

УДК.533.6.08:533.5:533.722

## ОПРЕДЕЛЕНИЕ КОЭФФИЦИЕНТОВ СОПРОТИВЛЕНИЯ НАНОВОЛОКОН В ГИБРИДНЫХ ФИЛЬТРАХ НА ПЕРЕХОДНЫХ РЕЖИМАХ ОБТЕКАНИЯ

*Карелин В.А., Горев В.Н.*

*Институт теплофизики СО РАН, Новосибирский государственный университет,  
АО «ТИОН Инжиниринг»*

Высокая герметичность оконных систем приводит к недостаточной вентиляции. В городских условиях в зданиях важно поддерживать стабильную вентиляцию воздуха и высокую степень его очистки от загрязнений. Одним из способов решений данной задачи является использование низкочастотных высокоэффективных фильтров очистки воздуха.

В настоящее время существующие типы фильтров тонкой очистки воздуха имеют ряд недостатков, связанных с высокой энергозатратностью, сложностью конструкции, быстрым увеличением перепада давления по мере загрязнения. Наибольшее качество фильтрации достигается у фильтрующих материалов, состоящих из наноразмерных волокон, однако такие материалы имеют крайне низкую прочность. Для решения этой проблемы было предложено [1] совместить несущую жесткую основу микроволокон и фильтрующие свойства нановолокон (рис.1). Технологию получения таких гибридных фильтров можно разделить на два этапа: экструзия полипропиленового волокна (толщина волокна 100-200 мкм) и электропрядение (толщина волокна 100-200 нм).

Изображение комбинации разных типов волокон гибридного фильтра представлено на рис. 2. Интерес к такому типу фильтра вызван его низкой себестоимостью, простотой производства и существенно более высоким качеством фильтрующего материала. Процессы фильтрации в гибридных фильтрах недостаточно хорошо изучены [2,3]. Основные трудности моделирования процессов связаны с наличием нескольких характерных масштабов течений.

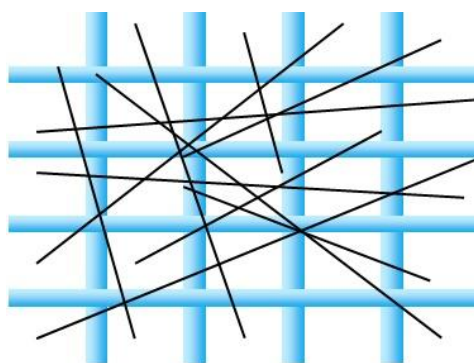


Рис. 1. Структура гибридного фильтра: «толстые» микроволокна и «тонкие» нановолокна.

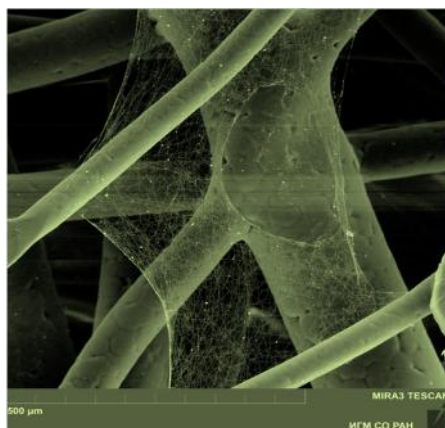


Рис. 2. Изображение образца гибридного фильтра, полученного с помощью электронного сканирующего микроскопа.

Целью настоящей работы является создание модели фильтрации воздуха в гибридном фильтре. Модель должна включать процессы обтекания микроволокон в рамках приближения сплошной среды и нановолокон в приближении переходного или молекулярного режима течения.

На начальном этапе построения модели была выполнена оценка прочностных характеристик фильтра при помощи модели взаимодействия аэрозольных частиц и нановолокна. Для контроля качества фильтров использовалась сканирующая электронная микроскопия образцов пленок наноматериалов. В ходе работы были проведены испытания ряда образцов пленок нетканого материала из нановолокон. На рис. 3 приведена схема эксперимента.

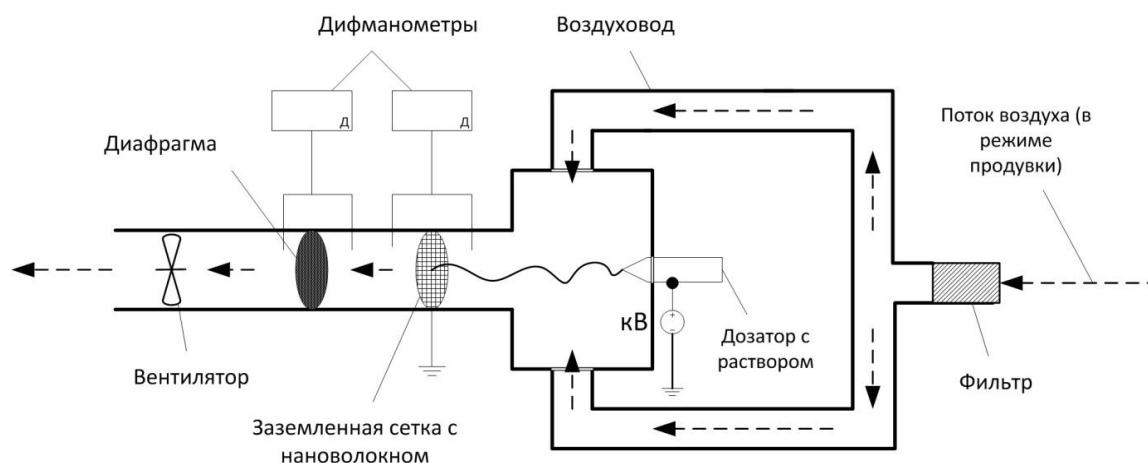


Рис. 3. Схема эксперимента с измерением перепада давления на нановолокне.

Установка состоит из трубы, в которой располагаются регулируемый воздушный вентилятор, мишень (заземленная стальная сетка), на которую наносится нановолокна, и калиброванная диафрагма, с помощью которой измеряется расход воздуха. Нанослой получается методом электропрядения при помощи дозатора с заданным расходом полимерного раствора под высоким электрическим напряжением 20-30 кВ. Измерения потерь давления в нанослое проводились через заданный интервал времени. В итоге была получена зависимость перепада давления от времени нанесения пленки при заданном расходе раствора (рис.4).

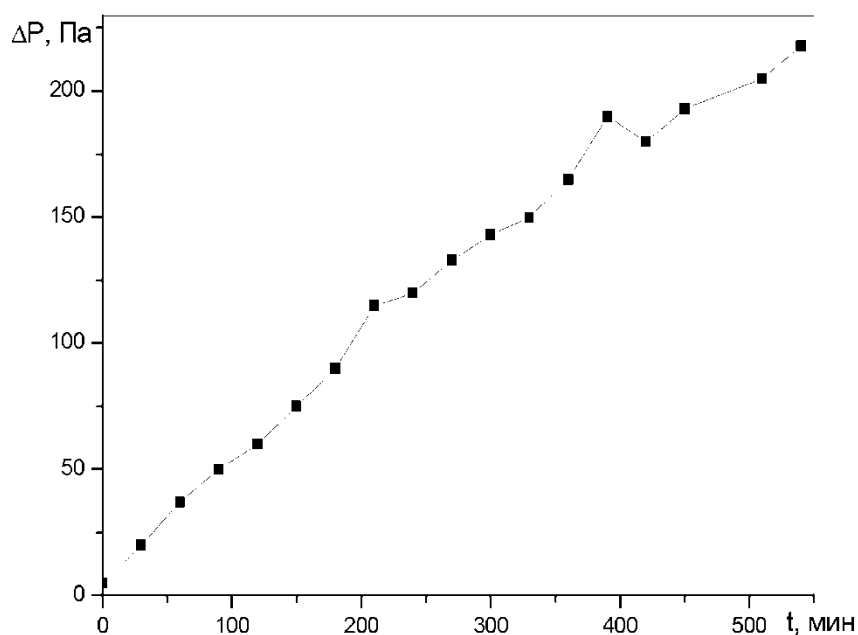


Рис. 4. Потери давления на нанослой в зависимости от времени нанесения волокон.

На основании результатов экспериментов определены коэффициенты сопротивления единичного нановолокна в зависимости от скорости воздуха и диаметра волокон, что позволило определить режим течения и верифицировать разрабатываемую численную модель.

### Литература

1. Wallace Woon-Fong Leunga, Chi-Ho Hung, Ping-Tang Yuen. Effect of face velocity, nanofiber packing density and thickness on filtration performance of filters with nanofibers coated on a substrate. *J. Separation and Purification Technology* 71 (2010) 30–37.
2. Yu-Qin Wan, Qian Guo, Ning Pan. Thermo-electro-hydrodynamic model for electrospinning process. *International Journal of Nonlinear Sciences and Numerical Simulation* 5(1) 5-8, 2004.
3. Jiang-Yi Zheng, Hai-Yan Liu, Xiang Wang, Yang Zhao, Wei-Wei Huang, Gao-Feng Zheng, and Dao-Heng Sun. Electrohydrodynamic Direct-Write Orderly Micro/Nanofibrous. Structure on Flexible Insulating Substrate. *Journal of Nanomaterials*, Volume 2014, Article ID 708186, 7 pages.