

DOI: 10.32864/polymmattech-2021-7-2-39-47

УДК 66.067.1:678.74

ФИЛЬТРАЦИЯ ВОДНЫХ АЭРОЗОЛЕЙ КОМПОЗИТНЫМИ ВОЛОКНИСТО-ПОРИСТЫМИ СИСТЕМАМИ НА ОСНОВЕ ПОЛИПРОПИЛЕНА И ПОЛИТЕТРАФТОРЭТИЛЕНА

В. Ю. ШУМСКАЯ⁺, А. Я. ГРИГОРЬЕВ

Институт механики металлополимерных систем имени В. А. Белого НАН Беларуси, ул. Кирова, 32а, 246050, г. Гомель, Беларусь

Рассмотрены механизмы фильтрации водных аэрозолей волокнистыми фильтроматериалами на основе стекlobумаги марки Н13, пневмоэкструзионного полипропилена (ПП) и полученного лазерным распылением политетрафторэтилена марки Грифтекс (Г114). Представлена схема и описан принцип работы экспериментальной установки для изучения процессов фильтрации газа от аэрозолей. Показано, что локализация области отделения капельной фазы определяется характеристиками ее межфазного взаимодействия с материалом фильтра. Установлено, что с уменьшением угла смачивания эффективность отделения сдвигается к выходной поверхности фильтра.

Предложена двухслойная конструкция фильтра из материалов Г114 + ПП и ПП + Г114. Результаты испытаний показали преимущество композиционного фильтра Г114 + ПП, который обеспечивает значение показателя эффективности фильтрации 99,90; увеличение значения коэффициента качества более, чем в 2,1 раза при снижении перепада давления почти в 2 раза, по сравнению с фильтром из стекlobумаги.

Сделан вывод о преимуществах составных композиционных фильтров водных аэрозолей в виде последовательности слоев пористых материалов, расположенных по ходу потока в соответствии с увеличением энергии их межфазного взаимодействия с водой. Полученные результаты могут быть использованы для создания высокопоточных фильтров газотранспортных систем.

Ключевые слова: фильтрация, водные аэрозоли, волокнистые фильтроматериалы, стекlobумага, полипропилен, политетрафторэтилен, грифтекс, перепад давления, эффективность фильтрации.

FILTRATION OF AQUEOUS AEROSOLS BY COMPOSITE FIBROUS-POROUS SYSTEMS BASED ON POLYPROPYLENE AND POLYTETRAFLUOROETHYLENE

V. YU. SHUMSKAYA⁺, A.YA. GRIGORIEV

V. A. Belyi Metal-Polymer Research Institute of National Academy of Sciences of Belarus, Kirov St., 32a, 246050, Gomel, Belarus

The mechanisms of filtration of water aerosols with fibrous filter materials based on glass paper N13, melt-blown polypropylene (PP), and polytetrafluoroethylene (G114) obtained by laser ablation are considered. The scheme and the principle of operation of an experimental setup for studying the processes of filtration of aerosols is described. It is shown that the localization of sedimenting droplets is determined by the characteristics of its interfacial interaction with the filter material. It was found that with a decrease in the contact angle, the efficiency of phases separation shifts to the filter outlet surface. A two-layer filter design made of materials G114 + PP and PP + G114 has been proposed. The test results showed the advantage of the composite filter G114 + PP, which provides a filtration efficiency of 99.90, 2.1 times higher filtration quality with 2 times lower pressure drop in comparison with glass paper filters. A conclusion is made about

⁺ Автор, с которым следует вести переписку. E-mail: viktoriya-shumsk@mail.ru

the advantages of the implementation of composite filters of water aerosols in the form of a sequence of layers of porous materials located along the flow in accordance with the increase in the energy of their interfacial interaction with water.

The results obtained can be used to create high-flow filters for gas transmission systems

Keywords: filtration, aqueous aerosols, fibrous filter materials, glass paper, polypropylene, polytetrafluoroethylene, griftex, pressure drop, filtration efficiency.

Поступила в редакцию 13.04.2021

© В. Ю. Шумская, А. Я. Григорьев, 2021

Для приобретения полного текста статьи, обращайтесь в [редакцию журнала](#)
Full text of articles can be purchased from the editorial office

Адрес редакции: ул. Кирова, 32а, 246050, г. Гомель, Беларусь
Телефон/факс: +375 (232) 34 06 36 / 34 17 11

Address: Kirov St., 32a, 246050, Gomel, Belarus
Phone: +375 (232) 34 06 36. **Fax:** +375 (232) 34 17 11

E-mail: polmattex@gmail.com
Web: <http://mpri.org.by/izdaniya/pmt/>

Образец цитирования:

Шумская В. Ю., Григорьев А. Я. Фильтрация водных аэрозолей композитными волокнисто-пористыми системами на основе полипропилена и политетрафторэтилена // Полимерные материалы и технологии. 2021. Т. 7, № 2. С. 39–47. <http://doi.org/10.32864/polymmattech-2021-7-2-39-47>

Citation sample:

Shumskaya V. Yu., Grigor'ev A. Ya. Fil'tratsiya vodnykh aerorozley kompozitnymi voloknist-poristymi sistemami na osnove polipropilena i politetraftoretilena [Filtration of aqueous aerosols by composite fibrous-porous systems based on polypropylene and polytetrafluoroethylene]. *Polimernye materialy i tekhnologii* [Polymer Materials and Technologies], 2021, vol. 7, no. 2, pp. 39–47. <http://doi.org/10.32864/polymmattech-2021-7-2-39-47>

Литература

- Макаров А. А., Митрова Т. А., Кулагин В. А., Мельникова С. Н., Галкина А. А. Мировые газовые горизонты до 2040 года // Газовый бизнес. 2016. № 3. С. 21–28.
- Фарахов Т. М., Исхаков А. Р., Минигулов Р. М. Высокоэффективное сепарационное оборудование очистки природного газа от дисперсной среды // Электронный научный журнал Нефтегазовое дело. 2011. № 6. С. 263–277.
- Муллахметова Л. И., Черкасова Е. И. Попутный нефтяной газ: подготовка, транспортировка и переработка // Вестник технологического университета. Казань, 2015. Т. 18, № 19. С. 83–90.
- Аль Раммахи Мустафа М. М. Гидродинамические характеристики инерционно-фильтрующих сепараторов : дис. канд. тех. наук : 05.17.08. Сумы, 2014. 208 с.
- Басманов П. И., Кириченко В. Н., Филатов Ю. Н., Юров Ю. Л. Высокоэффективная очистка газов от аэрозолей фильтрами Петрянова. М. : Наука, 2002. 193 с.
- Contal P., Simao J., Thomas D., Frising T., Callé S., Appert-Collin J. C., Bémer D. Clogging of fibre filters by submicron droplets. Phenomena and influence of operating conditions // Journal of Aerosol Science, 2004, vol. 35, is. 2, pp. 263–278. doi: 10.1016/j.jaerosci.2003.07.003
- Charvet A., Gonthier Y., Bernis A., Gonze E. Filtration of liquid aerosols with a horizontal fibrous filter // Chemical Engineering Research and Design, 2008, vol. 86, is. 6, pp. 569–576. doi: 10.1016/j.cherd.2007.11.008
- Frising T., Thomas D., Bémer D., Contal P. Clogging of fibrous filters by liquid aerosol particles: Experimental and phenomenological modelling study // Chemical Engineering Science, 2005, vol. 60, is. 10, pp. 2751–2762. doi: 10.1016/j.ces.2004.12.026
- Hajra M. G., Mehta K., Chase G. G. Effects of humidity, temperature, and nanofibers on drop coalescence in glass fiber media // Separation and Purification Technology, 2003, vol. 30, is. 1, pp. 79–88. doi: 10.1016/S1383-5866(02)00134-X
- Li B., Ji Z., Feng L. Influence of liquid properties on gas-liquid separation performance of filter // CIESC Journal, 2010, vol. 61, is. 5, pp. 1150–1156.
- Vasudevan G., Chase G. G. Performance of B-E-glass fiber media in coalescence filtration // Journal of Aerosol Science, 2004, vol. 35, is. 1, pp. 83–91. doi: 10.1016/S0021-8502(03)00389-6
- Podgórski A., Bałazy A., Gradoń L. Application of nanofibers to improve the filtration efficiency of the most penetrating aerosol particles in fibrous filters // Chemical Engineering Science, 2006, vol. 61, is. 20, pp. 6804–6815. doi: 10.1016/j.ces.2006.07.022

13. Гольдаде В. А., Макаревич А. В., Пинчук Л. С., Сиканевич А. В., Чернорубашкин А. И. Полимерные волокнистые melt-blown материалы. Гомель : ИММС НАНБ, 2000. 260 с.
14. Гракович П. Н., Иванов Л. Ф., Калинин Л. А., Рябченко И. Л., Толстопятов Е. М., Красовский А. М. Лазерная абляция политетрафторэтилена // Российский химический журнал. 2008. Т. 52, № 3. С. 97–105.
15. ГОСТ Р EN 1822-1-2010. Высокоэффективные фильтры очистки воздуха EPA, HEPA и ULPA. Часть 1. Классификация, методы испытаний, маркировка. Введ. 2011-12-01. М. : Стандартинформ, 2011. 12 с.
16. Шумская В. Ю., Калинин Л. А., Иванов Л. Ф., Снежков В. В. Функциональные волокнисто-пористые материалы для систем фильтрации // Полимерные композиты и трибология (Поликомтриб-2019) : тезисы докладов международной научно-технической конференции (25–28 июня 2019 г.) / редкол.: В.Н. Адериха [и др.]. Гомель : ИММС НАН Беларуси, 2019. С. 133.
17. Li B., Ji Z., Yang X. Evaluation of gas-liquid separation performance of natural gas filters // *Petroleum Science*, 2009, vol. 6, is. 4, pp. 438–444. doi: 10.1007/s12182-009-0067-z
18. Brown R. C. Air filtration: An Integrated approach to the theory and applications of fibrous filters. New York ; Oxford : Pergamon Press, 1993. 296 p.
19. Зимон А. Д. Адгезия жидкости и смачивание. М. : Химия, 1974. 416 с.

References

1. Makarov A. A., Mitrova T. A., Kulagin V. A., Mel'nikova S. N., Galkina A. A. Mirovye gazovye gorizonty do 2040 goda [Global gas horizons to 2040]. *Gazovyy biznes*. [Gas business], 2016, no. 3, pp. 21–28.
2. Farakhov T. M., Iskhakov A. R., Minigulov R. M. Vysokoeffektivnoe separatsionnoe oborudovanie ochistki prirodnogo gaza ot dispersnoy sredy [Highly efficient separation equipment for natural gas purification from dispersed media]. *Neftegazovoe delo* [Oil and gas business], 2011, no. 6, pp. 263–277.
3. Mullakhmetova L. I., Cherkasova E. I. Poputnyy neftyanoy gaz: podgotovka, transportirovka i pererabotka [Associated petroleum gas: fitting, transporting and processing]. *Vestnik tekhnologicheskogo universiteta* [Bulletin of the Technological University], 2015. vol. 18, no. 19, pp. 83–90.
4. Al' Rammakhi Mustafa M. M. Gidrodinamicheskie kharakteristiki inertsionno-fil'truyushchikh separatorov. Diss. kand. tekhn. Nauk [Hydrodynamic characteristics of inertial filter separators. Ph D eng. sci. diss.]. Sumy, 2014. 208 p.
5. Basmanov P. I., Kirichenko V. N., Filatov Yu. N., Yurov Yu. L. Vysokoeffektivnaya ochistka gazov ot aerezoley fil'trami Petryanova [Highly efficient cleaning of gases from aerosols with Petryanova filters]. Moscow : Nauka Publ., 2002. 193 p.
6. Contal P., Simao J., Thomas D., Frising T., Callé S., Appert-Collin J. C., Bémer D. Clogging of fibre filters by submicron droplets. Phenomena and influence of operating conditions. *Journal of Aerosol Science*, 2004, vol. 35, is. 2, pp. 263–278. doi: 10.1016/j.jaerosci.2003.07.003
7. Charvet A., Gonthier Y., Bernis A., Gonze E. Filtration of liquid aerosols with a horizontal fibrous filter. *Chemical Engineering Research and Design*, 2008, vol. 86, is. 6, pp. 569–576. doi: 10.1016/j.cherd.2007.11.008
8. Frising T., Thomas D., Bémer D., Contal P. Clogging of fibrous filters by liquid aerosol particles: Experimental and phenomenological modelling study. *Chemical Engineering Science*, 2005, vol. 60, is. 10, pp. 2751–2762. doi: 10.1016/j.ces.2004.12.026
9. Hajra M. G., Mehta K., Chase G. G. Effects of humidity, temperature, and nanofibers on drop coalescence in glass fiber media. *Separation and Purification Technology*, 2003, vol. 30, is. 1, pp. 79–88. doi: 10.1016/S1383-5866(02)00134-X
10. Li B., Ji Z., Feng L. Influence of liquid properties on gas-liquid separation performance of filter. *CIESC Journal*, 2010, vol. 61, is. 5, pp. 1150–1156.
11. Vasudevan G., Chase G. G. Performance of B–E-glass fiber media in coalescence filtration. *Journal of Aerosol Science*, 2004, vol. 35, is. 1, pp. 83–91. doi: 10.1016/S0021-8502(03)00389-6
12. Podgórski A., Balazy A., Gradoń L. Application of nanofibers to improve the filtration efficiency of the most penetrating aerosol particles in fibrous filters. *Chemical Engineering Science*, 2006, vol. 61, is. 20, pp. 6804–6815. doi: 10.1016/j.ces.2006.07.022
13. Gol'dade V. A., Makarevich A. V., Pinchuk L. S., Sikanevich A. V., Chernorubashkin A. I. *Polimernye voloknistye melt-blown materialy* [Polymer fiber melt-blown materials]. Gornel' : IMMS NANB Publ., 2000. 260 p.
14. Grakovich P. N., Ivanov L. F., Kalinin L. A., Ryabchenko I. L., Tolstopyatov E. M., Krasovskiy A. M. Lazernaya abyatsiya politetraftoretilena [Laser ablation of poly(tetrafluoroethylene)]. *Rossiyskiy khimicheskiy zhurnal* [Russian chemical journal], 2008, vol. 52, no. 3, pp. 97–105.
15. ГОСТ Р EN 1822-1-2010. Vysokoeffektivnye fil'try ochistki vozdukha ERA, NERA i ULPA. Chast' 1. Klassifikatsiya, metody ispytaniy, markirovka [State Standard R EN 1822-1-2010. High-performance EPA, HEPA and ULPA air filters. Part 1. Classification, test methods, marking]. Moscow : Standartinform Publ., 2011. 12 p.
16. Shumskaya V. Yu., Kalinin L. A., Ivanov L. F., Snezhkov V. V. Funktsional'nye voloknisty-poristy materialy dlya sistem fil'tratsii [Functional fiber-porous materials for filtration systems]. *Tezisy dokladov mezhdunarodnoy nauchno-tekhnicheskoy konferentsii «Polimernye kompozity i tribologiya (Polikomtrib-2019)»* [Abstracts of the International scientific and Technical conference “Polymer composites and Tribology (Polikomtrib-2019)”]. Gornel' : IMMS NAN Belarusi Publ., 2019, pp. 133.
17. Li B., Ji Z., Yang X. Evaluation of gas-liquid separation performance of natural gas filters. *Petroleum Science*, 2009, vol. 6, is. 4, pp. 438–444. doi: 10.1007/s12182-009-0067-z
18. Brown R. C. Air filtration: An Integrated approach to the theory and applications of fibrous filters. New York ; Oxford : Pergamon Press, 1993. 296 p.
19. Zimon A. D. *Adgeziya zhidkosti i smachivanie* [Liquid adhesion and wetting]. Moscow : Khimiya Publ., 1974. 416 p.