

УДК 66.067

ГІДРАВЛІЧНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ ПОРИСТИХ ПОЛІМЕРНИХ МАТЕРІАЛІВ ПРИ ЗМІНЕНИХ УМОВАХ ФІЛЬТРАЦІЇ ГАЗУ

О. Б. КАЛЮЖНИЙ к.т.н., доц., **І. І. БРИК** магістрант
Державний біотехнологічний університет Україна, м. Харків
В. Я. ПЛАТКОВ д.ф.-м.н., проф.
*Східноукраїнський національний університет
імені Володимира Даля Україна, м. Київ*
E-mail: albokal@ukr.net, vplatkov@gmail.com

Фільтраційні властивості високопористих матеріалів визначаються їхнім гідравлічним опором, який, у свою чергу, залежить від гідравлічного режиму течії фільтруемого середовища, її параметрів (в'язкість, густина) та характеристик порової структури (пористість, середній діаметр пор, коефіцієнт звивистості порових каналів, шорсткість поверхні пор).

Для узагальнення гідравлічних характеристик пористих полімерних матеріалів використовують в'язкісний α та інерційний β коефіцієнти пористого середовища, а також критеріальні залежності коефіцієнта гідравлічного опору ξ_d від числа Рейнольдса Re_d [1]. Ці узагальнені характеристики зазвичай отримують на основі експериментальних даних, отриманих під час продувки газу через пористий матеріал за умов фільтрації, наближених до нормальних ($T = 293$ К; $P = 10^5$ Па).

Можливість екстраполяції отриманих гідравлічних характеристик на інші умови експлуатації фільтрів має бути перевірена експериментально, оскільки значні відхилення температури та тиску фільтруемого середовища від нормальних умов можуть призводити до змін втрат тиску не лише внаслідок зміни в'язкості та густини середовища, а й унаслідок змін структурних характеристик пористого матеріалу.

Для теоретичної оцінки впливу температури на гідравлічний опір пористого середовища розглянемо ідеальне пористе середовище з порами

діаметром d_n та довжиною l , припускаючи ламінарний характер течії газу в порах.

Для такого середовища, згідно з законом Гагена-Пуазейля, перепад тиску ΔP при ламінарному режимі течії газів у порах визначається формулою [2]:

$$\Delta P = \frac{32\mu V_n l}{d_n^2} \quad (1)$$

де V_n - швидкість газу в порах, м/с;

μ - коефіцієнт динамічної в'язкості газу, Н·с/м².

З рівняння (1) випливає, що зміна втрат на тертя при ламінарному режимі течії і постійної швидкості газу в порах визначається зміною в'язкості газу, що фільтрується, і зміною геометричних розмірів пор.

Розглянемо послідовно відносну зміну втрат на тертя від зміни в'язкості $\bar{\Delta P}_\mu$ та геометричних розмірів пор $\bar{\Delta P}_{l,d}$, вважаючи, що температура газу, що фільтрується, змінюється від 293К до 353К. Тоді:

$$\bar{\Delta P}_\mu = \frac{(\Delta P_\mu)_{353}}{(\Delta P_\mu)_{293}} = \frac{\mu_{353}}{\mu_{293}} = \frac{2082}{1816} = 1,146 \quad (2)$$

$$\bar{\Delta P}_{l,d} = \frac{(\Delta P_{l,d})_{353}}{(\Delta P_{l,d})_{293}} = \frac{d_{n293}^2 l_{353}}{d_{n353}^2 l_{293}} = \frac{d_n^2 l (1 + \alpha T)}{d_n^2 l (1 + \alpha T)^2} = \frac{1}{1 + \alpha T} = 0,990 \quad (3)$$

Результат (3) отримано з урахуванням того, що коефіцієнт лінійного розширення α полімерних фільтруючих матеріалів у діапазоні температур від 293К до 353К ($\Delta T=60$ К) становить $12 \cdot 10^{-5}$ град⁻¹.

Результати розрахунків показують, що втрати на тертя, пов'язані зі зміною в'язкості, збільшуються на 14,6%, тоді як втрати через збільшення геометричних розмірів ідеальної пори зменшуються лише на 1%.

Експериментальне дослідження гідравлічних характеристик полімерних фільтруючих матеріалів за параметрами повітря, що фільтрується, відмінних від нормальних, було проведено на установці, що дозволяє змінювати термодинамічні параметри повітря, що фільтрується, ($T = 295$ К - 353К; $P = 0,1$ -10 МПа).

Результати експериментів, оброблені у критеріальній формі (рис. 1), свідчать, що гідравлічний опір пористих полімерних матеріалів із різною тонкістю фільтрації при фільтруванні повітря в ізотермічних умовах, у разі зміни температури від 293К до 353К і зміни тиску від 0,1 МПа до 10 МПа, можна розраховувати за критеріальними залежностями, отриманими під час продувок повітря за нормальних умов.

Таким чином, результати теоретичних і експериментальних досліджень показують, що гідравлічний опір полімерних фільтруючих матеріалів при зміні термодинамічних параметрів повітря, що фільтрується, практично змінюється лише за рахунок зміни в'язкості та густини повітря. При цьому, для врахування

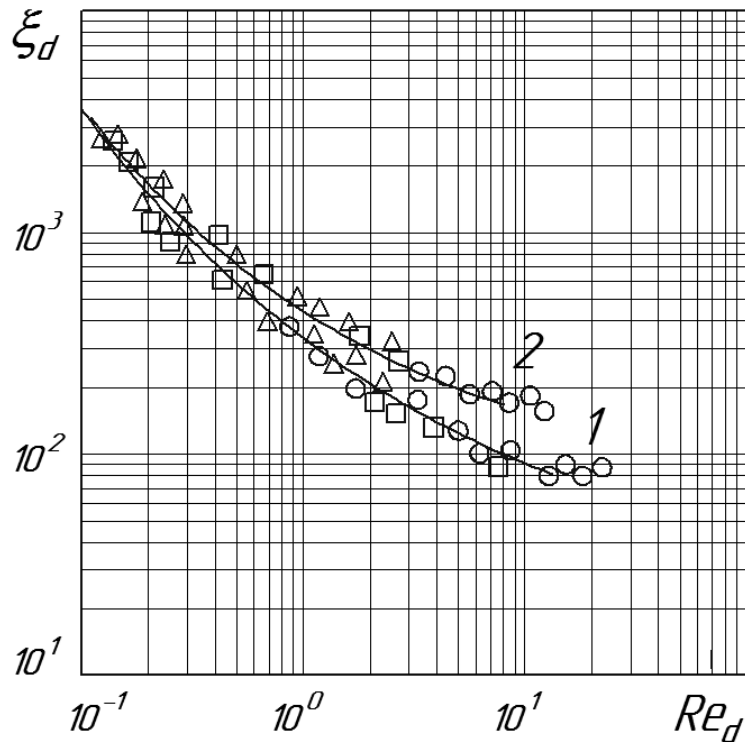


Рис. 1. Залежність коефіцієнта гідравлічного опору ξ_d зразків полімерних фільтруючих матеріалів від числа Рейнольдса за нормальних умов (криві) і за різних термодинамічних параметрів повітря, що фільтрується (точки). Тип зразків: 1 – 1 мкм; 2 - 0,5 мкм.

Термодинамічні параметри повітря, що фільтрується: \circ – $P_1 = 10$ МПа; $T_1 = 295$ К; \square – $P_2 = 0,1$ МПа; $T_2 = 353$ К; Δ – $P_2 = 0,1$ МПа; $T_3 = 323$ К.

зміни гідравлічного опору полімерних фільтруючих матеріалів, спричиненої відхиленням температури й тиску від нормальних значень, у критеріальних залежностях, отриманих за нормальних умов, достатньо знати в'язкість і густину газу за середньою температурою та середнім тиском газу в порах.

Список використаних джерел

1. Kalyuzhny A.B., Karpova T.L., Kalyuzhny B.G., Platkov V.Ya. Structure and functional properties of high-porosity material based on Fluoroplast-4. *Functional Materials*, 6 (2), 1999, pp. 25-30.
2. Fiorillo F., Esposito L., Leone G., Pagnozzi M. The relationship between the Darcy and Poiseuille laws. *Water*, 14(2), 2022, pp.179-187
<https://doi.org/10.3390/w14020179>

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ І
ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ
ІНСТИТУТ МЕХАНІКИ ТА АВТОМАТИКИ АПВ НААН
ДЕРЖАВНИЙ БІОТЕХНОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**



***ЗБІРНИК
ТЕЗ ДОПОВІДЕЙ***

***XII Міжнародної науково-технічної конференції з нагоди
118-ї річниці від дня народження
доктора технічних наук, професора,
віцепрезидента УАСГН
КРАМАРОВА
Володимира Савовича
(1906-1987)***

«КРАМАРОВСЬКІ ЧИТАННЯ»

***20-21 лютого 2025 року
м. Київ***

MINISTRY OF EDUCATION AND SCIENCE OF UKRAINE
NATIONAL UNIVERSITY OF LIFE AND ENVIRONMENTAL
SCIENCES OF UKRAINE
INSTITUTE OF MECHANICS AND AUTOMATICS OF
AGROINDUSTRIAL PRODUCTION OF THE NATIONAL
ACADEMY OF AGRARIAN SCIENCES OF UKRAINE STATE
BIOTECHNOLOGICAL UNIVERSITY



PROCEEDINGS

*XII International Scientific and Technical Conference dedicated
to the 118th anniversary of the birth of
Doctor of Technical Sciences, Professor,
Vice President of the UAAS
KRAMAROV
Volodymyr Savovych
(1906-1987)*

«KRAMAROV'S READINGS»

*February 20-21, 2025
Kyiv*

УДК 631.17+62-52-631.3

Збірник тез доповідей XII Міжнародної науково-технічної конференції «Крамаровські читання» з нагоди 118-ї річниці від дня народження доктора технічних наук, професора, віцепрезидента УАСГН Крамарова Володимира Савовича (1906-1987) 20-21 лют. 2025 р., м. Київ / МОН України, Національний університет біоресурсів і природокористування України. К.: Видавничий центр НУБіП України, 2025. 662 с.

Proceedings of the XII International Scientific and Technical Conference dedicated to the 118th anniversary of the birth of Doctor of Technical Sciences, Professor, Vice President of the UAAS Kramarov Volodymyr Savovych (1906–1987), February 20–21, 2025, Kyiv / MES of Ukraine, National University of Life And Environmental Sciences of Ukraine. Kyiv: Publishing center of NULES of Ukraine, 2025. 662 p.

В збірнику представлені тези доповідей науково-педагогічних працівників, наукових співробітників, аспірантів та студентів НУБіП України, провідних вітчизняних і закордонних вищих навчальних закладів та наукових установ, в яких розглядаються завершені етапи розробок.

The Proceedings presents abstracts of reports of scientific and pedagogical workers, research staff, graduate students and students of the NULES of Ukraine, leading domestic and foreign higher educational institutions and scientific institutions, in which completed stages of development are considered.