

С.І. Чеберячко, Д.І. Радчук

## ДОСЛІДЖЕННЯ ЕЛЕКТРЕТНОГО ЕФЕКТУ НА ВОЛОКНАХ ПОЛІПРОПІЛЕНОВИХ ФІЛЬТРУЮЧИХ МАТЕРІАЛІВ

S.I. Cheberiachko, D.I. Radchuk

## RESEARCH OF THE ELECTRET EFFECT ON THE FIBERS OF THE POLYPROPYLENE FILTERING MATERIALS

Розглянуто питання захисту органів дихання працівників від аерозолів. Визначено, що для ефективного захисту необхідно використовувати пористі фільтрувальні матеріали, які відповідають вимогам стандартів та не впливають на працездатність робітників. Це стає можливим при наявності електричних сил на поверхні фільтруючого матеріалу. Досліджено процес заряджання фільтруючого матеріалу та описано методи проведених досліджень. Визначено основні залежності заряду фільтруючого матеріалу від параметрів забруднювачів навколишнього середовища та процесу заряджання.

**Ключові слова:** *фільтруючий матеріал, поверхневий заряд, електрет, потенціал, навколишнє середовище*

**Вступ.** Проблема захисту органів дихання працівників від твердих дисперсних забруднювачів, у тому числі промислових аерозолів, є дуже важливою. Шкідливі домішки не тільки зменшують працездатність робітників, а й при довгостроковому їх вдиханні, призводять до захворювань на пневмоконози та пилові бронхіти. Дану проблему вирішують шляхом розробки ЗІЗОД – засобів індивідуального захисту органів дихання людини (перед усім респіраторів), що мають фільтрувальний шар, який відокремлює частки забруднення від повітряної фази. Актуальними питаннями є розробка нових фільтрувальних матеріалів та пошук технологічних схем для створення високоєфективних фільтрів, що відповідали б постійно зростаючим експлуатаційним, економічним та екологічним вимогам.

Традиційна техніка очищення газоповітряних сумішей передбачає використання різноманітних пористих матеріалів. Найбільш простим, надійним та економічно доцільним способом очистки повітря та газів від вискодисперсних аерозолів є волокнисті фільтри. Починаючи з середини ХХ ст. широке розповсюдження отримали повітряні фільтри на основі синтетичних волокон з целюлози та її ефірів, азбесту, скловолокна, лавсану. У СРСР у 50-х роках було отримано ультратонкі волокнисті матеріали, що отримували з розчинів полімерів – фільтри Петрянова (ФП), які і нині займають важливе місце в техніці фільтрації [1]. Їх основною характерною рисою є висока ефективність затримки часток мікронного розміру за низького гідродинамічного опору. Треба зазначити, що на волокнах ФП присутній електричний заряд, який дозволяє реалізувати додаткові механізми фільтрації, що пов'язані з роботою сил електростатичного тяжіння [2]. Це дозволило розробити легкі та зручні у використанні респіратори, що добре себе зарекомендували, а деякі марки використовуються й по сьогоднішній день.

Головним недоліком матеріалу ФП є те, що технологія формування волокон є досить дорогою та еколо-

гічно небезпечною (за ступенем пожежонебезпечності відповідає групі „Б“, за рівнем вибухонебезпечності, через використання певних розчинників, відноситься до найбільш небезпечної категорій „В1“, а за санітарно-гігієнічними характеристиками – до 3 класу екологічної небезпеки). Тому актуальною є проблема заміни фільтрів Петрянова на більш дешеві, технологічні, проте не менш ефективні фільтроматеріали.

**Постановка задачі.** Наявність електричних сил на поверхні фільтруючого матеріалу дозволяє зменшувати перепад тиску на респіраторах при забезпеченні досить високого рівня очищення забрудненого повітря й тривалого строку застосування [3]. Це пояснюється тим, що фільтрувальний матеріал можна виготовляти з меншою щільністю упакування волокон. Принцип дії таких фільтрів полягає в захопленні заряджених частинок кулонівськими силами, а також нейтральних частинок, які здобувають у полі електрета наведений заряд.

Електретні фільтри отримують шляхом зарядки волокон у полі коронного розряду. Поляризація проходить на спеціальній установці (рис. 1), яка складається з системи коронувальних електродів 3, на які подається напруга з трансформатора 1 і блоку керування 2. Фільтруючий матеріал 5 розташовується на станині 6, яка підключена до землі через регульовані опори 4, для забезпечення стабільної сили струму.

Відстань  $a$  обирається мінімальною, щоб зменшити величину повітряного прошарку, і становить 0,5–2 мм, у той час як величину  $b$  намагаються зробити якомога більшою, з метою створення більшої напруги на електродах, і вона зазвичай становить 30–70 мм.

Процес зарядки електретів досить широко освітлений у літературі. Так, автори в [4] вивчали час стікання заряду з поверхні фільтруючих матеріалів з метою визначення терміну служби ЗІЗОД. У роботах [5, 6] була зроблена спроба розв'язати завдання зі збільшення строку служби електрета за рахунок введення в структуру фільтра різних композиційних добавок. У той же час ведуться дослідження з пошуку

регулювання електретних властивостей фільтрів і вибору оптимального способу їх електризації [7]. У роботі наведені дані з оцінки впливу часу знаходження фільтрувального матеріалу в полі коронного розряду різної величини [8].

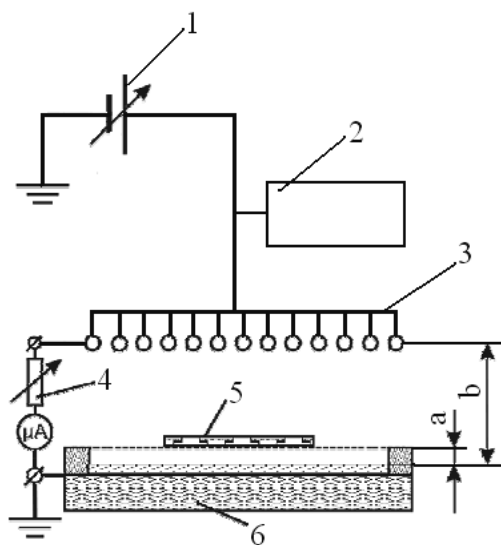


Рис. 1. Схема установки для зарядки фільтруючого матеріалу

Метою даної роботи є визначення зовнішніх оптимальних параметрів навколишнього середовища й напруги, що подається на коронувальний електрод для одержання стійкої поверхневої щільності заряду на фільтрі.

**Методи дослідження.** Дослідження проводили на зразках двошарового фільтруючого матеріалу „Елефлен“, виготовленого з розплаву поліпропілену: з діаметром волокон 1–3 мкм, товщиною волокон 4 мкм та щільністю упакування 0,035. Експериментальні зразки являли собою квадрати зі сторонами 150 мм і маркувалися залежно від типу проведеного випробування.

Зразки по черзі розміщувалися на станині 6. Випробування проводилися при різних температурах від 10 до 40 °С і вологості від 50 до 100% у діапазоні напруги від 10 кВ до 50 кВ на коронувальному електроді. Визначення величини поверхневої щільності заряду виконувалась за методикою, що описана в ГОСТ 25209-82 „Пластмассы и пленки полимерные. Методы определения поверхностных зарядов электретов“.

Сутність її полягає у визначенні напруги, що подається на вимірювальний електрод для компенсації електретного поля, що ініціюється електретом. Загальний вигляд установки для вимірювання потенціалу поверхні електрету наведено на рис. 2. Вона складається із двох вузлів: вимірювальної камери, яка дозволяє виміряти ефективну напругу на поверхні електрета до 1000 В, та блоку індикації. Принцип дії заснований на використанні в якості нуль-індикатора електронно-променевого вольтметра, з відображенням компенсаційної напруги на цифровому вольтметрі.

Зразок розміщують у камері і встановлюють на нього вимірювальний електрод. Величину і полярність компенсованої напруги визначають за допомо-

гою досягнення нульового показника на цифровому вольтметрі. Записують величину компенсованої напруги, що є потенціалом поверхні електрету.



Рис. 2. Загальний вид установки „Статика“

Поверхневу щільність заряду на зразках матеріалу визначають за наступною формулою

$$\sigma_{ef} = \epsilon \epsilon_2 U_e / S, \text{ Кл/м}^2,$$

де  $\epsilon$  – діелектричне проникання повітря;  $\epsilon_2$  – діелектричне проникання матеріалу електрету;  $U_e$  – потенціал поверхні електрету, В;  $S$  – площа вимірювального електроду, м<sup>2</sup>.

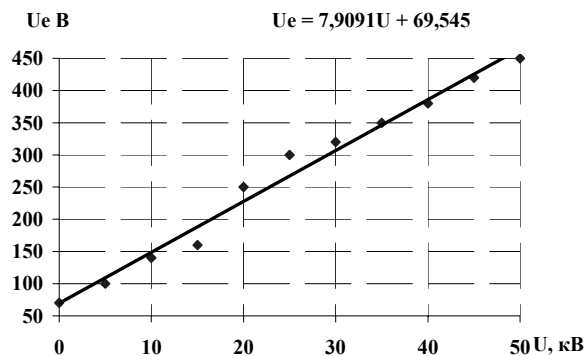


Рис. 3. Залежність потенціалу  $U_e$  на поверхні електрету від напруги  $U$  на коронувальному електроді

**Результати досліджень та обговорення.** У результаті досліджень було встановлено, що зі збільшенням напруги на коронувальних електродах збільшується і потенціал на поверхні електрету. Принаймні до 50 кВ ця залежність лінійна (рис. 3).

Було також встановлено, що чим більше часу електрет знаходиться в полі коронувального розряду, тим більше на ньому потенціал. Зрозуміло, що оптимальна швидкість переміщення фільтрувального матеріалу в установці коронувального заряду забезпечить максимальну потужність з випуску готової продукції з одного боку і достатню величину заряду з іншого.

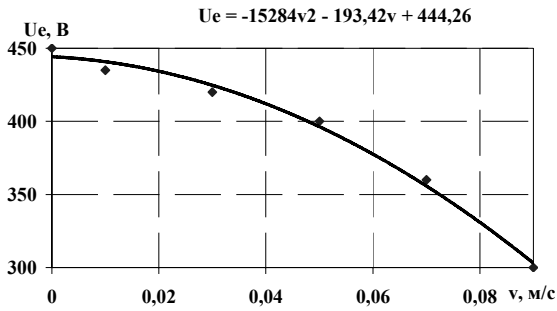


Рис. 4. Залежність потенціалу  $U_e$  на поверхні фільтрувального матеріалу від швидкості  $v$  його переміщення на установці (напруга на коронувальному електроді 35 кВ)

Як бачимо з рис. 4, необхідно задавати швидкість руху в діапазоні 0,02 – 0,04 м/с, щоб забезпечити високу поверхневу щільність заряду на волокнах.

Цікавими є дані з оцінки впливу вологості на процес зарядки фільтрувального шару. Вологість у приміщенні, де проводилось заряджання електретів, імітували за допомогою зволожувача марки Вонесо.

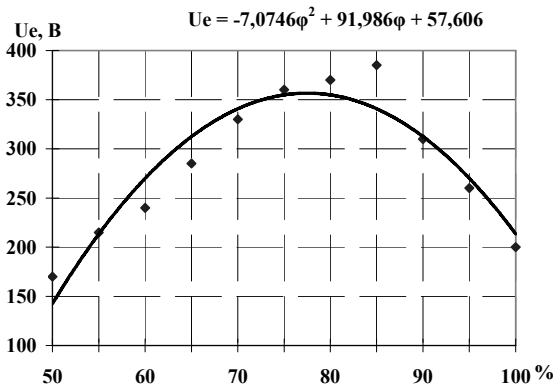


Рис. 5. Залежність поверхневого потенціалу  $U_e$  фільтрувального матеріалу від вологості повітря (напруга на коронувальному електроді 35 кВ)

Як видно з рис. 5, існує певний рівень вологості повітря, за якого спостерігається найбільша величина потенціалу на поверхні матеріалу при однаковій напрузі на коронувальному електроді (35 кВ).

Схожі результати були отримані при оцінюванні впливу температури навколишнього середовища на

величину поверхневого потенціалу на фільтрувальному матеріалі (рис. 6). Тобто, при зарядці електрету необхідно регулювати параметри навколишнього середовища і підтримувати їх постійними в оптимальному режимі.

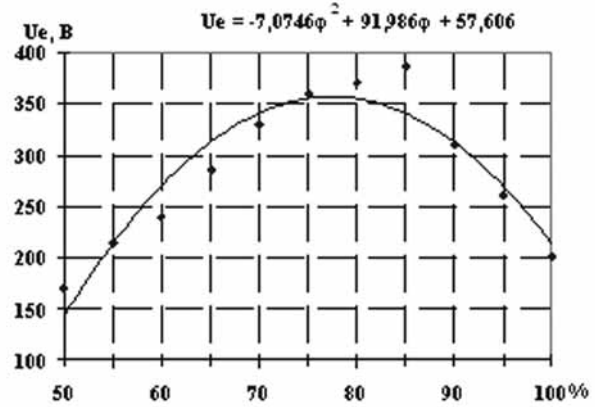


Рис. 6. Залежність поверхневого потенціалу  $U_e$  фільтрувального матеріалу від температури  $t$  повітря (напруга на коронувальному електроді 35 кВ)

**Висновки.** Одним з ефективних шляхів захисту органів дихання від шкідливого впливу дисперсних забруднювачів є використання респираторів, проте виникає необхідність розробки та впровадження нових фільтруючих матеріалів. У даних фільтруючих матеріалах для підвищення захисної ефективності використовується статичний заряд. Цей метод заряджання є ефективним і залежить від встановленої величини потенціалу на поверхні коронувального електроду. Встановлено залежність між параметрами забруднювачів навколишнього середовища і величиною поверхневого потенціалу на поліпропіленовому фільтрі. Визначено, що оптимальною швидкістю для заряджання матеріалу є 0,02–0,04 м/с. Встановлено, що максимальний рівень поверхневого потенціалу при коронному заряджанні поліпропіленового матеріалу спостерігається при температурі повітря 20–25 °С та вологості 75–80%. Тому дотримання встановлених показників навколишнього середовища та процесу зарядки дозволить підвищити захисні властивості поліпропіленових фільтруючих матеріалів.

**Список літератури**

1. Петрянов И.В., Кашеев В.С. и др. Лепесток. Легкие респираторы. – М.: Наука, 1984. – 168 с.
2. Филатов Ю.Н. Электроформование волокнистых материалов (ЭФМ-процесс). – М.: Нефть и газ, 1997. – 297 с.
3. Материал фильтрующий ФПП 15–1,5. Технические условия. ТУ 6-16-2813-84/ Разраб. ОАО „ЭХМЗ“. – Электросталь, 1984. – 15 с.
4. Рычков А.А., Бойцов В.Г. Электретный эффект в структурах полимер – металл: Монография. – СПб.: Изд-во РГПУ им. А.И. Герцена. – 2000. – 250 с.

5. Jiang J., Xia Z., Zhang H. et al. Charge storage and transport in high density polyethylene and low density polyethylene Proceedings of 9 International Symposium on Electrets. Shanghai, China. 1996. P. 128.
6. Кравцов А.Г., Гольдаде В.А., Зотов С.В. Полимерные электретные фильтроматериалы для защиты органов дыхания. /Под науч. ред. Л.С. Пинчука. – Гомель: ИММС НАНБ, 2003. – 204 с.
7. Электроформование волокнистых материалов (ЭФМ-процесс). – М.: Нефть и газ, 1997. – 297 с.
8. Галиханов М.Ф. Влияние наполнителя на поляризуемость полярного полимера в коронном разряде. / М.Ф. Галиханов, Д.А. Еремеев, Р.Я. Дебердеев // Вестник Казанского технологического университета. – 2003. – №2. – С. 374–378.
9. ГОСТ 25209-82 „Пластмассы и пленки полимерные. Методы определения поверхностных зарядов электретов“. Введ. 01.07.83. – М.: Изд-во стандартов, 1982. – 6 с.

Рассмотрен вопрос защиты органов дыхания рабочих от аэрозолей. Определено, что для эффективной защиты необходимо использовать пористые фильтрующие материалы, которые соответствуют требованиям стандартов и не влияют на работоспособность работников. Это становится возможным

при наличии электрических сил на поверхности фильтрующего материала. Исследован процесс зарядки фильтрующего материала и описаны методы проведения исследований. Определены основные зависимости заряда фильтрующего материала от параметров загрязнителей окружающей среды и процесса зарядки.

**Ключевые слова:** *фильтрующий материал, поверхностный заряд, электрет, потенциал, окружающая среда*

The problem of workers' respiratory organs defense from aerosols is considered. It is certain that for the effective defense it is necessary to use porous filtering materials meeting standards which don't influence the workers' capacity for work. The presence of electric forces on the surface of filtering material makes it possible. It has been investigated the charging process of filtering material and described methods of researches realization. Basic dependences of filtering material charge are ascertained according to the parameters of an environment and the charging process.

**Keywords:** *filtering material, surface charge, electrets, potential, environmental area*

*Рекомендовано до публікації д.т.н. В.І. Голіньком. Дата надходження рукопису 05.11.10*

УДК 622.272.3: 622.418: 628.518

© Бойко В.А., Бойко О.А., 2010

**В.А. Бойко, О.А. Бойко**

## **АНАЛИТИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА СТЕПЕНИ ОХЛАЖДЕНИЯ ГОРНОГО МАССИВА ГЛУБОКОЙ ШАХТЫ С ПОМОЩЬЮ СКВАЖИНЫ, ОПЕРЕЖАЮЩЕЙ ЗАБОЙ ПОДГОТОВИТЕЛЬНОЙ ВЫРАБОТКИ**

**V.A. Boyko, O.A. Boyko**

## **ANALYTICAL EVALUATION OF THE DEGREE OF ROCK MASSIF COOLING IN DEEP MINE BY MEANS OF BOREHOLE PRECEDING THE FACE OF THE DEVELOPMENT HEADING**

Разработана математическая модель процесса охлаждения пород горного массива по трассе проходки подготовительной выработки как способа нормализации микроклимата горной выработки глубокой шахты. Охлаждение горного массива осуществляется способом выноса тепла водой из скважины, опережающей забой подготовительной выработки. С использованием аппарата математической физики проведено аналитическое описание процесса теплоотдачи поверхности стенок за счет естественной температуры горных пород, окружающих скважину, и конвективного теплообмена воды в скважине по закону Ньютона. Проведен расчет количества тепла, подлежащего извлечению из горного массива, для создания теплоуравнивающей оболочки выработки.

**Ключевые слова:** *горный массив, охлаждение, нормализация тепловых условий, скважина, вода, теплообмен*

Переживаемый мировым сообществом экономический кризис еще раз подтвердил, что для страны с устаревшими энергоемкими технологиями производства, какой является Украина, главным препятствием на пути роста национального валового продукта и улучшения материального благосостояния населения страны является отсутствие необходимого количества энергоносителей. Украина оказалась крупным должником Международного валютного фонда и продолжает за-

нимать валюту, основная часть которой уходит на оплату приобретаемого природного газа, угля и нефти. Попытки сократить потребление природного газа привели к несомненным успехам, ибо объем потребления его по сравнению с советскими временами сократился практически наполовину, тем не менее финансовая ситуация не претерпела существенных изменений из-за значительного роста цены газа. Крупных работ по разведке и развитию добычи природного газа Украина не