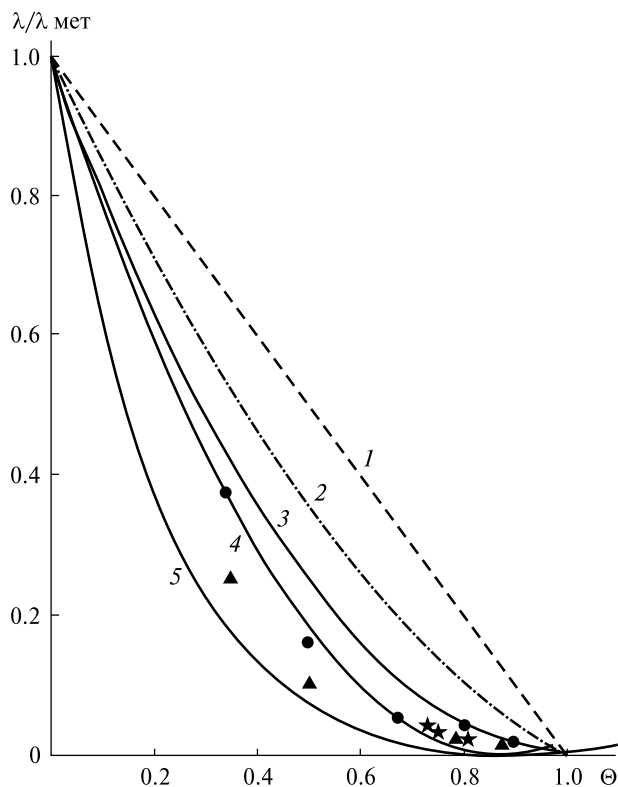


Рис. 2. Залежність теплопровідності  $\lambda$  металевих пористих матеріалів від пористості  $\Theta$ : 1 — розрахунки за формулою [10] для порошкових матеріалів, 2 — розрахунки згідно з [9], 3 — розрахунки згідно з [7], 4, 5 — дані [3, 11] та дані [6, 13] для мідних МВМ: трикутники —  $d_b = 20$  мкм, точки — 40 мкм, зірочки — наші дані ( $d_b = 30$  мкм)

МВМ. Однак отримані в роботах [11, 13] розрахункові залежності складно застосовувати для практичних інженерних розрахунків, зокрема при конструюванні теплопередавальних пристроїв з капілярно-пористими металевими структурами.

Ряд експериментальних даних, які ілюструють вплив пористості МВМ, а також вплив теплопровідності та розмірів частинок-фракцій, з яких створено волокнисті матеріали, на каркасну теплопровідність МВМ, показано на рис. 3.

Відомі результати розрахунків, а також експериментальні оцінки, отримані у даній роботі, свідчать про те, що каркасна теплопровідність  $\lambda_k$  волокнистих структур в основному залежить від трьох чинників:

1) пористості матеріалів  $\Theta$ ;

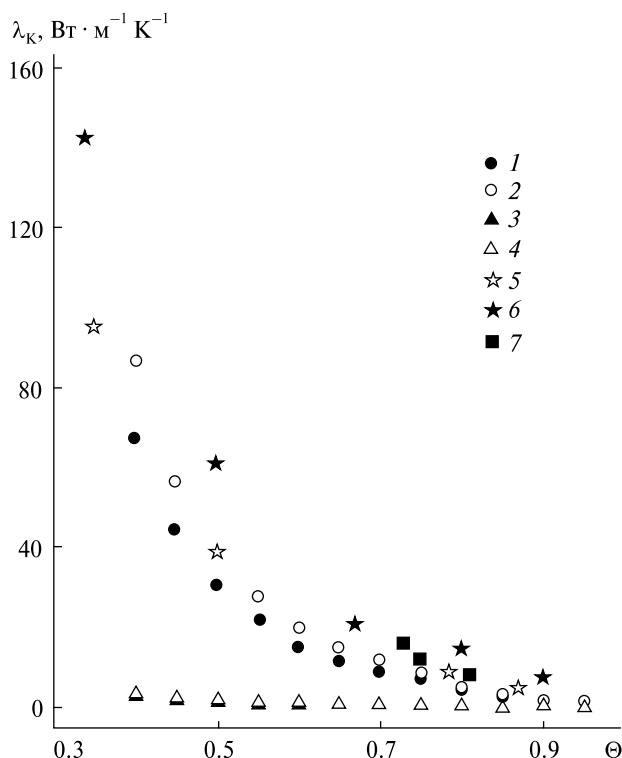


Рис. 3. Результати розрахунків і експериментальних досліджень впливу характеристик волокнистих капілярних матеріалів на їх каркасну теплопровідність, згідно з формулами (1) і (2): мідь, 1 —  $l/d = 43$ , 2 —  $l/d = 200$ , 3–4 — корозійностійка сталь; експеримент: мідь, 5 — дані [13], 6 — дані [8], 7 — результати авторів

2) відношення  $l_b/d_b$  довжини дискретних волоконців до їхнього діаметра;

3) якості контактів між волоконцями.

Збільшення значень пористості зменшує значення каркасної теплопровідності МВМ; натомість збільшення співвідношення  $(l_b/d_b)$  збільшує значення  $\lambda_k$ . Ряд експериментальних даних, що демонструють вплив пористості МВМ, теплопровідності та розмірів частинок-волоконців у волокнистих матеріалах на каркасну теплопровідність МВМ, представлено на рис. 3.

Емпіричні формули (1), (2), запропоновані у даній роботі для розрахунків каркасної теплопровідності  $\lambda_k$  волокнистих металевих пористих матеріалів-структур, враховують вплив вищезазначених факторів (чинників) і задовільно узгадують результати проведених досліджень.

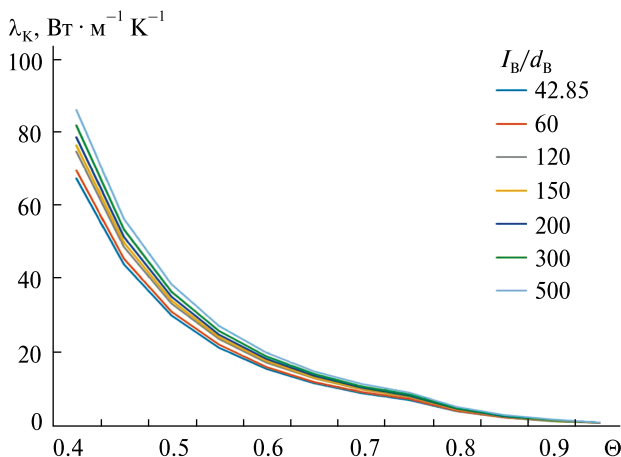


Рис. 4. Вплив пористості  $\Theta$  мідних пористих волокнистих матеріалів на їхню каркасну теплопровідність  $\lambda_k$

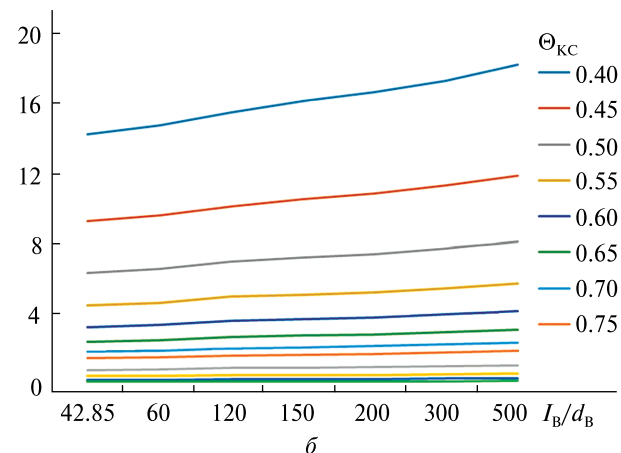
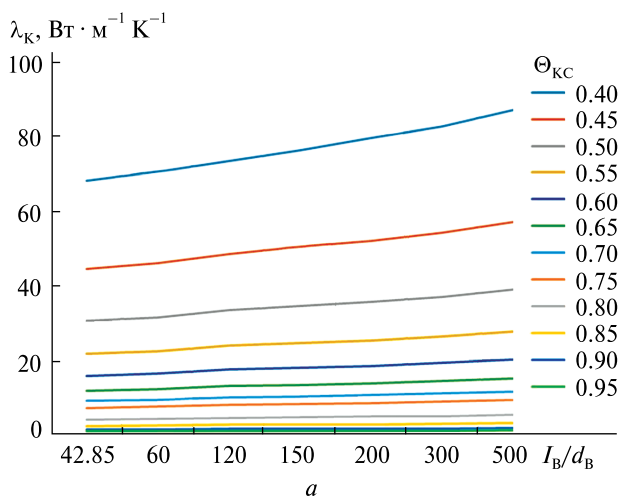


Рис. 5. Вплив розмірів  $l_b/d_b$  дискретних часток на каркасну теплопровідність  $\lambda_k$  мідних (а) та нікелевих (б) волокнистих матеріалів різної пористості  $\Theta_{kc}$

Формули мають такий вигляд:

1) для МВМ з пористістю  $\Theta = 40 \dots 75 \%$ :

$$\lambda_k = 0.0045 \cdot \Theta^{-1.6} \cdot \lambda_{мет}^{-2} \cdot (l/d)^{0.1}, \quad (1)$$

2) для МВМ с пористістю  $\Theta = 75 \dots 90 \%$ :

$$\lambda_k = 0.001 \cdot \Theta^{-7} \cdot \lambda_{мет}^{-2} \cdot (l/d)^{0.1}. \quad (2)$$

Числові значення величин у формулах (1) і (2) є безрозмірними.

Результати розрахунків теплопровідності  $\lambda_k$ , виконаних для вищевказаних діапазонів пористості МВМ і співвідношень  $l_b/d_b = 43 \dots 200$  з використанням формул (1), (2), представлено на рис. 4 і 5. Вони задовільно кореспондуються з відомими у технічній літературі даними. Отримані розрахункові і експериментальні дані підтвердили той факт, що вплив розмірів волокон на теплопровідність  $\lambda_k$  є істотним лише для високотеплопровідних (зокрема мідних) МВМ, причому у діапазоні середніх значень пористості ( $\Theta = 40 \dots 60 \%$ ). Для низькотеплопровідних пористих структур (виготовлених, зокрема, з корозійностійких сталей) вплив як пористості, так і розмірів складових частинок-фракцій МВМ на їхню каркасну теплопровідність  $\lambda_k$  є відносно незначним.

Експериментальні дані та виконані розрахунки свідчать про те, що пористість МВМ, розміри часток-фракцій і співвідношення розмірів волоконця («довжина / діаметр») певним чином впливають на теплопровідність волокнистих матеріалів. При збільшенні довжини волоконця і зменшенні їхніх діаметрів теплопровідність волокнистих матеріалів  $\lambda_k$  зростає, тому що відносні розміри «плям» контактів у місцях зіткнень волоконця і кількість таких контактів збільшуються. Каркасна теплопровідність  $\lambda_k$  залежить також і від теплофізичних властивостей вихідних волокон. У матеріалах, спечених з мідних волокон, коефіцієнти їхньої каркасної теплопровідності  $\lambda_k$  мають учетверо більші значення, ніж матеріали, виготовлені з нікелю (при однакових структурних характеристиках). Вплив пористості  $\Theta$  МВМ на  $\lambda_k$  проявляється більшою мірою для волокнистих матеріалів із середньою пористістю ( $\Theta = 40 \dots 75 \%$ ) і меншою мірою — для високопористих структур ( $\Theta = 75 \dots 93 \%$ ). Для малотеплопровідних сталевих структур вищевказаний вплив також зафіксовано, однак

значення показників ступеня такого впливу менші, ніж для високотеплопровідних МВМ.

Здійснені в роботі експерименти можна було виконувати із застосуванням серійного приладу (типу ІТ-І-400), призначеного для вимірювань значень теплопровідності різних технічних матеріалів. Проте такий прилад: 1) не забезпечує необхідної точності вимірювань значень теплопровідності різних пористих матеріалів; 2) цей прилад не дозволяє (з необхідною точністю) вимірювати значення теплопровідності металевих пористих матеріалів у різних температурних діапазонах (зазначених вище). Останній факт є важливим фізико-технічним чинником. Необхідно зазначити, що конструкцію експериментальної установки ІПМ НАН України було узгоджено з провідними науковцями-спеціалістами у галузі теплофізичних вимірювань, які працюють в Інституті технічної теплофізики НАН України (завідувач відділу — проф. Декуша Леонід Васильович), а унікальні дровоті давачі теплових потоків було виготовлено у лабораторіях ІТТФ.

Авторами підготовлено патент на представлення в даній роботі установку.

## ВИСНОВКИ

Експериментальними методами досліджено вплив структурних (пористості) і геометричних (довжина, діаметр і співвідношення «довжина / діаметр») параметрів і характеристик волокон металоволокнистих пористих матеріалів на їхню теплопровідність.

Запропоновані у роботі залежності (1), (2) можуть бути рекомендовані для інженерних розрахунків значень теплопровідності металевих волокнистих матеріалів, необхідних при розробках і конструюванні ефективних теплопередавальних пристроїв, що функціонують у режимах двофазного теплообміну. За нашими оцінками, похибки розрахунків величин каркасної теплопровідності металоволокнистих пористих матеріалів з використанням формул (1), (2) не перевищують 12 %.

## ЛІТЕРАТУРА

1. Вишенский С. А., Каштан В. С., Коновал В. П., Луцик Р. В., Недужий Н. А., Цатурянц А. Б. *Характеристики капиллярно-пористых материалов*. К.: Вища школа, 1988. 168 с.
2. Воронин В. Г., Ревякин А. В., Сасин В. Я., Тарасов В. С. *Низкотемпературные тепловые трубы для летательных аппаратов*. М.: Машиностроение, 1976. 200 с.
3. Дульнев Г. Н., Заричняк Ю. П. *Теплопроводность смесей и композиционных материалов*. Л.: Энергия, 1974. 264 с.
4. Ивановский М. Н., Сорокин В. П., Ягодкин И. В. *Физические основы тепловых труб*. М.: Атомиздат, 1978. 256 с.
5. Косторнов А. Г. Волокнистые материалы. *Энциклопедия неорганических материалов*: в 2-х т. Киев: Гл. ред-ция Укр. сов. энциклопедии, 1977. Т. 1. С. 204—205.
6. Косторнов А. Г. *Проницаемые металлические волокновые материалы*. Киев: Техника, 1983. 128 с.
7. Косторнов А. Г. *Материаловедение дисперсных и пористых металлов и сплавов*. Киев: Наук. думка, 2003. Т. 2. 550 с.
8. Косторнов А. Г., Галстян Л. Г. Теплофизические свойства пористых волокновых материалов. *Порошковая металлургия*. 1984. № 3. С. 88—92.
9. Оделевский В. И. Расчёт обобщённой проводимости гетерогенных систем. *Журн. техн. физ.* 1951. **21**, вып. 6. С. 667—685.
10. Скороход В. В. Некоторые физические свойства высокопористых тел. *Порошковая металлургия*. 1967. № 6. С. 33—38.
11. *Справочник по теплообменникам*: в 2-х т. Пер. с англ. под ред. О. Г. Мартыненко. А. А. Михалевича, В. К. Шикова. М.: Энергоатомиздат, 1987. Т. 2. 352 с.
12. Shapoval A. A., Panov Y. M., Shapoval I. V., Ditkivska O. S. *Porous coatings and structures for the intensification of boiling processes on metallic heat-stressed surfaces*. Ukr. Conf. with Int. Participation «Shemistry, Physics and Technology of Surface» and Workshop «Metal-Based Biocompatible Nanoparticles: Synthesis and Applications». Book of abstracts. Kiev, 2019. P. 166.
13. Singh B. S., Dybbs A., Lyman F. A. Experimental study of the effective thermal conductivity of liquid saturated sintered fibre metal wicks. *Int. J. Heat and Mass Transfer*. 1973. P. 145—155.

Стаття надійшла до редакції 28.04.2020; після доопрацювання 15.12.2020

## REFERENCES

1. Vishenskiy S. A., Kashtan V. S., Konoval V. P., Lutsik R. V., Neduzhiy N. A., Tsaturyants A. B. (1988). *Characteristics of capillary-porous materials*. Kyiv: High school, 168 p. [in Russian].
2. Voronin V. G., Revyakin A. V., Sasin V. J., Tarasov V. S. (1976). *Low temperature heat pipes for aircraft*. Moscow: Engineering, 200 p. [in Russian].
3. Dulnev G. N., Zarichnyak Y. P. (1974). *Thermal conductivity of mixtures and composite materials*. Leningrad: Energy, 264 p. [in Russian].
4. Ivanovskiy M. N., Sorokin V. P., Yagodkin I. V. (1978). *The physical basis of heat pipes*. Moscow: Atomizdat, 256 p. [in Russian].
5. Kostornov A. G. (1977). Fibrous materials. *Encyclopedia of Inorganic Materials* in 2 vol. Kyiv: The main edition of the Ukrainian Soviet Encyclopedia, Vol. 1, 204—205 [in Russian].
6. Kostornov A. G. (1983). *Permeable metallic fiber materials*. Kyiv: Technique, 128 p. [in Russian].
7. Kostornov A. G. (2003). *Material science of dispersed and porous metals and alloys*. Kyiv: Scientific thought, Vol. 2, 550 p. [in Russian].
8. Kostornov A. G., Galstyan L. G. (1984). Thermophysical properties of porous fiber materials. *Powder Metallurgy*, № 3, 88—92. [in Russian].
9. Odelevskiy V. I. (1951). Calculation of the generalized conductivity of heterogeneous systems. *J. Techn. Phys.*, **21**(6), 667—685 [in Russian].
10. Skorokhod V. V. (1967). Some physical properties of highly porous bodies. *Powder Metallurgy*, № 6, 33—38 [in Russian].
11. Martynenko O. G., Mikhalevich A. A., Shikov V. K. (Eds). (1987). *Handbook of Heat Exchangers* in 2 vol. Moscow: Energoatomizdat, Vol. 2, 352 p. [in Russian].
12. Shapoval A. A., Panov Y. M., Shapoval I. V., Ditkivska O. S.. (2019). Porous coatings and structures for the intensification of boiling processes on metallic heat-stressed surfaces. Ukr. Conf. with Int. Participation «Chemistry, Physics and Technology of Surface» and Workshop «Metal-Based Biocompatible Nanoparticles: Synthesis and Applications», Ukraine, Kyiv, May 15—17. Book of abstracts. p. 166.
13. Singh B. S., Dybbs A., Lyman F. A. (1973). Experimental study of the effective thermal conductivity of liquid saturated sintered fibre metal wicks. *Int. J. Heat and Mass Transfer*, № 16, 145—155.

Received 28.04.2020

Revised 15.12.2020

A. G. Kostornov, Chief Researcher, Dr. Sci. in Tech.

A. A. Shapoval, Senior Researcher, Ph. D. in Tech.

E-mail: ash48@ukr.net

I. V. Shapoval, Researcher

I. M. Frantsevich Institute for Materials Science of the National Academy of Sciences of Ukraine

3 Krzhizhanovsky Str., Kyiv, 03142 Ukraine

## SKELETAL HEAT CONDUCTIVITY OF POROUS METAL FIBER MATERIALS

The influence of a number of physical characteristics and parameters of metallic fiber materials on their thermal conductivity is studied in this work. Such porous materials are intended, among other things, for their effective use in two-phase heat transfer devices (heat pipes). The use of heat pipes in aircraft and space vehicles provides a number of thermophysical advantages. In particular, heat pipes significantly expand the possibilities of air cooling of heat-loaded technical devices.

The thermal conductivity of capillary-porous materials-structures, which are important elements of heat pipes, significantly affects the intensity of two-phase heat transfer inside heat pipes. Frame thermal conductivity is equivalent to the thermal conductivity of materials that are conditionally continuous medium. Studies of the influence of structural characteristics of porous materials, such as porosity and parameters (dimensions) of discrete particles-fibers (fractions of the studied materials), were performed using special experimental equipment created at the I.M. Frantsevich Institute for Problems of Materials Science of the National Academy of Sciences of Ukraine (Kyiv). Porous metal structures (coatings) made of copper, nickel, and steel fibers (MPM) were investigated under conditions similar to those for space heat pipes. The porosity values of the prototypes of materials were in the range of 40 to 93 %.

The research results showed that the following physical characteristics of capillary structures, such as values of thermal conductivity of metallic materials (fiber fractions), the porosity of capillary-porous metal materials (structures), significantly affect the value of thermal conductivity of porous materials.

The dimensions of discrete particles-fibers also affect in a certain way the value of the MBM thermal conductivity but to a lesser degree.

The results obtained in this work are summarized in the form of empirical dependencies — formulas, providing engineering calculations of the thermal conductivity values of metal fiber materials. The research results are intended for practical application in aviation and spacecraft apparatus engineering. In particular, the presented results are necessary for the development and creation of effective heat pipes with metal fiber capillary structures.

**Keywords:** metal fiber materials, frame thermal conductivity, fiber dimensions, characteristics and geometric parameters of fibers, length, diameter.