



INSTYTUT FIZYKI JĄDROWEJ
im. Henryka Niewodniczańskiego
POLSKIEJ AKADEMII NAUK

Kraków, 26 marzec 2024 roku

Dr hab. inż. Łukasz Laskowski
Instytut Fizyki Jądrowej
im. Henryka Niewodniczańskiego
Polskiej Akademii Nauk

Recenzja dorobku naukowego i twórczego oraz osiągnięcia habilitacyjnego zatytułowanego „Transport i depozycja cząstek aerozolowych w filtrach włókninowych” autorstwa Pani dr inż. Anny Jackiewicz-Zagórskiej

Recenzja niniejsza została wykonana na podstawie pisma skierowanego do mnie przez Przewodniczącego Rady Naukowej Dyscypliny Inżynieria Chemiczna prof. dra hab. inż. Tomasza Sosnowskiego z dnia 2 lutego 2024 roku.

Ocenę dorobku Habilitantki przeprowadzono na podstawie dokumentacji w wersji elektronicznej, dostarczonej na pendrive, obejmującej:

1. Wniosek o przeprowadzenie postępowania w sprawie nadania stopnia doktora habilitowanego w dziedzinie nauk inżynieryjno-technicznych w dyscyplinie naukowej inżynieria chemiczna, z dnia 29.09.2023 r. (załącznik 1)
2. Załącznik 2: kopię dyplomu potwierdzającego posiadanie stopnia doktora;
3. Załącznik 3: autoreferat;
4. Załącznik 4: wykaz osiągnięć naukowych albo artystycznych;
5. Załącznik 5: oświadczenia współautorów publikacji naukowych;
6. Załącznik 6: kopie prac naukowych wchodzących w skład cyklu;
7. Załącznik 7: kopie potwierdzeń odbycia staży zagranicznych;
8. Załącznik 8: kopie dokumentów potwierdzających międzynarodową i międzywydziałową współpracę naukową;
9. Załącznik 9: potwierdzenia innych istotnych osiągnięć;

ul. Radzikowskiego 152, 31-342 Kraków centrala: +48 12 662 8000

www.ifj.edu.pl



1. Sylwetka Habilitantki

Pani dr inż. Anna Jackiewicz-Zagórska uzyskała stopień magistra w dziedzinie inżynierii chemicznej i procesowej w roku 2004, na Politechnice Warszawskiej, na Wydziale Inżynierii Chemicznej i Procesowej. Kontynuując swoją karierę naukową na Politechnice Warszawskiej, na Wydziale Inżynierii Chemicznej i Procesowej, habilitantka w roku 2010 uzyskała tam stopień doktora nauk technicznych. Jej rozprawa doktorska była zatytułowana „Investigation into filtration of aerosol particles in inhomogeneous fibrous filters” i została wyróżniona przez Radę Wydziału Inżynierii Chemicznej i Procesowej Politechniki Warszawskiej.

Od roku 2011 Habilitantka jest zatrudniona na stanowisku adiunkta na etacie badawczo-dydaktycznym na Wydziale Inżynierii Chemicznej i Procesowej Politechniki Warszawskiej, gdzie kontynuuje swoją karierę naukową do chwili obecnej.

2. Ocena merytoryczna osiągnięcia naukowego

Osiągnięcie naukowe, które oceniać mam przyjemność, stanowi cykl powiązanych ze sobą tematycznie publikacji, w tym jednaście artykułów naukowych, jeden rozdział w monografii naukowej i jeden recenzowany artykuł w materiałach konferencyjnych. Prace powstały w latach 2011 – 2023, a problematyka w nich ujęta została pod wspólnym tytułem „Transport i depozycja cząstek aerozolowych w filtrach włókninowych”.

Publikacje te stanowią:

1. **Jackiewicz-Zagórska, A., Mika, K., Penconek, A. B., Moskal, A. (2022).** Non-woven filters made of PLA via solution blowing process for effective aerosol nanoparticles filtration. Processes, 10, 1–17. IF₂₀₂₂ = 3,500;
2. Przekop, R., **Jackiewicz-Zagórska, A. (2020).** Effect of mesoscale inhomogeneity and fibers size distribution on the initial stage of deep-bed filtration process. *Journal of Aerosol Science*, 142, 1–13. IF₂₀₂₀ = 3,433;
3. Gac, J. M., **Jackiewicz-Zagórska, A., Werner, Ł., Jakubiak, S. (2018).** Numerical modeling of solid deposits reorganization during consecutive solid-liquid aerosol filtration: Influence on the dynamics of filtration efficiency. *Journal of Aerosol Science*, 119, 13–21. IF₂₀₁₈ = 2,240;
4. **Jackiewicz-Zagórska, A., Szwał, M., Gac, J. M., Werner, Ł., Zalewski, M., Jakubiak, S. (2018).** New methods of natural gas adjusting for technological purposes based on modern filtration materials. Ecological Chemistry and Engineering S-Chemia I Inżynieria Ekologiczna S, 25, 61–72. IF₂₀₁₈ = 1,700;
5. Przekop, R., **Jackiewicz-Zagórska, A., Woźniak, M. and Gradoń, L. (2018),** Effect of work of adhesion on deep bed filtration process. *International Journal of Numerical Methods for Heat & Fluid Flow*, Vol. 28 No. 4, pp. 786-798. IF₂₀₁₈ = 1,958;
6. Gac, **J. M., Jackiewicz, A., Werner, Ł., Jakubiak, S. (2016).** Consecutive filtration of solid particles and droplets in fibrous filters. *Separation and Purification Technology*, 170, 234–240. IF₂₀₁₆ = 3,731;
7. Jakubiak, S., Tomaszewska, **J., Jackiewicz-Zagórska, A., Michalski, J., Kurzydłowski, K. (2016).** Polypropylene - zinc oxide nanorod hybrid material for



- applications in separation processes. *Chemical and Process Engineering*, 37, 393–403. IF₂₀₁₆ = 1,060;
8. **Jackiewicz, A.**, Jakubiak, S., Gradoń, L. (2015). Analysis of the behavior of deposits in fibrous filters during non-steady state filtration using X-ray computed tomography. *Separation and Purification Technology*, 156, 12–21. IF₂₀₁₅ = 3,726;
 9. **Jackiewicz, A.**, Werner, Ł. (2015). Separation of nanoparticles from air using melt-blown filtering media. *Aerosol and Air Quality Research*, 15, 2422–2435. IF₂₀₁₅ = 2,744;
 10. Penconek, A. B., **Jackiewicz, A.**, Moskal, A. (2015). Penetration of Diesel Exhaust Particles (DEPs) through Fibrous Filters Produced Using Melt-Blown Technology. *KONA Powder and Particle Journal*, 32, 184–195. IF₂₀₁₅ = 2,857;
 11. **Jackiewicz, A.**, Podgórski, A., Gradoń, L., Michalski, J. (2013). Nanostructured media to improve the performance of fibrous filters. *KONA Powder and Particle Journal*, IF₂₀₁₃ = 0,891;
 12. Podgórski, A., Maißer, A., Szymanski, W. W., **Jackiewicz, A.**, Gradoń, L. (2011). Penetration of monodisperse, singly charged nanoparticles through polydisperse fibrous filters. *Aerosol Science and Technology*, 45, 215–233. IF₂₀₁₁ = 2,964;
 13. **Jackiewicz-Zagórska A.**, Gac J. M., Nowak B., Werner Ł. (2023). Modelowanie procesu usuwania z powietrza cząstek aerozolowych w nowoczesnych kompozytowych materiałach polipropylen-ZnO. Rozwiązania technologiczne XXI wieku – skutki i perspektywy rozwoju. Tom 4, Wydawnictwo Naukowe Tygiel, ISBN 978-83-67881-09-8, 254-266. Rozdział w monografii, bez IF;
 14. **Jackiewicz, A.**, Podgórski, A., Gradoń, L. (2012). Studies on filtration of aerosol particles in nonuniform fibrous filters, 11th World Filtration Congress, Graz, Austria, 16-20.04.2012. Publikacja w materiałach pokonferencyjnych, bez IF.

Habilitantka jest pierwszą autorką siedmiu prac (w tym pięciu artykułów posiadających współczynnik wpływu IF), natomiast w pozostałych pracach jest na znaczących pozycjach. Podkreślić należy, że udział Habilitantki w pracach jest w większości przypadków znaczny, bo sięgający 80% (jedna praca). W pozostałych pracach Habilitantka partycypowała w 70% (dwie prace), 60% (jedna praca), 50% (pięć prac), 40% (trzy prace), 30% (jedna praca) i 20% (jedna praca). Zatem w większości publikacji w cyklu autorka wykonywała co najmniej 50% pracy. Cykl publikacyjny w większości stanowią „dobre” publikacje, co potwierdzają wskaźniki bibliometryczne. Jedna z prac posiada 200 punktów ministerialnych, dwie 140 pkt., cztery po 100 pkt., pięć po 70 pkt., a rozdział w monografii „wyceniono” na 80 pkt. W sumie daje to aż 1310, przy łącznym współczynniku wpływu z lat wydania równym 30.804.

W ramach osiągnięcia naukowego przedstawiono wyniki badań i analiz dotyczących filtracji aerozoli za pomocą filtrów włókninowych. Prace badawcze habilitantki w swoim aplikacyjnym aspekcie, miały przyczynić się zwiększenia skuteczności filtrów włókninowych do oczyszczania powietrza z cząstek aerozolowych. Jest to zagadnienie o tyle ważne, że jeszcze do niedawna mieliśmy do czynienia z pandemią koronawirusa SARS-CoV-2, i zagadnienie oczyszczania powietrza ze wszelakich możliwych zanieczyszczeń, na których mogą znajdować



się wirusy, jest kluczowe dla zachowania zdrowia społecznego. Co więcej, filtry powietrza są szeroko stosowane zarówno w gospodarstwach domowych (urządzenia klimatyzacyjne, odkurzacze), jak i w przemyśle (filtry kominowe). Dlatego też, uważam temat podjęty w pracy przez Habilitantkę za ważny, a jej badania za wysoce uzasadnione.

Realizując cel aplikacyjny, Habilitantka jasno sprecyzowała cel naukowy swoich badań jako dogłębne poznanie procesów transportowych cząstek w występujących w procesie filtracji przez filtry włókninowe. W drodze ku temu wyznacznikiem miały być cele szczegółowe działań naukowych:

1. Określenie wpływu struktury warstwy filtracyjnej na zachowanie się w niej cząstki – realizację celu opisują publikacje H2, H4, H11, i H14.;
2. Określenie wpływu struktury włókna na zachowanie się cząstki w filtrze – działanie opisane przez artykuły H7 i H13;
3. Analiza zjawisk lokalnych zachodzących podczas kontaktu cząstka – włókno i cząstka – cząstka, co opisano w pracach H5 i H8;
4. Określenie wpływu morfologii cząstek na ich zachowanie się w materiale filtracyjnym – prace H9, H10 i H12;
5. Analiza procesu filtracji aerozoli mieszanych, opisana w publikacjach H3 i H6;
6. Wytworzenie i zbadanie włókninowego filtra z materiału biodegradowalnego, czego dotyczy praca H1.

Patrząc na określenie celów szczegółowych badań habilitantki, które w sposób logiczny opisuje przejście od podejścia czysto naukowego do aplikacyjnego nieco dziwi chronologia przedstawienia prac ujętych w cyklu. Jest to jednak mało znaczący szczegół, nie rzutujący na dorobek Habilitantki.

Część właściwa Autoreferatu Habilitantki jest przedstawiona w dość ciekawy sposób. Autorka zrezygnowała z formy „przewodnika” po publikacjach, czy ekstrakcji samych prac, a przedstawiła osiągnięcie w formie niejako jednej, zbiorczej pracy. Uważam, że taka forma prezentacji jest jak najbardziej poprawna i przyjazna dla czytelnika. Co więcej wymagała ona więcej pracy, niż forma przewodnika.

Opis osiągnięcia naukowego Habilitanta rozpoczęła od przedstawienia podstaw procesu filtracji w strukturach włókninowych. Ten fragment dla mnie, jako osoby nie zajmującej się procesami filtracji na co dzień, jest niezwykle wartościowy. Pozwala bowiem na zaznajomienie się z zagadnieniem i ukierunkowanie na odpowiednią literaturę, niezbędną do uzupełnienia wiedzy eksperckiej. Autorka zdefiniowała i zilustrowała zdjęciem ze skaningowego mikroskopu elektronowego budowę filtrów włókninowych. Opisała podstawowe parametry wpływające na ich działanie i przedstawiła jak wpływają one na proces filtracji. Dokładnie opisany został sam proces przepływu aerozolu przez filtr i mechanizmy osadzania się cząstek na włóknach. Wprowadzono tu również wzory na podstawowe wielkości opisujące proces filtracji.

Mając tą podstawową wiedzę, czytelnik przechodzi do kolejnego rozdziału, opisującego narzędzia, które posłużyły do osiągnięcia celu założonego w ramach cyklu publikacji. Jest to



niejako odpowiednik sekcji „materials and methods” w publikacjach naukowych, zatem pozycja jak najbardziej uzasadniona.

W podrozdziale pierwszym pokazano metodologię wytwarzania filtrów włókninowych. Opisano to dwie metody, jakie Habilitantka stosowała do wytwarzania filtrów, będących obiektami badawczymi. Są to: metoda rozdmuchu stopionego polimeru (melt-blown) oraz metoda rozdmuchu z roztworu (solution blow spinning). Obie procedury są przeprowadzane w laboratoriach Wydziału Inżynierii Chemicznej i Procesowej Politechniki Warszawskiej.

Jako metodę wydajniejszą, Habilitantka przedstawiła procedurę rozdmuchu stopionego polimeru, polegająca na tworzeniu włókien ze stopionego polimeru w stanie ciekłym poprzez wykorzystanie wysokiej prędkości strumienia powietrza lub innego gazu. Ten proces głównie stosowany jest do produkcji mikrowłókien, których średnice wahają się między 2 a 4 mikrometrami, chociaż mogą być nawet mniejsze, osiągając 0,1 mikrometra. Technologia rozdmuchu stopionego polimeru jest jedną z najczęściej stosowanych metod wytwarzania mikro-włókien i włóknin na świecie. Jest to proces jednoetapowy, który pozwala na uzyskanie włóknin z granulatu polimerowego.

Dalej, Habilitantka opisała dokładnie metodykę pomiarów i aparaturę badawczą, wykorzystywaną w przedstawionych przez nią badaniach. Na uwagę zasługuje bardzo dokładny opis stanowiska do badania filtracji cząstek stałych (urządzenie Palas MFP 2000). Opis obejmuje dokładne omówienie sposobu jego działania, wraz z przestawieniem schematów jego budowy. W tym miejscu zaznaczyć warto, że Habilitantka brała czynny udział w tworzeniu i konfiguracji wymienionego stanowiska pomiarowego. Przy jej udziale, aparatura została zmodyfikowana w taki sposób, aby odpowiadać dokładnie potrzebom badawczym zespołu (instalacja dodatkowych kolumn osuszających i dobór generatorów). Nieco mniej dokładny był opis stanowiska do badania filtracji aerozoli mieszanych (urządzenie Palas HFP 2000). Zaznaczyć jednak należy, że absolutnie nie było potrzeby zamieszczenie takiego opisu do zrozumienia idei działania urządzenia.

Po tym wstępie, następuje omówienie najważniejszych osiągnięć naukowych, wchodzących w skład dorobku Habilitantki. Pierwszym z nich jest zbadanie wpływu struktury warstwy filtracyjnej na zachowanie filtrowanych cząstek. Wyniki te przedstawiono w pracy H14. W przytoczonej pracy przedstawiono wyniki badań zarówno teoretycznych, jak i eksperymentalnych dotyczących filtracji submikrometrycznych i mikrometrycznych cząstek aerozoli w różnych włókninowych filtrach. Dokładna analiza struktur włóknin filtrujących wskazała, że są one silnie polidispersyjne, a dystrybucje wielkości włókien można było opisać za pomocą rozkładu logarytmiczno-normalnego. Habilitantka testowała filtry pod kątem początkowej efektywności frakcyjnej filtracji. Wykazała, że im cieńsze były włókna w filtrze, tym wyższa była efektywność filtracji. Ten fakt obserwowała szczególnie dla zakresu wielkości cząstek o największej przenikalności. Wyniki eksperymentów zostały zestawione z obliczeniami teoretycznymi, co pokazało, że jego przyjęcie średnich wielkości włókien nie pozwala dokładnie przewidzieć efektywności filtracji dla rzeczywistych filtrów włóknistych charakteryzujących się wysokim poziomem polidispersyjności włókien. Habilitantka doszła do wniosku, że klasyczna teoria pojedynczego włókna, pierwotnie opracowana dla jednorodnych, monodispersyjnych mediów filtracyjnych, nie może być rozszerzona poprzez



INSTYTUT FIZYKI JĄDROWEJ

im. Henryka Niewodniczańskiego

POLSKIEJ AKADEMII NAUK

wprowadzenie tylko jednej zastępczej średnicy włókna w przypadku niemonodispersyjnych włóknin filtracyjnych. Zaproponowała za to nowy model matematyczny filtracji cząstek aerozoli w filtrach włóknistych w celu interpretacji danych eksperymentalnych. Model wydaje się teoretycznie uzasadniony, gdyż uwzględnia całą dystrybucję wielkości włókien. Habilitantka uzyskała tu bardzo dobrą zgodność między eksperymentalnymi wartościami penetracji submikrometrycznych i mikrometrycznych cząstek aerozoli, obliczeniami. Uzyskane wyniki pokazały, że w analizie skuteczności włóknin filtracyjnych należy uwzględnić rzeczywistą dystrybucję średnic włókien.

Rozwinięcie powyższego założenia przedstawiono w pracy H2. Habilitantka przeprowadziła tu analizę i dyskusję wpływu niemonodispersyjności na efektywność filtracji. Okazało się, że losowa struktura filtra prowadzi do niższej efektywności filtracji i wzrostu spadku ciśnienia związanej z przepływem gazu poprzez preferencyjne ścieżki o wyższej lokalnej porowatości oraz odfiltrowywaniem większych cząstek przez poprzednie warstwy. Według Habilitantki pominięcie dystrybucji wielkości włókien w modelowaniu filtracji prowadzi do niedoszacowania zarówno efektywności filtracji, jak i spadku ciśnienia. Początkowo niższa efektywność filtracji dla nieregularnych struktur niekoniecznie jest zjawiskiem negatywnym, ponieważ może prowadzić do wydłużenia czasu potrzebnego na zatkanie filtra. Uzyskane wyniki pokazały, że klasyczna teoria filtracji przecenia depozycję inercyjną dla małych cząstek. Stwierdzono, że czynnik niemonodispersyjności dla penetracji zależy od średnicy cząstki, dlatego też korelacje uwzględniające tylko cechy strukturalne filtra wydają się nie być ogólnie ważne.

Prace były kontynuowane w ramach publikacji H11, gdzie Habilitantka zaprezentowała sposób zwiększenia efektywności usuwania pyłu przez filtrację włókninami, poprzez zastosowanie włókien nanostrukturalnych. Wprowadzono różnorodne modyfikacje klasycznej techniki dmuchania stopionej masy w celu produkcji włókien o szerokim zakresie rozmiarów. Analiza struktury uzyskanego filtra potwierdziła, że można znacząco zmniejszyć średnicę włókien poniżej 1 μm poprzez modyfikację kilku parametrów przetwarzania i zastosowanie różnych materiałów. Pokazano, że projektując filtr z włóknami nanometrycznymi, można znacznie zwiększyć efektywność separacji cząstek aerozolowych w porównaniu z filtrami składającymi się z grubszych włókien, co jest szczególnie zauważalne w przypadku zakresu wielkości cząstek o największej przenikalności. W celu uzyskania włókien mikrometrycznych, Habilitantka zastosowała Metocene o wyższym MFI. W pracy zbadano również aspekt teoretyczny filtracji w materiałach włóknistych, zawierając opis uzyskanej penetracji za pomocą dwóch modeli: klasycznego zgodnego z dostępną literaturą i zaproponowanego przez zespół Habilitantki. Wyniki uzyskane jasno pokazały, że klasyczna teoria pojedynczego włókna, oparta na założeniu jednorodnej struktury filtra i monodispersyjnej wielkości włókien, jest niezdolna do poprawnego przewidywania efektywności filtracji dla rzeczywistych filtrów włóknistych z wysokim poziomem polidispersyjności wielkości włókien (co pokazano we wcześniejszej pracy).

Opis matematyczny procesu filtracji Habilitantka kontynuowała w pracy H8, gdzie poszukiwano modelu procesu filtracji niustalonego w czasie. Jak wyjaśniła autorka, rozkład cząstek zależy od początkowego osadzania się cząstek na czystych włóknach oraz od ponownego unoszenia cząstek i ich osadzania się w głębszej części materiału.

ul. Radzikowskiego 152, 31-342 Kraków centrala: +48 12 662 8000

www.ifj.edu.pl



INSTYTUT FIZYKI JĄDROWEJ
im. Henryka Niewodniczańskiego
POLSKIEJ AKADEMII NAUK

Dodatkowo, sama struktura filtra wpływa na ten proces. Analiza tomografii komputerowej, pokazana w pracy, potwierdziła, że cząstki odłączają się od włókien, ale nie opuszczają filtra. Zmieniają tylko swoje położenie wewnątrz struktury filtra, co potwierdzono za pomocą licznika cząstek i ważenia filtrów. Zaobserwowano, że im większa prędkość strumienia powietrza (mniejsza porowatość filtra), tym większa część objętości materiału filtra zajęta jest przez osady. To zjawisko jest większe w przypadku mikrofiltra. W przypadku nanofiltra osady znajdują się w zewnętrznej warstwie i tworzą zwarte struktury wynikające z gęstości upakowania i silnych połączeń adhezyjnych między cząstkami, dlatego obserwuje się mniejsze zjawisko ponownego unoszenia cząstek. Uzyskane przez Habilitantkę w pracy dane mogą pomóc opracować procedury przydatne w projektowaniu głębokich filtrów o wysokiej skuteczności zatrzymywania pyłu, charakteryzujących się długim cyklem życia.

Kierunek badań zmieniła nieco autorka w pracy H5, gdzie zaproponowała oscylacyjny model bilansu energii odbicia i resuspensji cząstek opierający się na teorii adhezji. Zaproponowany model dostarczył istotnych informacji dla zrozumienia wydajności filtrów, zwłaszcza w przypadkach, gdy interakcje między cząstkami oraz między cząstkami a włóknem muszą zostać uwzględnione. Jak pokazała autorka, dla niskich wartości pracy adhezji, nanocząstki tworzą "monowarstwę" na powierzchni kolektora, podczas gdy dla wyższych wartości obserwuje się wzrost dendrytyczny. Kolizje między zawieszonymi i osadzonymi cząstkami są nieskuteczne dla osadzania w przypadku niskich wartości pracy adhezji. Cząstki o niskich wartościach pracy adhezji są również bardziej podatne na ponowne unoszenie się do strumienia płynu. Ustalono minimalną wartość efektywności filtracji dla cząstek o średnicy około 500 nm, gdzie ani mechanizm dyfuzyjny, ani inercyjny nie są skuteczne.

W pracy H4 autorka zaproponowała gradientową strukturę filtracyjną o dużej pyłochłonności, sprawności oraz powolnym wzroście oporów przepływu. Podkreślić należy, że praca powstała w ramach projektu LIDER III z NCBiR, którego Habilitantka była kierownikiem. W przedstawionej pracy Habilitantka skupiła się na aspekcie praktycznym, mianowicie nad oczyszczaniem gazu ziemnego z zanieczyszczeń. Nowe materiały separacyjne zostały zaprojektowane i wyprodukowane właśnie w tym celu. Według autorki, zaprojektowane filtry gradientowe mogą skutecznie usuwać wodę ze strumienia gazu ziemnego, w ilości nawet 80%. Jeśli chodzi o usuwanie azotu, uzyskane membrany są porównywalne do dostępnych komercyjnie membran. Dodatkowo, opracowane filtry cechowały się długą żywotnością.

Nieco innym podejściem, zastosowanym przez autorkę w celu zwiększenia skuteczności filtracji przez włókniny, była modyfikacja materiału włókien, co przedstawiono w pracach H7 i H13. Zaproponowano modyfikację materiału nanoprętami tlenku cynku. W pracy H7 pokazano proces tworzenia nanokompozytowych włókien złożonych z polipropylemu i nanoprętów ZnO, które pokrywały włókna PP.



INSTYTUT FIZYKI JĄDROWEJ

im. Henryka Niewodniczańskiego

POLSKIEJ AKADEMII NAUK

Co ważne, wykazano, że zastosowanie plazmowej obróbki włókien PP skutkowało obniżeniem kąta zwilżania o 30 stopni (zatem zwiększeniem energii powierzchniowej), co umożliwiło bardziej jednolite rozmieszczenie inicjatorów wzrostu na powierzchni włókien. Ta warstwa miała kluczowy wpływ na morfologię uzyskanych prętów ZnO. Jak pokazała autorka, ze względu na mechanizm konkurencji, im gęstsza i bardziej jednolita warstwa inicjatorów wzrostu, tym drobniejsze pręty można uzyskać w wyniku wzrostu hydrotermalnego. Przeprowadzone testy aplikacyjne wykazały, że materiał hybrydowy wykazał poprawione właściwości filtracyjne w porównaniu ze standardowym nieutkanym PP. Co ważne, podczas gdy efektywność frakcyjna filtracji dla cząstek aerozolowych o średnicy 0,2 μm wzrosła o 30%, zmierzony początkowy spadek ciśnienia wzrósł tylko nieznacznie o około 3 Pa.

To podejście kontynuowano w pracy H13. Tu jednak autorka postawiła nacisk na matematyczny i numeryczny opis procesu filtracji cząstek aerozolowych na włóknach, zarówno tych zmodyfikowanych, jak i niezmodyfikowanych tlenkiem cynku.

W pracy H12 autorka zbadała zachowanie kulistych, monodispersyjnych cząstek w różnych filtrach włókninowych. W pracy autorka przedstawiła wyniki eksperymentalne penetracji jednokrotnie naładowanych, jednorodnych cząstek aerozolowych przez cztery polidispersyjne filtry włókninowe. Jak wynika z analizy, brownowska jest całkowicie dominującym mechanizmem osadzania. Habilitantka wykazała również, że klasyczna teoria filtracji aerozoli znacząco niedoszacowuje penetrację cząstek nanometrycznych, gdy jest stosowana w oparciu o średnicę włókna obliczoną na podstawie średniej arytmetycznej, zwłaszcza w przypadku filtrów polidispersyjnych. Co więcej, model Kirscha filtracji aerozoli w polidispersyjnych filtrach włókninowych okazał się niezadowolający w przypadku nanopowłok, a jego wersja uzyskana przez zastąpienie formuł efektywności pojedynczych włókien przez formuły dla modelu przepływu Kuwabary, okazała się lepszą, ale wciąż nie doskonałą metodą. Zamiast tego, z powodzeniem zastosowano model przepływu częściowo segregowanego, uwzględniający rozkład średnicy włókien. Autorka wykazała, że dla analizowanych filtrów, które miały rozkłady wielkości włókien logarytmiczno-normalne, intensywność segregacji wzrastała wraz ze wzrostem średnicy cząstki, i było możliwe dokładne interpolowanie intensywności segregacji względem liczby Pecleta za pomocą funkcji logarytmiczno-logistycznej lub logarytmiczno-normalnej. Gdy pierwsza interpolacja została użyta w połączeniu z modelem przepływu częściowo segregowanego, uzyskano doskonałe dopasowanie do eksperymentalnie zmierzonej penetracji dla wszystkich analizowanych cząstek i filtrów.

Polidispersyjne nanoaerozole stałe i ciekłe analizowała Habilitantka w ramach pracy H9. Autorka wykazała tu, że zaprojektowane i wykonane przez nią włókninowe filtry o różnych strukturach, skutecznie usuwają z powietrza takie właśnie zanieczyszczenia. W pracy habilitantka wykazała, że najwyższą skuteczność przy najniższej badanej prędkości przepływu aerozolu przez filtr, wykazał materiał filtracyjny z włókien nanometrycznych. Istotną konkluzją w pracy była teza, że wykorzystanie mieszanych filtrów składających się z nano- i mikrowłókien zblendowanych razem jest efektywnym rozwiązaniem. Nano włókna zapewnią wysoką skuteczność wychwytywania cząstek, podczas gdy grubsze włókna zapobiegą zbyt dużemu spadkowi ciśnienia. Przedstawione przez autorkę wyniki

ul. Radzikowskiego 152, 31-342 Kraków centrala: +48 12 662 8000

www.ifj.edu.pl



eksperymentalne dotyczące nanofiltracji zostały wyjaśnione przy użyciu klasycznej teorii filtracji oraz modelu matematycznego znanego Modelem Częściowo Segregowanego Przepływu opracowanego przez jej grupę badawczą. Autorka wykazała, że model ten nadaje się do opisu filtracji nie tylko cząstek o wielkościach submikronowych i mikronowych, ale także stałych i ciekłych nanoobjektów.

W pracy H10 autorka podjęła ważny temat filtracji spalin olejowych silników Diesla. W artykule teoretyczna analiza procesu filtracji na tkaninach włóknistych została przeprowadzona przy użyciu klasycznej teorii filtracji, zakładając, że warstwę filtracyjną można traktować jako system pojedynczego włókna umieszczonego w komórce Kuwabary. Jak wykazano eksperymentalnie, że filtry włókniste, produkowane przy użyciu technologii rozdmuchiwania, zapewniają wysoki poziom ochrony przed aerozolami powstałymi ze spalania oleju napędowego, sięgający nawet 99%. Nie współgrało to jednak z modelem teoretycznym, który wskazywał na znacznie mniejszą skuteczność.

Kolejne prace autorki dotyczą aerozoli mieszanych i uzupełniają się wzajemnie. Mianowicie wyniki eksperymentalne pokazano w H6, podczas gdy opis modelu teoretycznego i wyjaśnienie na jego podstawie eksperymentu nastąpiło w pracy H3.

Uszczegóławiając, w artykule H6 zbadano zmiany skuteczności filtracji podczas kolejnych etapów filtracji aerozoli stało-płynnych i płynno-stałych na filtrach włókninowych. Autorka zauważyła, że obecność cząstek dwóch rodzajów silnie wpływała na skuteczność filtracji. Znaczenie miała też kolejność filtracji. W przypadku, gdy filtr był początkowo zatkany cząstkami stałymi, a następnie kroplami cieczy, jego skuteczność podczas filtracji mgielkowej była początkowo większa niż skuteczność czystego filtra. Jednakże szybko spadła do wartości początkowej, co było spowodowane deformacją osadów stałych. Z kolei, gdy filtr był najpierw zatkany kroplami cieczy, skuteczność podczas filtracji stałej nie zmieniała się, co wynikało z obecności cienkiej warstwy pokrywającej włókna, która hamowała tworzenie się osadów przypominających dendryty.

Wyjaśnienie teoretyczne powyższych wniosków autorka przedstawiła w pracy H3, gdzie analizowała tworzenia się i dynamikę osadów stałych podczas kolejnych etapów filtracji aerozoli stało-płynnych lub płynno-stałych. Autorka zaproponowała tu nowy model numeryczny, umożliwiający uwzględnienie zmian morfologii osadów oraz wpływu tych zmian na skuteczność pojedynczego włókna. Opracowany model pozwalał na analizę przemieszczenia cząstek stałych wewnątrz osadu. Jak pokazała Habilitantka, siły, które powodują te przemieszczenia, wynikają z obecności niewielkiej ilości cieczy wewnątrz osadu.

Jedyną publikacją w cyklu Habilitantki, podejmującą tematykę wytwarzania filtrów włókninowych metodą rozdmuchu z roztworu jest pozycja H1. Jest to jednak publikacja o szerokim zakresie prac. W jej ramach, bowiem, autorka przygotowała stanowisko do produkcji takich filtrów, zoptymalizowała parametry ich wytwarzania, wytworzyła materiał badawczy i gruntownie go przebadła. Badane (biodegradowalne) włókniny filtracyjne powstały poprzez rozdmuch kwasu polilaktydowego tworzącego nanowłókna. Jako podłoża użyto włókien kokosowych. Jak można było założyć, średnice włókien zmniejszyły się wraz ze zmniejszaniem stężenia roztworu z 6 do 4%, co pociągało za sobą wzrost skuteczności



filtracji. Wytworzone struktury wykazały około 70% skuteczności filtracji dla cząstek o średnicy od 0,02 do 0,2 μm przy spadku ciśnienia poniżej 60 Pa.

Na podstawie powyżej przedstawionych prac naukowych, wyszczególniono najważniejsze osiągnięcia naukowe Habilitantki, którymi są:

- Określenie wpływu nanowłókien obecnych w strukturze filtracyjnej na zachowanie cząstek;
- Wykazanie wpływu niejednorodności struktury filtracyjnej na transport cząstek;
- Wykazanie wpływu struktury powierzchniowej włókna na ruch cząstek w jego pobliżu;
- Zastosowanie nowatorskiej techniki (mikrotomografia) do wyjaśnienia zjawisk zachodzących w strukturze filtracyjnej podczas nieustalanej filtracji cząstek stałych w filtrze włókninowym;
- Opracowanie nowatorskiej koncepcji filtrów gradientowych wykonanych techniką melt-blown;
- Wyjaśnienie zjawisk transportu nanocząstek w strukturach włókninowych;
- Wyjaśnienie zjawisk zachodzących podczas filtracji aerozoli mieszanych (ciało stałe i ciecz) w filtrach włókninowych;
- Określenie wpływu parametrów procesowych stosowanych w metodzie rozdmuchu z roztworu na strukturę otrzymywanych biodegradowalnych mat filtracyjnych, a tym samym na ich sprawność i spadek ciśnienia.

Dodatkowo, autorka jasno nakreśliła swoje przyszłe prace badawcze, będące dalszym rozwojem zaproponowanej tematyki.

Po dokładnym przeglądzie publikacji i osiągnięć naukowych Habilitantki, uznaję ich wartość i znaczenie merytoryczne. Przedstawiają one interesujący, dobrze udokumentowany, zarówno pod względem danych, jak i wizualnie, materiał badawczy i obliczeniowy. Każda z prac naukowych precyzyjnie określa swoje cele, które zostały w pełni osiągnięte. Warto zaznaczyć również klarowne podsumowania wniosków każdej z prac, z wyraźnym wskazaniem najważniejszych osiągnięć i sugerowanych kierunków dalszych badań. Osiągnięcia te są wynikiem samodzielnej pracy naukowej Habilitantki oraz współpracy z innymi badaczami. Istotny wkład Habilitantki w opracowanie koncepcji badawczych, przeprowadzenie eksperymentów, analizę wyników i przygotowanie publikacji warto podkreślić. Uważam, że istnieje potrzeba kontynuowania przez Habilitantkę badań w dotychczasowej tematyce, aby dążyć do doskonalenia procesu wytwarzania coraz to doskonalszych filtrów, co ma niebagatelne znaczenie dla przemysłu



Po wnikliwej analizie osiągnięcia naukowego doceniam jego wartość merytoryczną. Przedstawia ono ciekawy, dobrze udokumentowany, również wizualnie, materiał badawczy i obliczeniowy. W każdej z publikacji precyzyjnie określono cel naukowy, który został w pełni zrealizowany. Na podkreślenie zasługuje również czytelne przedstawianie wniosków/podsumowania poszczególnych prac, z zaakcentowaniem najważniejszych osiągnięć w nich podjętych, a także kierunków dalszych badań. Osiągnięcie naukowe jest efektem samodzielnej pracy naukowej Habilitanta oraz jego współpracy z innymi naukowcami w zespołach badawczych, a także przedstawicielami przemysłu. Należy podkreślić znaczący udział Habilitanta w opracowaniu koncepcji stanowisk badawczych, prowadzeniu badań eksperymentalnych, analizie wyników pomiarów, a także przygotowywaniu publikacji. Uważam, że istnieje konieczność kontynuowania i rozwoju przez Habilitanta badań naukowych w podejmowanej dotychczas tematyce, z uwagi na potrzebę dążenia do doskonalenia procesu określania charakterystyki energetycznej budynków oraz poprawy efektywności energetycznej systemów ich ogrzewania i wentylacji.

3. Ocena aktywności naukowej albo artystycznej realizowanej w więcej niż jednej uczelni, instytucji naukowej lub instytucji kultury, w szczególności zagranicznej.

Habilitantka grudniu 2008r. odbyła staż naukowy w Institute for Experimental Physics, University of Vienna w ramach współpracy bilateralnej. Nie doszukałem się informacji o czasie trwania tego stażu, jednak wynikiem tak rozpoczętej współpracy jest osiem publikacji naukowych, co jest ilością niebagatelną. Nie znalazłem też w żadnej z przedstawionych publikacji afiliacji Autorki innej, niż macierzysta uczelnia. Na podstawie jednak listu rekomendacyjnego Prof. Władysława W. Szymanskiego, uznać można, że Habilitantka prowadziła na przyjmującej jednostce znaczącą działalność naukową.

Warte uwagi są liczne współprace Autorki, zarówno z przedstawicielami świata nauki, jak i przemysłu. Habilitantka współpracowała z:

- Institute for Experimental Physics, University of Vienna (wspomniany powyżej);
- Norweskim Instytutem Badania Wody NIVA;
- Pracownią Zagrożeń Biologicznych Centralnego Instytutu Ochrony Pracy - Państwowego Instytutu Badawczego (CIOP-PIB) w Warszawie;
- Pracownią Aerosoli, Filtracji i Wentylacji Centralnego Instytutu Ochrony Pracy w Warszawie;
- firmą Amazon Filters sp. z o.o.;
- firmą Cummins Filtration Ltd (USA) ;
- firmą Palas GmbH .

Poza tym, Autorka przeprowadziła cztery ekspertyzy na zlecenie podmiotów komercyjnych.



4. Ocena działalności dydaktycznej, organizacyjnej oraz popularyzującej naukę

Działalność dydaktyczna Habilitantki jest związana z Wydziałem Inżynierii Chemicznej i Procesowej oraz z Wydziałem Chemicznym Politechniki Warszawskiej. Koncentruje się głównie na trzech obszarach: prowadzeniu zajęć dydaktycznych z studentami, pełnieniu roli promotora prac dyplomowych na poziomie inżynierskim i magisterskim oraz pełnieniu funkcji promotora pomocniczego w przewodach doktorskich.

Jej działalność dydaktyczna rozpoczęła się w 2005 roku podczas studiów doktoranckich. Dotychczas Autorka prowadziła dziewięć przedmiotów ze studentami. Była promotorem niebagatelnej liczby prac magisterskich (23) i inżynierskich (21), oraz recenzentką w 14 przewodach. Dodatkowo, kilka prac jest nadal w toku.

Habilitantka jest współautorką skryptu dydaktycznego i opiekunką koła naukowego. Za swoją działalność dydaktyczną otrzymała Nagrodę I Stopnia Rektora Politechniki Warszawskiej.

Autorka nadal rozwija się zawodowo uczestnicząc w specjalistycznych kursach i studiach podyplomowych, co potwierdzają liczne certyfikaty. Czynnie działa w ramach popularyzacji nauki. Warto podkreślić jej udział w 40 konferencjach naukowych. Jest też laureatką licznych nagród i wyróżnień.

5. Podsumowanie

W nawiązaniu do powyższego należy podkreślić, że Pani dr inż. Anna Jackiewicz-Zagórska spełnia wymagania Ustawy z dnia 20 lipca 2018 r. Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce, stawiane kandydatom do nadania stopnia doktora habilitowanego.

Wnioskuje o nadanie Pani dr inż. Annie Jackiewicz-Zagórskiej stopnia doktora habilitowanego w dziedzinie nauk inżynieryjno-technicznych w dyscyplinie naukowej inżynieria chemiczna.