

**Н.М. Защепкіна, д.т.н., проф.  
А.А. Мелконян  
Р.Ю. Довгалюк  
С.О. Недобойко**

*Національний технічний університет України  
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»*

## УДОСКОНАЛЕННЯ МЕТОДУ ВИЗНАЧЕННЯ ПИЛОПРОНИКНОСТІ МАТЕРІАЛІВ

*У роботі розглянуто актуальну проблему визначення пилопроникності матеріалів, які використовуються для виробництва засобів індивідуального захисту.*

*Провівши аналіз методів та пристроїв визначення пилопроникності та пилоємності матеріалів, поставлено задачу щодо розробки вдосконаленого методу визначення пилопроникності матеріалів з високою точністю на основі застосування телевізійних засобів вимірювання. Цей метод являє собою сукупність оптичних і електронних засобів, за допомогою яких інформація про структуру, стан та властивості об'єкту, що міститься в його випромінюванні, перетворюється на електричний сигнал.*

*На основі телевізійних засобів вимірювання був розроблений стенд, що дозволило з меншою похибкою проводити вимірювання розмірів чарунок матеріалів, які використовуються для виготовлення засобів індивідуального захисту.*

*Наведено структурну схему та описано принцип роботи стенду для визначення пилопроникності матеріалів.*

*Розроблено нові пристрої для кріплення матеріалів, що дозволяє зменшити похибку вимірювання, та пристрій для руху досліджуваного зразка.*

*Проведено експериментальні дослідження матеріалів за стандартними методиками та вдосконаленим методом. Похибка вимірювання пилопроникності за вдосконаленим методом зменшилася на 10 %.*

**Ключові слова:** *метод; пилопроникність; засоби захисту телевізійних засобів вимірювання; похибка вимірювання.*

**Вступ.** У повсякденному житті: в домашніх умовах, на виробництві, при проведенні аварійних та планових, ремонтних робіт в більших чи менших концентраціях присутній пил [1]. Для забезпечення сприятливих умов життя та праці людині необхідно користуватися засобами індивідуального захисту. Оскільки будь який матеріал, що використовується для виготовлення засобів захисту, має свій коефіцієнт пилопроникності, то його визначення є необхідним та актуальним для подальшої розробки сучасних засобів захисту організму людини від згубної дії пилу.

**Постановка проблеми.** Концентрація пилу в повітрі виробничих приміщень і в зоні робочих місць, розташованих на відкритому повітрі, визначається характером технологічного процесу, його технічною досконалістю і ступенем запровадження санітарно-технічних протипилових заходів.

Таким чином, потрібно проаналізувати методи та прилади визначення запиленості повітря та пилопроникності матеріалів, удосконалити їх визначення шляхом розробки метода визначення пилопроникності матеріалів на основі застосування телевізійних засобів вимірювання (ТЗВ). Розробити стенд, для вимірювання розмірів чарунок матеріалів за допомогою ТЗВ.

**Аналіз досліджень та публікацій.** Методи вимірювання запиленості повітря поділяються за способом відбору проб (седиментаційні та аспіраційні) та за визначенням результатів дослідження (вагові та лічильні).

Седиментаційно-ваговий метод використовується в наш час для визначення кількості пилу, що випадає на одиницю поверхні з атмосферного повітря навколо промислових підприємств, на територію міст та інших населених пунктів [2]. При седиментаційно-лічильному методі відбувається осадження пилу на предметне скло, змащене гліцерином.

Аспіраційно-ваговий метод [3] полягає в протягуванні певного об'єму повітря за допомогою електроаспіратора Мігунова або пилососа з реометром (прилад, який показує швидкість аспірації) через аерозольний фільтр АФА-В-18 з нетканого синтетичного фільтрувального полотна Петрянова (ФПП), закріпленого в спеціальному лійкоподібному алонжі.

Аспіраційно-лічильний метод використовується у двох варіантах. У першому варіанті фільтри АФА, використані для визначення масового вмісту пилу у повітрі, накладають фільтруючою поверхнею на предметне скло і тримають кілька хвилин над парами ацетону до розплавлення тканин фільтра до прозорої плівки, в якій під мікроскопом добре видно фіксовані пилові частинки.

Препарати, отримані як седиментаційним, так і аспіраційним способом, досліджують під мікроскопом за допомогою окулярного мікрометра, що являє собою лінійку, нанесену на кругле скло з діаметром, що дорівнює внутрішньому діаметрові окуляра мікроскопа.

Гравіметричний метод полягає в осадженні з відомого об'єму повітря часток пилу і визначення потім їх маси [4]. Осадження часток пилу може здійснюватися способами седиментації (дія гравітаційних сил), електро- або термопреципітації (дія електростатичних або температурних полів) та аспірації. Найбільше поширення знайшов останній спосіб, при якому пробу запиленого повітря протягують за допомогою аспіратора через фільтр. Концентрація пилу розраховується.

Для визначення пилопроникності існують методи:

- метод кількісного визначення пилу, який пройшов через досліджувані зразки під дією ударів [5];
- метод визначення пилопроникності за допомогою побутових пиłosосів [6];
- метод визначення пилопроникності текстильних матеріалів [7];
- метод визначення пилопроникності та пилоємності [8].

Метод кількісного визначення пилу, який пройшов через досліджувані зразки під дією ударів [5] поширюється на готові бавовняно-паперові, лляні та змішані тканини, а також на тканини із хімічних волокон, що призначені для виготовлення засобів індивідуального захисту та спеціального захисного одягу.

Метод визначення пилопроникності за допомогою спеціального вимірювального стенду застосовується для точного визначення пилопроникності матеріалів та поширюється на всі види тканин.

Для підвищення точності вимірювань пилопроникності матеріалів необхідно уважно спостерігати за проведенням досліду, за швидкістю, рівномірністю подачі пилу, за відповідністю умовам дослідження та роботи приладу і його складових.

Оптичні лічильники частинок визначають концентрацію частинок та еквівалентний оптичний розмір частинок. Показ розміру частинок чітко залежить від калібрування лічильника.

У 1986 році А.І. Кобляков, К.І. Ратмані запатентували прилад для визначення пилоємності текстильних матеріалів, що складається з камери для обробки матеріалів, каналів для підводу та виводу пилу, камери та індикатору пилоємності. В 2005 році М.А. Коган, І.Г. Черногузова запатентували пристрій для оцінки пилопроникності та пилоємності текстильних матеріалів [9].

Пристрій використовується для контролю якості продукції в процесі її виробництва і експлуатації. Область використання пристрою належить до процесів фільтрування промислових аерозолів під час очищення технологічних газів і промислового повітря, а також може використовуватися для оцінки пилоємності текстильних матеріалів.

**Матеріали та результати.** Провівши аналіз методів та пристроїв визначення пилопроникності та пилоємності матеріалів [7–10], поставлено задачу щодо розробки методу визначення пилопроникності матеріалів з високою точністю, тому що відомі методи не дають точних результатів. Оскільки пилопроникність є однією з найголовніших характеристик засобів захисту, було розроблено метод для визначення пилопроникності матеріалів на основі застосування телевізійних засобів вимірювання.

ТЗВ [11, 12] являє собою сукупність оптичних і електронних засобів, за допомогою яких інформація про структуру, стан та властивості об'єкту, що міститься в його випромінюванні, перетворюється на електричний сигнал.

Структурна схема ТЗВ зображена на рисунку 1.



Рис. 1. Структурна схема ТЗВ

Основні характеристики ТЗВ: світлосигнальна характеристика, спектральна характеристика, роздільна здатність. Світлосигнальна характеристика – це відношення сигналу до освітленості пікселя. *Енергетична характеристика*, яку сприймає кожен піксель. *Спектральна характеристика* – залежність телевізійного сигналу від довжини хвилі діючого на фоточутливу поверхню випромінювання. Вимоги спектральної характеристики перетворювача визначаються його конкретним призначенням. *Роздільна здатність* – це мінімальна відстань між двома точеними джерелами світла, на якій ці джерела сприймаються окремо. *Пороговий контраст* – це відношення сигнал / шум при заданій імовірності поділеного на добуток вхідного контрасту і відношення сигнал / шум за освітленості [11–12]:

$$K_{II} = \frac{q_{II}(P)}{K_{ex} q(E)}, \quad (1)$$

де  $K_{вх}$  – вхідний контраст;  $q(E)$  – відношення сигнал / шум за освітленості  $E$ ;  $q_n(P)$  – відношення сигнал / шум при заданій імовірності  $P$ .

Освітленістю поверхні  $E$  називають поверхневу густину світлового потоку випромінювання, що дорівнює відношенню падаючого на поверхню світлового потоку до площі освітленої поверхні  $S$ :

$$E = F \cdot S, \quad (2)$$

де  $F$  – світловий потік;  $S$  – площа освітленої поверхні.

Гранична освітленість – це та мінімальна освітленість, яку ще сприймає прилад.

Для обробки та виведення отриманих результатів на екран використовується програма OwlEye. Інтерфейс програми утворюється з 5 вікон: «Перегляд», «Вимірювання», «Керування», «Результати», «Розділ».

Для проведення вимірювань використовувалися 4 вікна. Вікно «Перегляд» відображає отримане з телевізійної камери зображення в реальному масштабі часу та без будь-якої обробки. Вікно «Вимірювання» відображає попередньо оброблене зображення, а також вимірювальні маркери «точки» та «лінія».

Вікно «Керування» містить елементи керування, що належать до первинної обробки зображення, параметра його вводу і передачі задля подальших обчислень, а також координати та режими відображення маркерів. Вікно «Результати» відображає виміряні значення сигналів та похідну інформацію, а також елементи керування для здійснення геометричних обчислень.

Щоб отримати зображення з телевізійної камери, для початку, необхідно вибрати так зване «джерело вводу». Ця функція знаходиться в головному меню під назвою «Джерело».

Після вибору формату у вікні «Перегляд» з'являється зображення з телевізійної камери.

У вікні «Керування» активуємо елемент «Активне з інтервалом», таким чином запускається вимірювальний цикл.

На основі ТЗВ був розроблений стенд, що дозволяє вимірювати розміри чарунок матеріалу, який використовується для виготовлення засобів індивідуального захисту, адже пилопроникність матеріалів прямо залежить від розміру його чарунок. Загальний вигляд стенду зображено на рисунку 2. Вихідні дані [11–13]:

- Блок живлення лампи освітлення Power Supply – 30 В, 30А.
- Напруга – 4,6 В.
- Струм – 1,4 А.
- Блок живлення камери – 12В (живиться від комп'ютера).



Рис. 2. Стенд для визначення розмірів чарунок на основі ТЗВ

Структурна схема стенду для визначення розмірів чарунок матеріалу зображена на рисунку 3.

Система освітлення об'єкта дослідження, об'єкти формують зображення на ПЗЗ (прилад із зарядовим зв'язком) – матриці, сигнал з ПЗЗ-матриці перетворюється на відеосигнал, що, у свою чергу, за допомогою плати передається на комп'ютер та за допомогою програми OwlEye виводиться на монітор.

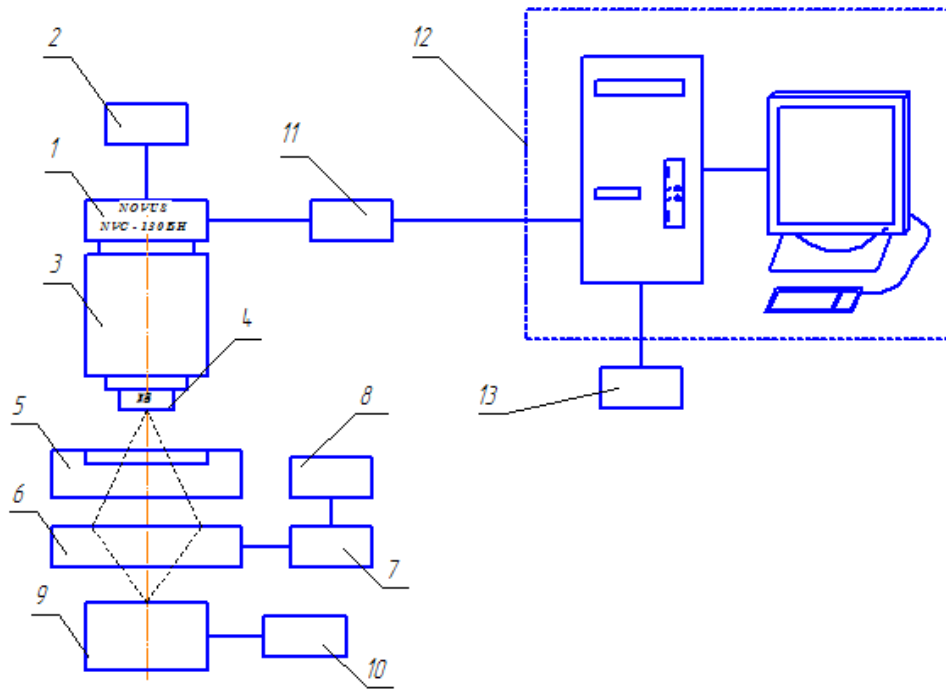


Рис. 3. Структурна схема стану для визначення розмірів чарунок матеріалу на основі ТЗВ:  
 1 – телевізійна камера на ПЗЗ-матриці; 2 – БЖ камери; 3 – тубус мікроскопа; 4 – мікрооб’єктив;  
 5 – предметний столик з мірою; 6 – вузол переміщення об’єкту (п’єзоелектродвигун); 7 – електронний блок керування (пульт керування); 8 – БЖ п’єзоелектродвигуна; 9 – освітлювальний блок;  
 10 – БЖ освітлювальної системи; 11 – пристрій введення зображення; 12 – персональний комп’ютер;  
 13 – програмне забезпечення.

Для зручності проведення досліджень розроблено пристосування для кріплення досліджуваного зразка матеріалу (рис. 4).

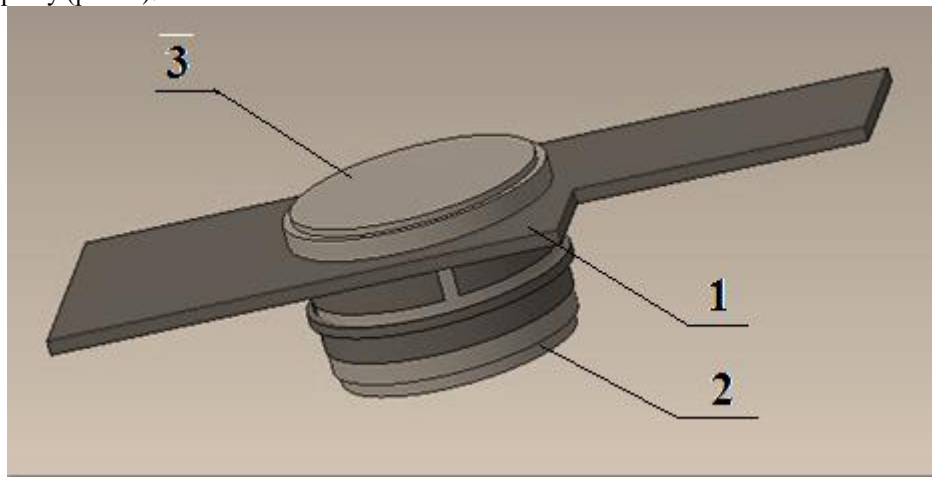


Рис. 4. Пристосування для кріплення досліджуваного зразка матеріалу:  
 1 – пластина, 2 – зажим, 3 – кришка

За допомогою розробленого пристосування матеріал, що досліджується, герметично закріплюється і, завдяки цьому, значно зменшується похибка вимірювань розміру чарунок.

Для підвищення точності та зручності проведення досліджень було розроблено привід п’єзодвигуна для переміщення столика із досліджуваними зразками, що складався з перемикача режиму роботи (неперервний та кроковий рух); кнопок «пуск» та «стоп», світлодіодного індикатора роботи; зі схем, що відповідали за швидкість та крок руху пристрою.

Проведено дослідження пилопроникиності різних матеріалів. Приклад визначення розмірів чарунок матеріалів надано на рисунку 5 [13].

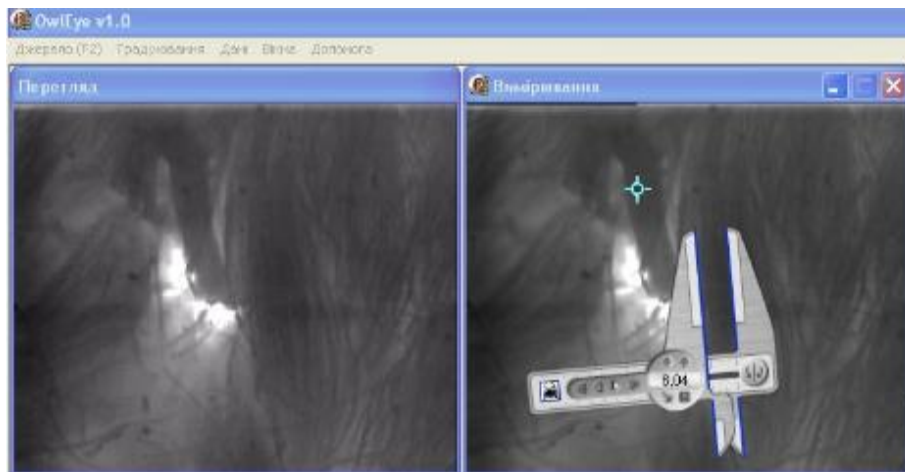


Рис. 5. Вимірювання розмірів чарунок матеріалу

Після визначення розмірів чарунок «до» та «після» запилення матеріалу розраховується коефіцієнт пилопроницності.

**Висновки.** Вдосконалено метод для визначення гігієнічних властивостей матеріалів на основі застосування телевізійних засобів вимірювання.

Встановлено, що при вимірюваннях пилопроницності на новому стенді за допомогою ТЗВ похибка результатів вимірювання зменшилася на 10 %.

#### Список використаної літератури:

1. Зацепкіна Н.М. Респіраторний захист людини за допомогою текстильних матеріалів / Н.М. Зацепкіна, Н.Р. Терент'єва // Наукові нотатки. – 2014. – № 45. – С. 210–214.
2. Гігієна праці : підручник / А.М. Шевченко, О.П. Яворовський, Г.О. Гончарук та ін. ; за ред. проф. А.М. Шевченка. – К. : Інфотекс, 2000. – С. 26–91.
3. Даценко І.І. Профілактична медицина. Загальна гігієна з основами екології : навч. посібник / І.І. Даценко, Р.Д. Габович. – К. : Здоров'я, 1999. – С. 3–34 ; 437–566.
4. Аналітична хімія / О.М. Гайдукевич, В.В. Болотов та ін. – Харків : Основа, 2000. – С. 180–203.
5. Одежда специальная. Метод определения пылепроницаемости тканей и соединительных швов : Система стандартов безопасности труда : ГОСТ 17804-72.
6. Рибальченко В.В. Матеріалознавство виробів легкої промисловості. Методи випробувань / В.В. Рибальченко, В.П. Коновал, Е.П. Дрегуляс. – Київ, 2010. – 153 с.
7. Материалы текстильные для фильтрации промышленных аэрозолей. Метод определения массовой концентрации пыли за фильтром : ГОСТ 30201-94.
8. Пат. 1859 Приспособление для оценки пылепроницаемости и пылеемкости текстильных материалов / И.Г. Черногузова, М.А. Коган. – опубл. 30.03.2005.
9. Пат. 25770 Республика Казахстан. Устройство для определения пылепроницаемости / Д.Р. Рафкатова. – опубл. 07.06.2012.
10. Коузов П.А. Очистка от пыли газов и воздуха в химической промышленности / П.А. Коузов, А.Д. Мальгин, Г.М. Скрябин. – Л., 1982. – 256 с.
11. Порев В.А. Телевизионная пирометрия / В.А. Порев // Техническая диагностика и неразрушающий контроль. – 2002. – № 4. – С. 36–39.
12. Порев В.А. Телевізійні інформаційно-вимірювальні системи : монографія / В.А. Порев. – К., 2015. – 218 с.
13. Зацепкіна Н.М. Метод визначення геометричних розмірів чарунок текстильних матеріалів / Н.М. Зацепкіна, А.О. Бурмістрова // Збірник наукових праць. – Хмельницький : ХНУ, 2016. – № 1. – С. 85–86.

#### References:

1. Zashhepkina, N.M. and Terent'jeva, N.R. (2014), «Respiratornyj zahyst ljudyny za dopomogoju tekstyl'nyh materialiv», *Naukovi notatky*, No. 45, pp. 210–214.
2. Shevchenko, A.M., Javorovs'kyj, O.P. and Goncharuk, G.O. (2000), *Gigijena praci*, in Shevchenko, A.M. (ed.), Infoteks, Kyi'v, pp. 26–91.
3. Dacenko, I.I. and Gabovych, R.D. (1999), *Profilaktychna medycyna. zagal'na gigijena z osnovamy ekologii'*, Zdorov'ja, Kyi'v, pp. 3–34, pp. 437–566.
4. Gajdukevych, O.M. and Bolotov, V.V. (2000), *Analitychna himija*, Osнова, Harkiv, pp. 180–203.
5. Gosstandart bezopasnosti truda, *GOST 17804-72: Odezhda special'naja. Metod opredelenija pylpronicaemosti tkanej i soedinitel'nyh shvov* [Special clothing. Method for determining the dust permeability of fabrics and joints].

6. Rybal'chenko, V.V., Konoval, V.P. and Dreguljas, E.P. (2010), *Materialoznavstvo vyrobiv legkoi' promyslovosti. Metody vyprobuvan'*, Kyi'v, 153 p.
7. Gosstandart, *GOST 30201-94: Materialy tekstil'nye dlja fil'tracii promyshlennyh ajerozolej. Metod opredelenija massovoj koncentracii pyli za fil'trom* [Textile materials for the filtration of industrial aerosols. Method for determining the mass concentration of dust behind the filter].
8. Chernoguzova, I.G. and Kogan, M.A. (2005), *Prisposoblenie dlja ocenki pylepronicaemosti i pyleemkosti tekstil'nyh materialov* [A device for assessing the dust permeability and dust capacity of textile materials], Pat. N 1859.
9. Rafkatova, D.R. (2012), *Ustrojstvo dlja opredelenija pylepronicaemosti* [Device for determining dust-tightness], Respublika Kazahstan, Pat. N 25770.
10. Kouzov, P.A., Mal'gin, A.D. and Skrjabin, G.M. (1982), *Ochistka ot pyli gazov i vozduha v himicheskoj promyshlennosti*, Leningrad, 256 p.
11. Porev, V.A. (2002), «Televizionnaja pirometrija», *Tehnicheskaja diagnostika i nerazrushajushhij kontrol'*, No. 4, pp. 36–39.
12. Porjev, V.A. (2015), *Televizionni informacijno-vymirjuval'ni systemy*, monografija, Kyi'v, 218 p.
13. Zashhepkina, N.M. and Burmistrova, A.O. (2016), «Metod vyznachennja geometrychnyh rozmiriv charunok tekstyl'nyh materialiv», *Zbirnyk naukovykh prac'*, No. 1, HNU, Hmel'nyckyj, pp. 85–86.

ЗАЩЕПКИНА Наталія Миколаївна – доктор технічних наук, професор, професор кафедри наукових, аналітичних та екологічних приладів і систем Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського».

Наукові інтереси:

- проектування якостей матеріалів;
- контроль якості матеріалів та виробів;
- проектування обладнання для виробництва;
- проектування та модернізація приладів для контролю якості виробів.

Тел.: (050) 510–92–28.

E-mail: nanic1604@gmail.com.

МЕЛКОНЯН Ані Арменівна – аспірант кафедри наукових, аналітичних та екологічних приладів і систем Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського».

Наукові інтереси:

- прилади для контролю якості виробів.

Тел.: (099) 546–85–59.

E-mail: melkonyan.ani@yandex.ua.

ДОВГАЛЮК Руслана Юріївна – магістр кафедри наукових, аналітичних та екологічних приладів і систем Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського».

Наукові інтереси:

- прилади для контролю якості виробів.

Тел.: (096) 698–12–56.

E-mail: ruslanakovtun@ukr.net.

НЕДОБОЙКО Сергій Олександрович – магістр кафедри наукових, аналітичних та екологічних приладів і систем Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського».

Наукові інтереси:

- прилади для контролю якості виробів.

Тел.: (093) 230–75–76.

E-mail: twist11112@mail.ru.

Стаття надійшла до редакції 09.02.2017.