

Recenzja rozprawy doktorskiej
mgr inż. Mateusza Kamińskiego
*pt. „Wykorzystanie jedno- i wielowarstwowych filtrów włókninowych do
oczyszczania gazów z cząstek zawieszonych stałych i ciekłych”*

1. Podstawa wykonania recenzji

Recenzję wykonałem na podstawie pisma Pana Przewodniczącego Rady Naukowej Dyscypliny Inżynieria Chemiczna Politechniki Warszawskiej prof. dr. hab. inż. Tomasza Sosnowskiego z dnia 22 czerwca 2023 roku oraz uchwały Rady RNDICh.6-33.2023 z dnia 20 czerwca 2023 roku.

2. Wybór tematyki badawczej

Tematyka rozprawy doktorskiej dotyczy oczyszczania gazów (powietrza) z zanieczyszczeń w postaci cząstek ciał stałych i/lub frakcji ciekłych. Zanieczyszczenia te mogą mieć różne źródła, takie jak spalanie paliw kopalnych, przemysł, transport, rolnictwo czy pożary. Zanieczyszczenia powietrza cząstkami ciał stałych mają negatywny wpływ na zdrowie ludzi ponieważ mogą powodować choroby układu oddechowego, sercowo-naczyniowego, nowotwory, oraz na środowisko.

Wymagania Unii Europejskiej dotyczące dopuszczalnych stężeń zanieczyszczeń powietrza cząstkami ciał stałych są określone w dyrektywie 2008/50/WE. Dyrektywa ta ustanawia wartości graniczne i docelowe dla dwóch frakcji cząstek PM10 i PM2.5. Wymagania te mają na celu zapewnienie wysokiego poziomu ochrony zdrowia ludzkiego i jakości powietrza w Europie.

W Polsce obowiązują normy jakości powietrza dla PM, które są zgodne z dyrektywami Unii Europejskiej. Ponadto w ramach Krajowego Planu Ochrony Powietrza (KPO), Polska zobowiązała się do podjęcia działań mających na celu poprawę jakości powietrza i zmniejszenie emisji PM. KPO zakłada m.in. modernizację systemów ogrzewania, poprawę efektywności energetycznej budynków, rozwój transportu publicznego i elektromobilności, ograniczenie emisji z rolnictwa i gospodarki odpadami, a także edukację i informowanie społeczeństwa o problemie zanieczyszczenia powietrza. Celem KPO jest osiągnięcie poziomu jakości powietrza zgodnego z normami UE oraz zapewnienie dalszej poprawy jakości powietrza do roku 2050.

Procesy oczyszczania gazów z zanieczyszczeń stałych w świetle transformacji energetycznej z perspektywą do 2050 roku stają się niezwykle istotne. Z punktu widzenia procesowego separację zanieczyszczeń stałych z gazów zwykle można prowadzić metodami suchymi lub mokrymi. Metody suche bazują na wykorzystaniu siły ciężkości, sił bezwładności, siły pola elektrostatycznego czy też zatrzymania na przegrodzie. Z kolei w metodach mokrych wykorzystuje się dodatkowy składnik ciekły (najczęściej wodę) do rozdzielenia na zwilżonych przegrodach, zatrzymaniu w cieczy czy wykorzystania

siły bezwładności. Parametrami definiującymi proces oczyszczania gazów, jak również pozwalającymi dobrać odpowiedni typ separatora jest sprawność i wydajność rozdzielania.

Niewątpliwie jednym z bardziej popularnych separatorów gazowych układów niejednorodnych są filtry, które charakteryzują się wysoką skutecznością rozdzielania układu niejednorodnego. Zasada działania filtrów polega na zatrzymaniu cząstek ciała stałego na przegrodzie, którą stanowić może tkanina (filce, stylon, nylon), papier lub inna przegroda porowata (kształtki ceramiczne, rury porolitowe). Filtry mogą stanowić warstwy materiału ziarnistego (ruchome bądź nieruchome) oraz tkaniny jedno- lub wielowarstwowe.

Recenzowana rozprawa doktorska podejmuje elementy charakterystyki filtracji gazowych układów niejednorodnych z wykorzystaniem filtrów wielowarstwowych. Celem prezentowanej pracy doktorskiej było zbadanie filtracji aerozoli jedno i wieloskładnikowych z wykorzystaniem filtrów włókninowych oraz modyfikacja i dostosowanie istniejących modeli obliczeniowych, wykorzystywanych dla układów jednoskładnikowych, do opisu układów wieloskładnikowych z uwzględnieniem zmian zachodzących wewnątrz filtra w czasie trwania procesu filtracji. Podjęcie tych zagadnień w recenzowanej pracy uważam za w pełni uzasadnione zarówno z teoretycznego jak i praktycznego punktu widzenia. Badania takie odpowiadają bowiem najnowszym trendom i stwarzają bardzo szerokie możliwości aplikacyjne.

3. Charakterystyka pracy

Recenzowana praca została wykonana na Wydziale Inżynierii Chemicznej i Procesowej Politechniki Warszawskiej pod kierunkiem dr hab. inż. Jakuba M. Gaca, prof. PW. Rozprawę doktorską stanowi cykl czterech monotematycznych publikacji zamieszczonych w czasopismach naukowych z bazy Journal Citation Reports JCR oraz 86 stronicowy opis zawierający m.in. oświadczenia współautorów publikacji. Cykl stanowiły następujące publikacje: *Separation and Purification Technology* ([A1], M=140 pkt., IF₂₀₂₀=7,312), *Aerosol and Air Quality Research* ([A2] i [A3], M=100 pkt., IF₂₀₂₂=4,0), i *Polymers* ([A4], M=100 pkt., IF₂₀₂₂=5,0).

[A1] M. Kamiński, J.M. Gac, P. Sobiech, P. Kozikowski, S. Jakubiak, „Filtration of aerosols containing graphite nanoparticles or their mixture with water droplets on single and multilayer fibrous filters”, *Separation and Purification Technology* 237 (2020), 116378, 1-8.

[A2] M. Kamiński, J.M. Gac, P. Sobiech, P. Kozikowski, S. Jakubiak, T. Jankowski, „Filtration of submicron soot particles, oil droplets, and their mixtures on single- and multilayer fibrous filters”, *Aerosol and Air Quality Research* 22 (2022), 3, 210258, 1-16.

[A3] M. Kamiński, J.M. Gac, P. Sobiech, P. Kozikowski, T. Jankowski, „Mixture Aerosols Filtration on Filters with Wide Fibre Diameter Distribution - Comparison with Theoretical and Empirical Models”, *Aerosol and Air Quality Research* 22 (2022), 6, 220039, 1-14.

[A4] M. Kamiński, J.M. Gac, P. Sobiech, P. Kozikowski, T. Jankowski, „Pressure Drop Dynamics during Filtration of Mixture Aerosol Containing Water, Oil, and Soot Particles on Nonwoven Filters”, *Polymers* 15 (2023), 1787, 1-16.

Sumaryczny IF według danych bibliometrycznych przypadających na rok opublikowania wynosił odpowiednio: M=440 pkt, IF=20,312 (doktorant w części opisowej na str. 8 podał dane bibliometryczne za 2021 rok). Na podkreślenie zasługuje fakt, że czasopisma w których opublikowano wyniki badań znajdują się w pierwszym lub drugim kwartylu Q1 i Q2 swoich dziedzin a ich JIF percentyl nie jest mniejszy niż 60 (*Separation and Purification Technology*, JIF percentyl wynosi 89,16 w kategorii inżynieria chemiczna). Świadczy to o wysokim poziomie publikowanych prac. We wszystkich

wymienionych pracach mgr inż. Michał Kamiński jest wiodącym autorem. Z oświadczeń współautorów wynika, iż wkład Doktoranta w powstaniu czterech prac polegał głównie na opracowaniu koncepcji pomiarów, przeprowadzeniu pomiarów i ich analizy oraz interpretacji. W mojej opinii wkład Doktoranta w powstawanie publikacji jest wystarczający i nie budzi wątpliwości.

Część opisową rozprawy doktorskiej stanowi 9 rozdziałów, w tym wstęp (rozdział 1), cele i zakres rozprawy doktorskiej (rozdział 2), bibliografia (rozdział 7), oświadczenia współautorów (rozdział 8) i treść artykułów (rozdział 9).

Rozdział 1 zawiera wstęp a w rozdziale 2 Doktorant nakreślił cele swojej pracy.

W rozdziale 3 przedstawił podstawy teoretyczne tematyki badawczej. W pierwszej kolejności (podrozdział 3.1) omówił sposoby oczyszczania gazów i wytwarzanie filtrów włókninowych. Według mnie omówienie sposobów oczyszczania gazów pozostawia niedosyt, gdyż zostało przedstawione w sposób skrótowy ograniczając się zasadniczo tylko do ich wymienienia. Skrótowo omawia również skuteczność oczyszczania odnosząc się tylko do wpływu wielkości cząstki pomijając wpływ objętościowego natężenia przepływu czy konstrukcji odpylacza. Omawia również metody suche i mokre przedstawiając ich zalety jak i wady, które związane są głównie z zagospodarowaniem zawiesiny cząstek stałych w cieczy po procesie. W części tej omówione zostają metody wytwarzania filtrów włókninowych: elektroprzędzenie, metody polegające na dyspersji włókien i metody rozdmuchu stopionego polimeru. Metoda ta została wykorzystana przez Doktoranta do otrzymania filtrów wykorzystywanych w badaniach, co zostało zaprezentowane w artykułach A1-A4.

W podrozdziale 3.2 mgr. inż. Mateusz Kamiński scharakteryzował filtry włókniste jedno- i wielowarstwowe. Sprawność oczyszczania zależy od budowy filtra a dokładnie od pojedynczych włókien, co uwidacznia się we wzorach pozwalających wyznaczyć sprawność oczyszczania. Największy wpływ na sprawność oczyszczania ma średnica pojedynczego włókna, jego sprawność oczyszczania oraz porowatość filtra i jego grubość. Również materiał, z którego wykonany jest filtr odgrywa znaczenie m.in. chropowatość czy hydrofobowość włókna. Z tego względu wytwarzanie filtrów do celów eksperymentalnych musi charakteryzować się powtarzalnością rozkładu wielkości włókien i jednorodnością ich rozmieszczenia. Biorąc to pod uwagę, metoda rozdmuchu stopionego polimeru, w przeciwieństwie do filtrów tkanych, pozwala uzyskać filtry o przypadkowych i niejednorodnym rozmieszczeniu włókien. To może powodować trudności.

W dalszej części tego podrozdziału Doktorant omawia podział filtrów ze względu na wewnętrzną strukturę. Wyróżnione zostają filtry jednorodne, gradientowe i wielowarstwowe. Filtry wielowarstwowe posiadają wady i zalety. Niewątpliwie ich odpowiednio dobrana budowa (ułożenie warstw) może przyczyniać się do równomiernego obciążenia filtra i zwiększenia sprawności oczyszczania. Z drugiej strony nierównomierność budowy filtra (metodą rozdmuchu) może powodować, że pojedyncze włókno stanie się promotorem lub barierą dla przemieszczania się depozytu ciekłego. Jest to ryzyko, którego ma on świadomość.

W podrozdziale 3.3 omawia wpływ wielkości cząstek oraz ich rozkładu na proces oczyszczania. Idealnym przypadkiem jest sytuacja, w którym cząstki mają podobną wielkość, a ich rozkład jest stosunkowo wąski. W takiej sytuacji dobór filtra nie nastęrcza większych problemów. Niestety takie przypadki zdarzają się rzadko. Zwykle rozkład wielkości cząstek jest szeroki a określenie średnicy pojedynczego włókna może być utrudnione np. ze względu na tworzącą się wewnętrzną strukturę cząstek stałych.

W podrozdziale 3.4 mgr inż. Mateusz Kamiński umieścił wzory wykorzystywane do obliczania sprawności z uwzględnieniem sprawności poszczególnych mechanizmów: bezpośredniego zaczepienia, dyfuzyjnego, bezwładnościowego i jednoczesnej dyfuzji i bezpośredniego zaczepienia. Zamieścił

również wzory towarzyszące pozwalające określić powyższe sprawności. Wzory te są zgodne z klasyczną teorią filtracji. W części tej przedstawia równania empiryczne, w których współczynniki A, B, C, D, E zostały wyznaczone na podstawie wyników badań eksperymentalnych. Dobór równań bazujących na klasycznej teorii filtracji i równań empirycznych, w których stałe wyznaczono eksperymentalnie, zależy według Doktoranta, od układu który rozdzielamy. W przypadku układów mieszanых ciała stałe i ciecz sugeruje on wykorzystanie równań empirycznych a w przypadku układów składających się z cząstkami stałymi z klasycznych równań. W podrozdziale tym Doktorant umieścił również równania pozwalające na obliczenie spadków ciśnienia. Podobnie jak w przypadku sprawności oczyszczania mgr inż. Kamiński przedstawia równania empiryczne w których stałe F, G i H zostały wyznaczone eksperymentalnie.

Podrozdział 3.5 zawiera opis schematu obliczeń, który został zastosowanych w publikacjach A1-A4. Zaproponowany przez Doktoranta schemat obliczeń umożliwi wyznaczenie sprawności oczyszczania oraz spadku ciśnienia. Schemat został podzielony na kilka etapów (zgodnie z rys.1). W pierwszym Doktorant wyznaczał właściwości filtra takie jak: gęstość upakowania, grubość warstwy oraz rozkład rozmiarów włókien. Następnie wyznaczano sprawność początkową filtra oraz wyznaczano stałe A-D w równaniach 15, 17 i 19. W drugim etapie wyznaczano maksymalną liczbę cząstek, które potencjalnie mogły być zatrzymane na filtrze (z uwzględnieniem stałej czasowej). W trzecim kroku na podstawie wyznaczonej wcześniej sprawności frakcyjnej (etap 1), wyznaczano liczbę cząstek aerozolowych zatrzymywanych na określonej frakcji włókien filtra, następnie ich objętość oraz masę zatrzymaną na filtrze. Na podstawie objętości depozytów wyznaczano gęstość upakowania z równania 20 a następnie nową wartość liniowej prędkości przepływu na podstawie równania 21. W kolejnym kroku określano nowe rozmiary włókien, wynikające z tworzenia wewnętrznych struktur związanych z pojedynczymi włóknami. W kolejnym etapie cykl obliczeń się powtarzał, ale dla nowych wartości gęstości upakowania i liniowej prędkości przepływu. Dla każdego etapu wyznaczano sprawności poszczególnych mechanizmów oraz całkowitą sprawność filtra (równania 14-19 oraz 1). Spadek ciśnienia wyznaczano na podstawie równania 23 i 24 uwzględniając w kolejnych krokach czasowych nowe wartości liniowej prędkości przepływu i gęstości upakowania filtra.

Rozdział 4 rozprawy doktorskiej stanowi uzupełnienie metodyki. W podrozdziale 4.1 Doktorant omawia zagadnienia związane z izokinetycznością poboru próbki. W celu zachowania jednakowych warunków ważnym staje się odpowiedni dobór wielkości sondy pomiarowej. W podrozdziale 4.2 omawiane jest zagadnienia gęstości efektywnej. Doktorant zastosował wzór na podstawie pracy Maricq i Xu (2004) w którym wymagane jest ustalenie rozmiaru cząstki pierwotnej oraz wartość wymiaru fraktalnego. W pracy rozmiar cząstki pierwotnej został przyjęty $d_{pcz} = 5$ nm a wymiar fraktalny $f=2,3$, który jest charakterystyczny dla cząstek stałych w spalinach silników diesla.

W podrozdziale 4.3 omówiono czas przebywania oraz efekty związane z łączeniem strumieni, a w podrozdziale 4.4 rozkład rozmiarów włókien w filtrze. Ze względu na kompromis pomiędzy dokładnością a obliczeniami doktorant przyjął stosować średnią średnicę dla każdej frakcji, która była wyznaczana na podstawie pomiarów SEM dla 10 wartości średnic o równym udziale w całym rozkładzie (str. 39). Badania eksperymentalne zostały przeprowadzone dla filtrów jedno- i wielowarstwowych o różnych średnicach włókien: F1, 2F1, F6, 2F6, F8, 2F8, F13, 2F13, F8-F6, F8-2F6, F6-F13, F13-F6, F6-F8-F6.

W podrozdziale 4.5 Doktorant opisał charakterystykę rozkładu rozmiarów cząstek aerozolowych. Średni rozmiar cząstek grafitowych wynosił około 100 nm a kropel oleju sebacynianu dwuetyloheksylu (DEHS) około 200 nm. Doktorant opisał w tej części dodatkowe badania eksperymentalne mające na celu wpływ interakcji w komorze pomiarowej na zmianę koncentracji.

Badania wykazały brak takiego wpływu. W badaniach doktorant analizował zakres średnic od 30 nm do 750 nm. Średnice poniżej 30 nm nie brano pod uwagę ze względu na ich skumulowany ułamek objętościowy. Z kolei analiza cząstek powyżej 750 nm nie była możliwa ze względu na ograniczenia aparaturowe. Mimo tego Doktorant przeprowadził ekstrapolację wyników dla cząstek grafitu od 750 nm do 3000 nm. Oprócz wskazanych w pracy mechanizmów mających wpływ na sprawność rozdzielania (bezpośredniego zaczepienia, dyfuzyjnego, bezwładnościowego, współdziałania zaczepienia i dyfuzji) istotnym staje się określenie wpływu sił elektrostatycznych, co może mieć znaczenie w przypadku rozdzielania cząstek grafitu. Doktorant przypisuje tym siłom tworzenie struktury występującej na włóknach. Jednakże mechanizm ten nie został uwzględniony w obliczeniach całkowitej sprawności filtra, co rekompensowano odpowiednimi współczynnikami w równaniach empirycznych.

Podrozdział 4.6 mgr inż. Mateusz Kamiński poświęca zagadnieniom stałej czasowej. Jest ona definiowana jako czas trwania depozycji cząstek aerozolowych na powierzchni włókien filtra. Doktorant określił m.in. wpływ stałej czasowej na różnicę masy depozytów i różnicę oporów przepływu. Na podstawie przeprowadzonych badań ustalono stałą czasową równą 1s.

W podrozdziale 4.7 Doktorant omówił rozkład masy depozytów we wnętrzu filtra. W tej części umieszczono dodatkowe badania rozkładu depozytu dla filtrów składających się z pięciu warstw (F1 i 2F6) oraz przedstawiono wyniki wpływu liniowej prędkości przepływu na ten rozkład.

Rozdział 5 stanowi omówienie wyników badań stanowiących cykl publikacji, rozdział 6 podsumowanie a rozdział 7 zawiera bibliografię (96 pozycji).

Należy podkreślić, że zrealizowany w pracy bardzo szeroki zakres kompleksowych badań został wykonany przy zastosowaniu nowoczesnej aparatury badawczej. W badaniach stosowano m.in.:

- Skaningowy mikroskop elektronowy HITACHI SU8010
- Laserowy analizator wielkości kropeł Spraytec,
- Skaningowy analizator wielkości cząstek SMPS,
- Termohigrometr oraz różnicowy czujnik ciśnienia P26,
- Licznik cząstek TSI UCPC 3776.

4. Ocena merytoryczna pracy

Przedstawiona do recenzji praca doktorska mgr inż. Mateusza Kamińskiego ma charakter pracy typowo doświadczalnej. Doktorant przeprowadził szereg badań eksperymentalnych dotyczących sprawności filtracji oraz spadku ciśnienia, a także potencjalnego wpływu konstrukcji stanowiska pomiarowego na otrzymane wyniki. Doktorant postawił szczegółowe cele:

1. opracowanie metodyki badań filtracji aerozoli mieszanych, zawierających cząstki ciała stałego, krople oleju oraz krople wody dla aerozoli o różnym składzie i koncentracjach,
2. dostosowanie istniejącego modelu sprawności filtracji do przypadku filtracji układów wieloskładnikowych,
3. usprawnienie istniejącego modelu sprawności filtracji o możliwość przewidywania zmian sprawności w czasie,
4. opracowanie modelu pozwalającego na przewidywanie zmian masy filtra w czasie procesu filtracji bazującego na masie zatrzymanych depozytów,
5. zaproponowanie modelu umożliwiającego przewidywanie zmian oporów przepływu w trakcie procesu filtracji aerozolu.

Uważam, że postawione szczegółowe cele zostały spełnione w cyklu publikacji A1-A4 oraz dodatkowych badaniach zaprezentowanych w rozprawie doktorskiej. Mgr inż. Mateusz Kamiński wykazał się zdolnością opracowania oryginalnej metodyki badań i sposobu opracowania wyników w celu analizy

filtracji aerozoli mieszanych oraz oceny i interpretacji otrzymanych wyników. Rodzaj zastosowanych nowoczesnych metod badawczych świadczy o dobrych podstawach naukowych, wszechstronności i dobrym podejściu do postawionego problemu naukowego. Potwierdzeniem tego jest ocena przeprowadzona przez recenzentów i redaktorów renomowanych czasopism A1-A4.

Obowiązkiem recenzenta jest wskazanie pewnych niedociągnięć, błędnych sformułowań, która ma wskazać pewne niejasności czy sugestie. Doktorant nie ustrzegł się drobnych błędów, niejasnych lub dyskusyjnych sformułowań:

- Str. 38, 14 wiersz od góry, „... można uznać za symetryczny.” Przedstawiony na rysunku 7 rozkład ma raczej charakter asymetryczny.
- Str. 49, 15-17 wiersz od góry, „Ponadto zmiana masy drugiej warstwy [...] w przypadku aerozolu zawierającego jedynie krople oleju jest zauważalnie wyższa od zmiany obserwowanej dla aerozolu mieszanego” Sformułowanie „zauważalnie wyższa” jest niejasne. Analizując rys. 15 (str. 51) dla samych olejów i aerozolu mieszanego można się zastanawiać czy tak jest w rzeczywistości.
- Str. 54., 16 wiersz od góry, „... a sprawność filtracji jest wyraźnie niższa (A1, Fig. 3).” Wywołany rysunek nie dotyczy aerozolu mieszanego tylko cząstek grafitu.
- Str. 55, 11 i 12 wiersz od dołu „... i następuje on wcześniej w przypadku filtra o większych włóknach (A1, Fig. 8, 10, 11) ...” Z rysunku 8 wynika odmienna zależność – nagły wzrost oporów następuje wcześniej dla filtra o mniejszej średnicy włókna.
- Str. 59, 13 wiersz od dołu, „... efekt ten jest wypadkową szerokiego zakresu właściwości filtra”. Doktorant nie wymienia jakie właściwości filtra ma na myśli.
- Str. 64, 5 wiersz od dołu, „... liczbę dziesięciu średnic uznano za wystarczającą reprezentację [...] i wykorzystano w dalszych rozważaniach (A3 i A4). Nie jest jasne, ile wykorzystano średnic, gdyż w pracy A3 (str. 8, pierwszy wiersz od góry) wspomina się o 20 średnicach.
- Str. 69, 11 wiersz od góry, „... wartości współczynników (A2, Table 3) ...” Powinno być (A4, Table 3)
- Str. 69, 13 wiersz od góry, „...dyfuzja małych kropeł zachodzi zgodnie z opisem teoretycznym (dobra zgodność wartości współczynników).” Sformułowanie „dobra zgodność” jest niejasne, ponieważ zgodnie z modelem teoretycznym wykładnik potęgi liczby Pecleta wynosi -0,43 a uzyskana wartość empiryczna wykładnika B dla filtrów F6 i 2F6 wynosi -1,351 a dla filtrów F1 i 2F1 -0,605

W trakcie czytania pracy nasunęły mi się również uwagi, które wymagają wyjaśnienia w trakcie publicznej obrony pracy doktorskiej.

1. W obliczeniach gęstości efektywnej (równanie (25)) przyjęto wymiar fraktalny f wynoszący 2,3, który jest charakterystyczny dla cząstek w spalinach pochodzących silników diesla. Czy brano pod uwagę inne wartości tego współczynnika?
2. Do określenia średnicy włókien korzystano z analizy obrazu wykonanego mikroskopem skaningowym. Ile włókien przeanalizowano? Analiza była prowadzona w tym samym obszarze filtra czy też w kilku?
3. W rozprawie doktorskiej na stronie 23 przedstawiono równanie na sprawność mechanizmu dyfuzyjnego charakterystyczny dla przepływu Kuwabary, bez poślizgu gazu. W pracy A2 zastosowano wzór dla włókien ułożonych nieprostopadle do kierunku przepływu oraz rozmieszczonych nierównomiernie. Z czego wynikała różnica?
4. Niedosyt pozostawia brak analizy statystycznej otrzymanych równań korelacyjnych, empirycznych dla stałych A-I. Nie podano również zakresów słuszności wyznaczonych równań.
5. W jaki sposób wyznaczano lepkość płynu?

6. Jak Doktorant widzi dalsze potencjalne zastosowania wyników uzyskanych w rozprawie doktorskiej oraz kierunki kontynuacji badań?

Przedstawione uwagi mają charakter dyskusyjny i w niczym nie umniejszają wartości pracy, lecz dla jej przejrzystości wymagają wyjaśnienia podczas jej publicznej obrony.

Na koniec należy podkreślić, iż mgr inż. Mateusz Kamiński jest współautorem, oprócz 4 publikacji stanowiących cykl, dwóch wystąpień w ramach międzynarodowych konferencji [K1-K2] oraz jednego posteru [K3]. Dodatkowo Doktorant odbył trzymiesięczny staż w ramach programu Erasmus+ w firmie GVS we Włoszech. Doktorant nie wspomina o swoim udziale w grantach badawczych ani o otrzymanych nagrodach.

6. Wniosek końcowy

Recenzowana rozprawa reprezentuje bardzo dobry poziom naukowy, zawiera elementy nowości naukowej. Doktorant uzyskała szereg ciekawych rezultatów, a przedstawione publikacje są na wysokim poziomie naukowym.

Reasumując, rozprawa mgr inż. Mateusza Kamińskiego „Wykorzystanie jedno- i wielowarstwowych filtrów włókninowych do oczyszczania gazów z cząstek zawieszonych stałych i ciekłych” spełnia zwyczajowe i ustawowe wymogi, stawiane rozprawom doktorskim. W związku z powyższym, na podstawie art. 192 ust. 2 i 3 ustawy z dnia 20 lipca 2018 r. – Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (Dz. U. z 2022 r. poz. 574, z późn. zm.), wnioskuję o dopuszczenie mgr inż. Mateusza Kamińskiego do dalszych etapów przewodu doktorskiego.



dr hab. inż. Szymon Woziwodzki