

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 ($\Delta T=60K$) 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, ($T = 295K - 353K$; $P = 0,1 - 10$ 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

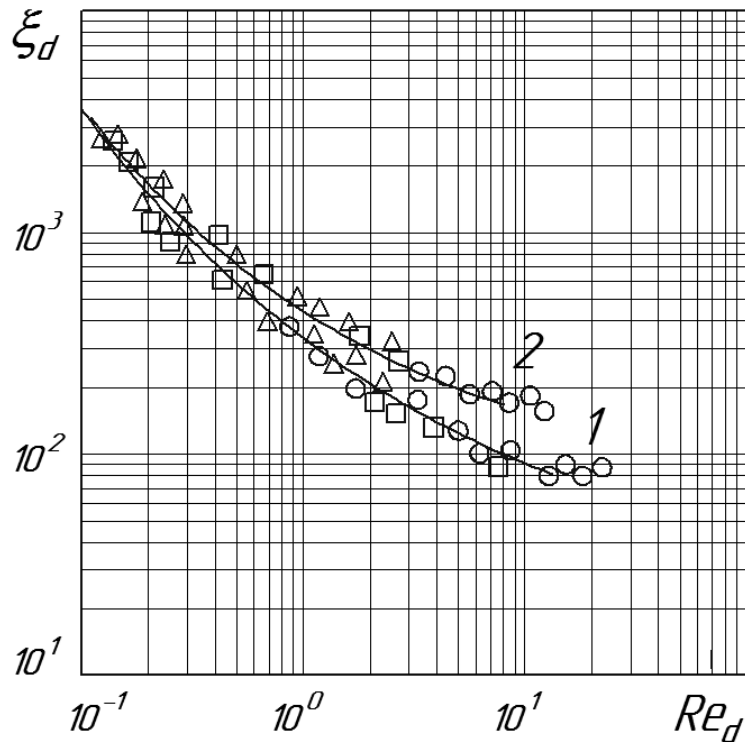


Рис. 1. Залежність коефіцієнта гідравлічного опору ξ_d зразків полімерних фільтруючих матеріалів від числа Рейнольдса за нормальних умов (криві) і за різних термодинамічних параметрів повітря, що фільтрується (точки). Тип зразків: 1 – 1 мкм; 2 - 0,5 мкм.

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.

Proceeding 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.

ОРГАНІЗАЦІЙНИЙ КОМІТЕТ:

- Ткачук В. А.** – ректор НУБіП України, голова організаційного комітету;
Тонха О. Л. – проректор з наукової роботи та інноваційної діяльності НУБіП України, заступник голови організаційного комітету;
Ружило З. В. – декан факультету конструювання та дизайну НУБіП України, заступник голови організаційного комітету;
Мельник В. І. – доцент кафедри надійності техніки НУБіП України, секретар організаційного комітету;
- Члени організаційного комітету:**
Автухов А. К. – завідувач кафедри сервісної інженерії та технології матеріалів в машинобудуванні імені О. І. Сідашенка ДБУ;
Адамчук В. В. – директор «ІМА АПВ НААН», академік НААН;
Альмейда А. – професор Політехнічного університету Браганси (Португальська Республіка);
Аулін В. В. – професор кафедри експлуатації та ремонту машин ЦНТУ;
Арак М. – директор Тартуського технічного коледжу м. Тарту (Естонська Республіка);
Банний О. О. – заступник декана факультету конструювання та дизайну НУБіП України;
Бєлоєв Х. – радник ректора Університету «Ангел Кънчев» в м. Русе, академік Болгарської АН (Республіка Болгарія);
Борак К. В. – заступник директора ЖАТФК;
Братішко В. В. – декан МТФ НУБіП України;
Будяй О. В. – директор ТОВ «Манн+Хуммель Фільтрейшн Текнолоджі Україна»;
Булгаков В. М. – завідувач кафедри механіки НУБіП України, академік НААН;
Василенко М. О. – завідувач відділу «ІМА АПВ НААН»;
Васильковський О. М. – завідувач кафедри сільсько-господарського машинобудування ЦНТУ;
Войтюк Д. Г. – професор кафедри сільськогосподарських машин та системотехніки ім. акад. П.М. Василенка НУБіП України, член-кореспондент НААН;
Герук С. М. – завідувач кафедри агроінженерії ЖАТФК;
Джеонг Ілля – Голова представництва в Україні «HYUNDAI XITESOLUTION» (Республіка Корея);
Домейка Р. – декан відділення Агроінженірингу, Університету Вітаутаса Великого (Литовська Республіка);
Захарчук О. В. – завідувач відділу ННЦ «ІАЕ», член-кореспондент НААН;
Іванишин В. В. – ректор ЗВО «Подільський ДУ», академік НААН;
Ковалишин С. Й. – декан факультету механіки, енергетики та інформаційних технологій ЛНУП;
Коренко М. – професор Інституту проєктування та інженерних технологій Словацького аграрного університету в м. Нітра (Словацька Республіка);

- Кувачов В. П.** – декан МТФ ТДАТУ імені Дмитра Моторного;
- Кульгавий В. Ф.** – генеральний директор ВГО «Українська асоціація аграрних інженерів»;
- Кюрчев С. В.** – ректор ТДАТУ імені Дмитра Моторного;
- Литовченко О. В.** – директор ВСП «Ніжинський ФК НУБіП України»;
- Ловейкін В. С.** – завідувач кафедри конструювання машин і обладнання НУБіП України;
- Лопатько К. Г.** – завідувач кафедри технології конструкційних матеріалів і матеріалознавства НУБіП України;
- Лукач В. С.** – директор ВП «Ніжинський агротехнічний інститут» НУБіП України;
- Мельник В. І.** – провідний науковий співробітник відділу науково-технічної інформації НДЧ НУБіП України;
- Мельник В. І.** – професор кафедри оптимізації технологічних систем в рослинництві ДБУ;
- Надикто В. Т.** – професор ТДАТУ імені Дмитра Моторного, член-кореспондент НААН;
- Науменко О. А.** – професор кафедри сервісної інженерії та технології матеріалів в машинобудуванні імені О. І. Сідашенка ДБУ;
- Новак Я.** – професор Університету природничих наук у Любліні (Республіка Польща);
- Новицький А. В.** – завідувач кафедри надійності техніки НУБіП України;
- Ольт Ю.** – професор Інженерного інституту Естонського університету наук про життя (Естонська Республіка);
- Паскуці С.** – професор Департаменту агроекологічних і територіальних наук (DISAAT) університету Альдо Моро в м. Барі (Італійська Республіка);
- Пилипака С. Ф.** – завідувач кафедри нарисної геометрії, комп'ютерної графіки та дизайну НУБіП України;
- Полянський П. М.** – завідувач кафедри загальнотехнічних дисциплін МНАУ;
- Пона Лукреція** – науковий дослідник Національного інституту досліджень і розробок машин і установок для сільського господарства та харчової промисловості (Румунія);
- Продеус О. В.** – керівник відділу збуту Манн+Хуммель GmbH;
- Роговський І. Л.** – завідувач кафедри технічного сервісу та інженерного менеджменту імені М. П. Момотенка НУБіП України;
- Ромасевич Ю. О.** – заступник декана факультету конструювання та дизайну НУБіП України;
- Ревенко Ю. І.** – доцент кафедри надійності техніки НУБіП України;
- Русінс А.** – директор Улброкського наукового центру Латвійського університету природничих наук і технологій (Латвійська Республіка);
- Саченко В. І.** – Голова Ради Асоціації «Укрмашибуд»;
- Савченко В. М.** – доцент кафедри агроінженерії та технічного сервісу ПНУ;
- Сайчук О. В.** – директор ХДФПК імені В. І. Вернадського;
- Сиволапов О. В.** – директор ТОВ «Індустрія техногруп»;

Тін Ю Чен - голова китайського офісу філії університету в Лінї (Китайська Народна Республіка);

Фіндура П. – проректор Словацького аграрного університету в м. Нітра (Словацька Республіка).

Шарибура А. О. – завідувач кафедри агроінженерії та технічного сервісу ім. О. Семковича ЛНУП;

Яковенко І. А. – завідувач кафедри будівництва НУБіП України.