

Б.І. Щербатюк, С.С. Жуковський, Ю.Я. Баковський
Національний університет “Львівська політехніка”,
кафедра теплогазопостачання та вентиляції

ДОСЛІДЖЕННЯ ПОВІТРОПРОНИКНОСТІ ФІЛЬТРУВАЛЬНИХ МАТЕРІАЛІВ

© Щербатюк Б.І., Жуковський С.С., Баковський Ю.Я., 2007

Наведено результати експериментальних досліджень повітропроникності, які можуть бути використані в конструктивних розрахунках ламінарних повітророзподільвачів.

This article covers the results of experiments of air penetration, which can be used in constructural calculations of laminar supply air distributors.

Постановка проблеми. Основними чинниками, які формують мікроклімат приміщень громадських і промислових будинків, є температура, відносна вологість, рухливість і чистота повітря зони обслуговування (ЗО). Ці чинники регламентуються відповідними документами і здебільшого вихід за межі допускних значень є небажаним [1, 2]. Для забезпечення показників мікроклімату у певних співвідношеннях влаштовують вентиляцію приміщень. Ефективність вентиляції і її економічність переважно залежать від схеми організації повітрообмінів (СОП). Однією із найкращих СОП є схема повного випирального перетікання повітря “знизу-вверх”, тобто притікальне повітря розподіляється безпосередньо в ЗО чи робочу зону (РЗ), а відпрацьоване і забруднене витікає із верхньої зони приміщення назовні. Однак для застосування цієї схеми перетікання повітря потрібні ефективні повітророзподільники ламінарного або низькотурбулентного типу з початковою швидкістю притікального повітря не більше 0,5...0,6 м/с [3].

Аналіз останніх досліджень. В останні десятиліття минулого сторіччя за кордоном і в Україні виконувались роботи з розроблення конструкцій таких повітророзподільників. Так, в Швеції і Фінляндії розроблені та застосовуються для вентиляції приміщень різного призначення повітророзподільники циліндричної і напівциліндричної форми різних типорозмірів [4, 5]. Проводились роботи щодо цього спрямування і в Росії [6]. В Україні на кафедрі ТГВ НУ “Львівська політехніка” на основі пошуків та лабораторних досліджень здійснені розробки ламінарних повітророзподільників, які захищені авторськими свідоцтвами на винахід [7, 8], патентом України [9]. Виготовлено промисловий взірець повітророзподільника і проведені його лабораторні випробування [10]. Повітророзподільник – циліндричної форми з перфорованим корпусом, висотою, яка дорівнює висоті ЗО (РЗ) приміщення. В середині корпусу розміщений фільтрувальний матеріал з відповідним опором повітропроникності. Повітря перетікає через лицьову поверхню фільтрувального матеріалу. Наскрізна його фільтрація через матеріал відбувається внаслідок перепаду тисків по обидва його боки.

Мета роботи – для виконання розрахунків ламінарних повітророзподільників необхідно знати опір повітропроникності фільтрувальних матеріалів [10, 11]. В технічних характеристиках матеріалів, які випускаються як вітчизняними, так і зарубіжними підприємствами, опір повітропроникності не вказаний. Тому виникла необхідність провести лабораторні дослідження матеріалів, які є найбільш придатними для застосування в повітророзподільниках цього типу.

Результати досліджень. Відомий метод досліджень повітропроникності будівельних матеріалів, а відповідно і фільтрувальних тканин ґрунтується на тому, що штучно створюють перепад тисків (розрідження) на дослідному зрізці матеріалу. Внаслідок перепаду тисків через матеріал фільтрується повітря, кількість якого заміряється спеціальним пристроєм або лічильником [12].

Враховуючи вищесказане, створено експериментальний стенд для дослідження повітропроникності фільтрувальних тканин, схему якого зображено на рис.1.

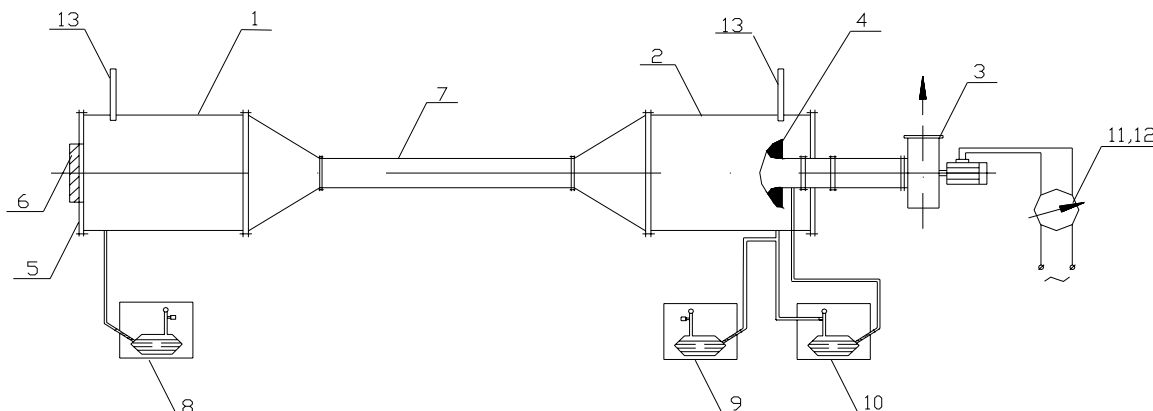


Рис. 1. Схема експериментального стенда для досліджень повітропроникності фільтрувальних матеріалів

В стенді передбачені дві камери статичного тиску 1, 2, що з'єднані між собою повітропроводом 7, відцентровий вентилятор 3 з електродвигуном постійного струму, витратовимірний колектор 4, автотрансформатор 11, випрямляч змінного струму 12 і спиртові мікроманометри 8,9,10 типу ММН-240. В торцевій частині камери 1 передбачено з'ємну стінку 6 з віконцем 100x100 мм, у яке вставляється зрізець (модель) досліджуваної тканини. В камеру тиску 2 вмонтовано витратовимірний колектор 4 з діаметром проходу 50 мм. Профільований за лемніскастою колектор виготовлений з великою точністю оброблення поверхонь, внаслідок чого його коефіцієнт витрати наближається до одиниці. Наявність камери статичного тиску 2 дає змогу повітряному потоку плавно підтікати до робочої частини колектора без турбулізації і завихрень.

Зміна витрати повітря через колектор 4 і відповідно через дослідний зрізець фільтрувального матеріалу досягається зміною кількості обертів вентилятора 3. Величина статичного тиску в камері 1 замірювалась мікроманометром 8, температура – спиртовим термометром 13, а статичні тиски в камері 2 і в колекторі 4 відповідно мікроманометрами 9 і 10.

Для експериментальних досліджень на повітропроникність вибрано десять різних зрізців тканин і нетканих матеріалів вітчизняного виробництва, переважно для технічного призначення.

Серед них мішквина обгорткова, повсть, нетканий фільтрувальний матеріал, склотканина тощо (таблиця).

Витрата повітря через зрізці матеріалів і відповідно через колектор L_k визначалась за формулою

$$L_k = 3600 \alpha_k F_k \sqrt{\frac{2g}{\rho} (\Delta l_k K_k) \Delta_{atm}} \text{ м}^3/\text{год}, \quad (1)$$

де α_k – розрахунковий коефіцієнт витрати колектора ($\alpha_k = 0,98$); F_k – площа поперечного перерізу колектора ($F_k = 0.001963 \text{ м}^2$); g – прискорення сили земного тяжіння ($g = 9,81 \text{ м/с}^2$); ρ – густина повітря за температури внутрішнього середовища і барометричного тиску, кг/м^3 ; Δl_k – відлік за мікроманометром колектора; K_k – коефіцієнт мікроманометра колектора, кгс/м^2 ; Δ_{atm} – поправка на атмосферний тиск.

Поправка на атмосферний тиск Δ_{atm} визначалась за формулою

$$\Delta_{atm} = \frac{101325(273 + t_g)}{293P_{atm}}, \quad (2)$$

де t_e – температура повітря в камері тиску, °С; $P_{атм}$ – величина барометричного тиску в часі проведення експерименту, Па;

Кожний взірець фільтрувального матеріалу досліджувався за шести різних витрат повітря L_k .

За результатами проведених експериментальних досліджень побудовані графічні залежності витрат повітря через дослідні взірці матеріалів залежно від перепаду тисків (рис. 2).

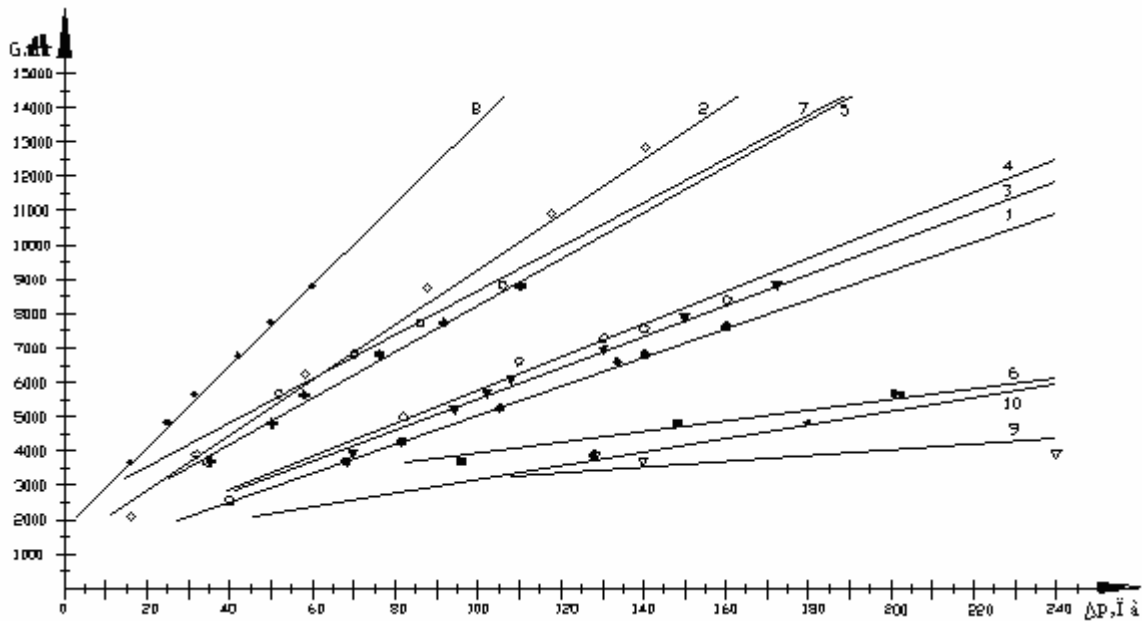


Рис. 2. Залежності витрати фільтраційного повітря від перепаду тисків на дослідних взірцях:
 1 – полотнопрошивна обтиральна тканина; 2 – тканина ФРНК-ПП; 3 – тканина „Юність”; 4 – нетканый фільтрувальний матеріал; 5 – повсть марки А-5; 6 – обгорткова склотканина для гарячих поверхонь;
 7 – обгорткова мішковина; 8 – нетканый обгортковий матеріал, 9 – поролон;
 10 – технічна тканина із сирцю бавовни

Аналіз цих графіків показує, що залежність витрати повітря від перепаду тисків є лінійною і що фільтрація повітря через ткани і неткані матеріали загалом описується законом Ланга [12], згідно з яким

$$G = \frac{i}{\delta} \Delta p F, \text{ кг/год} \quad (3)$$

або

$$G = \frac{\Delta p F}{R_i}, \text{ кг/год}, \quad (4)$$

де i – коефіцієнт пропорційності, який для різних матеріалів є різним і має назву коефіцієнта повітропроникності (фільтрації), кг/(м·год·Па); Δp – перепад тиску на дослідному взірці, Па; F – площа дослідного взірця, м²; R_i – опір повітропроникності (фільтрації) матеріалу, м²·год·Па/кг; δ – товщина дослідного взірця, м.

На основі цих вимірювань витрат повітря через взірці матеріалів за різних перепадів тисків величини опорів повітропроникності R_i знаходимо за формулою

$$R_i = \frac{\Delta p F}{L_k \rho}, \text{ м}^2 \cdot \text{год} \cdot \text{Па} / \text{кг}, \quad (5)$$

а величини коефіцієнтів повітропроникності визначаємо за такою формулою:

$$i = \frac{\delta i}{R_i}, \text{ кг/м} \cdot \text{год} \cdot \text{Па}. \quad (6)$$

Результати обрахунків заносимо в таблицю.

Характеристики повітропроникності матеріалів

№ вірця	Назва матеріалу	Товщина матеріалу, мм	Коефіцієнт повітропроникності матеріалу i , кг/(м·год·Па)	Опір повітропроникності матеріалу R_i , м ² ·год·Па/ кг
1	Тканина полотнопрошивна обтиральна	3,0	0,1515	0,0198
2	Тканина ФРНК-ПГ ТУ-17-1183-74	40	4,3200	0,0093
3	Тканина „Юність” арт.931512	2,0	0,1648	0,0182
4	Нетканий фільтрувальний матеріал	3,0	0,1754	0,0171
5	Повсть марки А-5 ТУ 17 РСФСР 17-3941-76	8,0	0,7339	0,0109
6	Склотканина обгорткова для гарячих поверхонь	0,2	0,0056	0,0358
7	Мішківина обгорткова	0,5	0,0537	0,0093
8	Матеріал нетканий обгортковий	0,2	0,0354	0,0056
9	Поролон	5,0	0,0828	0,0604
10	Технічна тканина із сирцю бавовни	0,8	0,0205	0,0390

Висновки. 1. Запроектований, виготовлений і апробований дослідженнями стенд дає змогу з достатньою точністю і з малими затратами часу проводити дослідження коефіцієнтів повітропроникності будь-яких тканих і нетканих матеріалів в широкому діапазоні перепадів тиску.

2. Проведені дослідження повітропроникності матеріалів виявили прямолінійну залежність витрати повітря через фільтрувальний матеріал від перепаду тисків на його поверхнях.

3. Отримані значення коефіцієнтів повітропроникності матеріалів необхідні для розрахунків і конструювання ламінарних повітророзподільників.

1. 1.005-76. Воздух рабочей зоны. Общие санитарно-гигиенические требования. – М., 1976. 2. СНиП 2.04.05-86. Отопление, вентиляция и кондиционирование. – М.: ЦИТП Госстроя СССР, 1987. 3. СН 245-71. Санитарные нормы проектирования промышленных предприятий. – М., 1972. 4. Воздухораспределительные устройства: Каталог. – К.: Комфорт-сервис, 2003. 5. Heating, Piping and Air Conditioning, 1977. V.49. – №3. – P.84–89. 6. Ананьев В.Д. и др. Системы вентиляции и кондиционирования. Теория и практика: Учеб. пособие.— М.: ”Евроклимат”, Изд-во “Арина”, 2000. 7. А.С.1564478. Устройство для подачи приточного воздуха / С.С. Жуковский, Б.И. Щербатюк. Открытия. Изобретения. – 1990. – №18. 8. А.С. 1753210. Устройство для подачи приточного воздуха / С.С. Жуковский, Б.И. Щербатюк, А.М. Довбуш. Открытия. Изобретения. – 1992. – №29. 9. Патент на винахід №12758. Україна. Пристрій для подачі припливного повітря / С.С. Жуковський, Б.І. Щербатюк, О.М. Довбуш. 10. Щербатюк Б.І., Жуковський С.С. Повітророздаючий пристрій для “затоплення” робочої зони приміщень // Вісник ДУ “Львівська політехніка” “Теплоенергетика, інженерія докiлля. Автоматизація”. – 1995. – №291. – С.68–71. 11. Кондрацкий Э.В. К вопросу воздухопроницаемости тканей // Известия ВУЗов “Технология текстильной промышленности”. – 1971. – №3. 12. Шкловер А.М. и др. Основы промышленной теплотехники жилых и общественных зданий. – М., 1956.