

Prof. dr hab. Tomasz A. Kowalewski
IPPT PAN, ul. Pawińskiego 5B
02-110 Warszawa

5.12.2020r.

Recenzja

wniosku habilitacyjnego dr. inż. Marcina Sosnowskiego w związku z prowadzonym postępowaniem habilitacyjnym w dziedzinie nauk inżynieryjno-technicznych w dyscyplinie inżynieria mechaniczna, opracowana na zlecenie Rady Dyscypliny Inżynieria Mechaniczna Politechniki Częstochowskiej.

Wniosek habilitacyjny dr. inż. Marcina Sosnowskiego został złożony do Rady Doskonałości Naukowej dnia 22.04.2020r. w dyscyplinie Inżynieria Mechaniczna. Tytuł osiągnięcia naukowego: „Badania modelowe transportu ciepła i masy w adsorpcyjnych urządzeniach chłodniczych”. Wniosek podlega rozpoznaniu w oparciu o przepisy ustawy z dnia 20 lipca 2018r Prawo o Szkolnictwie Wyższym i Nauce (Dz. U. Z 2020r poz.85 z późn. zm.).

Dr inż. Marcin Sosnowski doktorat n.t. „Modelowanie i analiza przebiegu wyładowania iskrowego w silniku z zapłonem wymuszonym” uzyskał pod kierunkiem prof. dr hab. inż. Karola Cupiała w roku 2008 na Politechnice Częstochowskiej Wydział Inżynierii Mechanicznej Informatyki, gdzie pracował od 2001r do 2008r na stanowisku asystenta. W 2008r podjął pracę w warszawskim oddziale amerykańskiego koncernu *General Electric - Engineering Design Center* na stanowisku *analysis engineer* i pracował tam nad analizą numeryczną procesów spalania. Pod koniec 2009 r. został zatrudniony na Wydziale Matematyczno-Przyrodniczym Akademii im. Jana Długosza w Częstochowie, obecnie Uniwersytet Humanistyczno-Przyrodniczy im. Jana Długosza w Częstochowie, na stanowisku asystenta. Dawny Wydział Matematyczno-Przyrodniczy nosi obecnie nazwę Wydziału Nauk Ścisłych, Przyrodniczych i Technicznych. Od 2010 roku do chwili obecnej Habilitant jest tam zatrudniony na stanowisku adiunkta.

Cykl powiązanych tematycznie publikacji pt. „Badania modelowe transportu ciepła i masy w adsorpcyjnych urządzeniach chłodniczych” nie stanowi kontynuacji tematycznej doktoratu.

Według materiałów złożonych przy wniosku Habilitant jest autorem i współautorem 69 publikacji, w tym po doktoracie 58, jednej monografii z 2009r

i 4 rozdziałów w monografiach współautorskich. Jego najważniejsze publikacje to zdaniem recenzenta samodzielna praca przeglądowa [A1] w *Energis* (IF = 6,82) i dwie współautorskie publikacje [A2] w *Entropy* (IF = 2,42) oraz [A14] w *Energy Conversion and Management* (IF = 7,18). W tych trzech publikacjach Habilitant zawarł podstawy dorobku będącego tematem Jego habilitacji.

Podana przez Habilitanta sumaryczna liczba punktów publikacyjnych MNiSW po uzyskaniu stopnia doktora wynosi 1454, podany Impact Factor tych publikacji wynosi 36,941 a 5-cio letni 38,040. W załączonym wykazie dorobku publikacyjnego oprócz 14 pozycji zgłoszonych jako Jego osiągnięcie habilitacyjne, można wyróżnić dodatkowe 23 punktowane publikacje. Liczba cytowań publikacji Habilitanta wg. bazy Scopus wynosi 240 (145 bez autocytowań) a wg. Web of Science 210 (130 bez autocytowań). Indeks Hirscha wg. Scopus i Web of Science wynoszą 8 (7 bez autocytowań). Biorąc pod uwagę stosunkowo krótki okres znacznego wzrostu parametrów bibliometrycznych Kandydata (ostatnie 5 lat), można je uznać za wystarczające do ubiegania się o awans w dyscyplinie Inżynieria Mechaniczna.

Ocena prac przedstawionych nt. „Badania modelowe transportu ciepła i masy w adsorpcyjnych urządzeniach chłodniczych”

Habilitant do swojego dorobku podlegającego szczegółowej ocenie wybrał 14 prac opublikowanych w latach 2017-2019, z czego 4 prace są samodzielnego autorstwa, w 6 pracach jest pierwszym współautorem ze wskazaniem Jego udziału w pracy od 60% do 75%, a w pozostałych 4 pracach jest współautorem o udziale 2x 35% i 2x10%. Z 14 prac poddanych ocenie jako powiązanych tematycznie, tylko 7 prac ukazało się w regularnych czasopiśmie naukowych (A1-A4, A7-A9, A14). Pozostałe 7 publikacji z tej listy to publikacje pokonferencyjne, niepodlegające restrykcjom głębszych analiz niezależnych recenzentów.

W 10-ciu pracach w których dr inż. Marcin Sosnowski jest współautorem wskazał, że w pracy [A2] zbudował model CFD i przeprowadził badania modelowe i ich analizę, w pracy [A4] był autorem koncepcji badań, zbudował geometrię i model numeryczny, miał współudział w badaniach eksperymentalnych, przeprowadził badania modelowe i ich analizę, w pracach [A6], [A7], [A13] był współtwórcą koncepcji badań, zbudował geometrię i model numeryczny. W pracach [A10], [A11], [A12] Habilitant opracował koncepcję badań, budował geometrię i modele numeryczne, przeprowadzał badania modelowe i ich analizę, ponadto w pracy [A11] Habilitant także odnotował swój udział w badaniach eksperymentalnych. W pracach [A3] i [A14] był

współdziałowcem budowy modelu numerycznego, przy czym jego udział w tych publikacjach obejmujący również korektę tekstu publikacji określił na 10%.

Zdaniem recenzenta istotą głównego osiągnięcia Habilitanta jest praca [A1], gdzie przedstawiono opracowanie założeń i przetestowanie za pomocą symulacji numerycznych nowatorskiej konstrukcji niskotemperaturowego wymiennika ciepła wykorzystującego efekt akumulacji ciepła we wtrąceniach ceramicznych. Jest to pierwsza i jak dotąd jedyna publikacja dostępna w międzynarodowych bazach naukowych, prezentująca badania mające na celu zastosowanie tego typu wymiennika w złożach agregatów adsorpcyjnych. W pracy zaproponowano wymiennik ciepła zbudowany z sekcji składających się z sześciokątnych kanałów umieszczonych pomiędzy płaskimi kolektorami wody grzewczej / chłodzącej. Kanały te zawierają adsorbent (żel krzemionkowy), przez który dyfunduje adsorbat (para wodna). Przeprowadzone przez Habilitanta analizy numeryczne określają zależności, które stanowią wytyczne dla projektantów do efektywnego doboru parametrów konstrukcyjnych tego rozwiązania. Opracowany model transportu ciepła i masy w złożu sorbentu posłużył do zaprojektowania i badań nad nowatorską dyskowo - rolkową konstrukcją rozproszonego łoża chłodzącego. W konstrukcji dyskowej, w przeciwieństwie do znanych rozwiązań klasycznych, sorbent umieszcza się w oddzielnych krążkach, a woda grzewczo / chłodząca obmywa z zewnątrz pakiety krążków sorbetu, oddając lub odbierając ciepło w zależności od stopnia schładzania w adsorpcyjnym cyklu pracy urządzenia. Badania doświadczalne i numeryczne opisanego powyżej wymiennika z rozproszonym wkładem dyskowym dedykowanego do agregatów adsorpcyjnych opisano w indywidualnej publikacji konferencyjnej [A5], natomiast w [A1] określono wpływ zastosowania wybranej konfiguracji na sprawność chłodnicy adsorpcyjnej. Habilitant zbadał wpływ wartości charakterystycznego parametru projektowego złoża na stosunek masy wymiennika do masy sorbentu oraz stosunek powierzchni wymiany ciepła do masy sorbentu. Badania numeryczne przeprowadzone w ramach omawianej pracy pozwoliły na pogłębienie obecnego stanu wiedzy na temat możliwości zastosowania innowacyjnej konstrukcji łoża rolkowego w technologii chłodzenia adsorpcyjnego. W szczególności przeprowadzone badania modelowe pozwoliły określić korelację parametrów konstrukcyjnych złoża rolkowego z kluczowymi parametrami wpływającymi na sprawność i wymiary złoża.

Na osobną uwagę zasługuje wymieniona w cyklu publikacji wysoko punktowa (IF= 7,18) praca [A14]. W powstaniu tej pracy Habilitant miał procentowo niewielki udział, wg oświadczenia 10% polegające na współdziałaniu w budowie modelu numerycznego i korekcie tekstu publikacji. Jednak warto zauważyć, że do badań zastosowano model zbudowany w oparciu o zaawansowane algorytmy

sztucznej inteligencji, w tym algorytmy genetyczne oraz sztuczne sieci neuronowe do analizy wpływu parametrów eksploatacyjnych badanego urządzenia na generowaną moc chłodniczą, będącą głównym indykatorem sprawności chłodziarki. Zbudowany w ramach tej pracy model obliczeniowy stworzył efektywne narzędzie dedykowane do projektowania oraz optymalizacji parametrów pracy adsorpcyjnych urządzeń chłodniczych.

Algorytmy sztucznej inteligencji zastosowano również do budowy nieiteracyjnego modelu obliczeniowego [A3], wykorzystującego logikę rozmytą z adaptacyjnymi metodami uczenia sztucznej sieci neuronowej do oszacowania mocy chłodniczej dwustopniowej i czterozłożowej chłodziarki adsorpcyjnej w ramach pracy. W celu określenia przestrzennego rozkładu temperatury oraz dystrybucji adsorbentu w złożu sorbentu o strukturze porowatej, wykorzystano narzędzia obliczeniowej mechaniki płynów. Modelowanie dystrybucji pary wodnej oraz wymiany ciepła w złożu żelu krzemionkowego w postaci ziaren o sferycznym kształcie wymagało opracowania metody dyskretyzacji domeny obliczeniowej, w których występuje zjawisko cieplnego oporu kontaktowego na granicy styku ciał stałych o kulistym kształcie. Udział Habilitanta w tej pracy wynosił 10% i polegał na współudziale w zbudowaniu modelu obliczeniowego, który pozwolił na zdefiniowanie parametrów wejściowych w celu maksymalizacji mocy chłodniczej urządzenia oraz korekcie tekstu publikacji.

Osobnym zagadaniem jest problem eksperymentalnych walidacji modelu numerycznego oraz zdefiniowania optymalnej metody dyskretyzacji. Można stwierdzić, że opracowana przez Habilitanta metoda optymalizacji przyczyniła się do rozwoju obliczeniowej mechaniki płynów pozwalając na efektywne badania modelowe w złożach adsorpcyjnych urządzeń chłodniczych badanych w pracach [A4], [A8] oraz [A9]. W ramach publikacji [A4] badano wpływ prędkości napływu medium gazowego na pole prędkości w wycinku złoża zbudowanego z ziaren o kulistym kształcie stykających się ze sobą i umieszczonych w szyku liniowym. W pracy [A9] analizowano wpływ parametrów w/w metod dyskretyzacji domeny obliczeniowej w obszarze kontaktu ziaren złoża na wyniki badań modelowych. Przeprowadzono liczne analizy ze zmiennymi parametrami takimi jak stopień redukcji promienia ziarna dla metody standardowej oraz stosunek promienia cylindra reprezentującego rozszerzony kontakt ziaren do promienia ziarna dla zaproponowanej metody rozszerzonego kontaktu. Badania modelowe transportu masy w złożu wykonane w tej pracy pozwoliły na zdefiniowanie wartości granicznego stosunku promienia cylindra do promienia ziarna. Uzyskane przez Habilitanta wyniki dowiodły, że implementacja metody rozszerzonego kontaktu ziaren do dyskretyzacji domeny obliczeniowej reprezentującej wycinek złoża sorbentu, pozwala na uzyskanie stałej prędkości

przepływu w szerokim zakresie analizowanej wartości promienia cylindra stanowiącego rozszerzony obszar kontaktu ziaren. Potwierdza to tezę zdefiniowaną w ramach prac [A4] oraz [A11] mówiącą, iż rekomendowaną metodą dyskretyzacji domeny obliczeniowej, reprezentującej wycinek złoża granularnego, jest zaproponowana metoda rozszerzonego kontaktu ziaren.

Kwestie dyskretyzacji domeny obliczeniowej w aspekcie efektywnego modelowania transportu ciepła i masy w złożach sorpcyjnych adsorpcyjnych urządzeń chłodniczych podjęte zostały w pracy [A10]. Przedstawiono badania modelowe sprzężonego transportu ciepła w przykładowym wymienniku rurowym wykorzystywanym m.in. w konstrukcji konwencjonalnych złóż sorbentu oraz parowników i skraplaczy będących integralnymi elementami chłodziarek adsorpcyjnych. Przeprowadzone analizy wykazały, iż właściwie zrealizowana dyskretyzacja domeny obliczeniowej ma bardzo istotne znaczenie, dla jakości wyników badań modelowych transportu ciepła, która w szczególności zależy nie tylko od liczby komórek siatki numerycznej, ale również od ich typu. Wykazano, że wyniki uzyskane dla elementów polyhedralnych są mniej wrażliwe na gęstość siatki niż ma to miejsce w przypadku elementów tetrahedralnych. Ma to istotne znaczenie w praktyce przemysłowej, gdzie często wykonuje się wstępne analizy dla siatek o stosunkowo dużych elementach, w celu zminimalizowania czasu niezbędnego na przeprowadzenie obliczeń.

Ciekawe wykorzystanie logiki rozmytej do efektywnego zdefiniowania parametrów dyskretyzacji domeny obliczeniowej w obszarze warstwy przyściennej Habilitant pokazał w wysoko punktowanej (IF = 2,42) publikacji [A2]. Obiektem badań była struga kołowa uderzająca o przeciwległą powierzchnię. Opracowana metoda stanowi nowe rozwiązanie o walorach zarówno poznawczych jak również aplikacyjnych w aspekcie rozwoju metod modelowych transportu ciepła i masy.

W pracach [A7] oraz [A13] wykorzystano specjalną, klejoną konstrukcję złóż adsorpcyjnych celem kontrolowania mechanizmu transportu ciepła pomiędzy materiałem porowatym, jakim jest sorbent, oraz powierzchnią wymiennika ciepła. W celu intensyfikacji transportu ciepła w warstwie przyściennej wymiennika ciepła, przestrzenie międzyziarnowe w tym rejonie wypełniono materiałem o znacznie wyższym współczynniku przewodności cieplnej i jednocześnie posiadającym właściwości adhezyjne. Taka modyfikacja konstrukcji złoża doprowadziła do zwiększenia powierzchni kontaktu sorbentu z wymiennikiem ciepła, co w konsekwencji zredukowało cieplny opór kontaktowy na granicy tych dwóch ośrodków. W celu zamodelowania wymiany ciepła i masy Habilitant opracował autorskie narzędzie stanowiące rozszerzenie funkcjonalne

komercyjnego oprogramowania i umożliwiającego skorelowanie intensywności procesów sorpcyjnych z lokalną temperaturą sorbentu w złożu. Uzupełniono badania eksperymentalne o analizę wpływu lokalnej zmiany przewodności cieplnej złoża na globalne parametry chłodziarki, wykonaną z zastosowaniem komercyjnego oprogramowania CFD (ANSYS Fluent) z funkcjonalnością rozszerzoną dzięki opracowanemu autorskiemu modelowi wymiany ciepła w złożu sorbentu. W wyniku przeprowadzonych badań z wykorzystaniem opracowanego modelu obliczeniowego potwierdzono, że zastosowanie innowacyjnej, klejonej konstrukcji złoża pozytywnie wpływa na intensyfikację wymiany ciepła w złożu, co pozwala podnieść sprawność chłodziarki adsorpcyjnej.

Opracowany model numeryczny został poddany walidacji w oparciu o wyniki badań eksperymentalnych, wykonanych w ramach przewodu doktorskiego Karoliny Grabowskiej. Habilitant pełnił tutaj rolę promotora pomocniczego. Model numeryczny Habilitanta został wykorzystany w szeregu prac poświęconych badaniom modelowym transportu ciepła i masy w adsorpcyjnych urządzeniach chłodniczych ([A1], [A6], [A7], [A12] oraz [A13]).

Inną metodę intensyfikacji wymiany ciepła w złożu sorbentu analizowano z wykorzystaniem metod obliczeniowej mechaniki płynów w pracach konferencyjnych [A6] oraz [A12], w których badano wpływ geometrii wymiennika ciepła na sprawność adsorpcyjnego urządzenia chłodniczego. Najważniejszym elementem nowości jest zastosowanie wymiennika o strukturze plastra miodu.

Warto też podkreślić próbę wykorzystania w pracy [A11] metody Particle Image Velocimetry (PIV) do pomiaru pól prędkości w bezpośrednim sąsiedztwie ziaren o kulistym kształcie umieszczonych w szyku liniowym. Przeprowadzone analizy porównawcze umożliwiły Habilitantowi na identyfikację istotnych błędów w obliczanej porowatości modelowanego złoża.

Podsumowując, recenzent za szczególny wkład Habilitanta do nauki uznaje zapoczątkowanie przez Niego badań nad nowatorską konstrukcją wymienników ciepła opartych na wkładach ceramicznych, kwalifikujący Jego dorobek za wystarczający do spełniania wymogów ustawy z dnia 20 lipca 2018r Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (Dz. U. Z 2020r poz.85 z późn. zm.

Informacje o aktywności naukowej, projektowej, dydaktycznej i popularyzatorskiej Habilitanta

Habilitant w początkowym okresie pracy w Uniwersytecie Humanistyczno-Przyrodniczym im. Jana Długosza w Częstochowie, po uzyskaniu stopnia doktora, był w znacznej mierze zaangażowany w pracę organizacyjną i dydaktyczną. Wzrost aktywności naukowej datujący się od 5 lat, uzewnętrznił się wzrostem ilości publikacji, ilości cytowań i wzrostem indeksu Hirsch'a. Dr inż. Marcin Sosnowski z powodzeniem łączy swoją działalność badawczą z dydaktyczną, wykazując jednocześnie zaangażowanie we współpracy międzynarodowej w obydwu działalnościach.

Od 2010r jest kierownikiem studiów podyplomowych, a od 2019 prodziekanem ds. studencko-dydaktycznych na Wydziale Nauk Ścisłych, Przyrodniczych i Technicznych. Jest członkiem Rady Uczelni, Senatu. Promotorem pomocniczym w 2 przewodach doktorskich, promotorem 93 prac dyplomowych w tym 26 prac magisterskich i 51 prac inżynierskich. Wraz ze studentami jest współtwórcą wzoru przemysłowego. Wykazuje aktywność związaną z programem Erasmus+. W okresie lat 2012-2019 wzięł 14 razy udział w wystąpieniach na krajowych i międzynarodowych konferencjach naukowych. Był 27 razy członkiem komitetów organizacyjnych, naukowych, technicznych konferencji krajowych i międzynarodowych. W 3 projektach finansowanych przez NCN w jednym był kierownikiem, w jednym jest wykonawcą, w jednym uczestniczył, jako pracownik naukowo-badawczy.

Habilitant jest autorem wzoru użytkowego zgłoszonego do urzędu patentowego, rozwiązania konstrukcyjnego kasku dla ratowników górniczych, obudowy telefonu dla osób niewidomych i niedowidzących oraz opracowania innowacyjnego narzędzia informatycznego do dyskredytacji domeny obliczeniowej dla silników lotniczych i turbin gazowych.

Jest aktywny we współpracy z sektorem gospodarczym, członkiem Polskiego Towarzystwa Mechaniki Teoretycznej i Stosowanej oraz International Engineering and Technology Institute. Jest redaktorem naczelnym prac uczelnianych, członkiem kolegium edytorskiego IJESS i członkiem kolegium „Studia nad Bezpieczeństwem”, był okazjonalnym edytorem czasopisma Entropy.

Habilitant był recenzentem 39 publikacji naukowych. Odbył trzy staże naukowe, jeden w okresie 2.09.2018 - 31.01.2019 w Technical University of Ostrava oraz dwa krótkoterminowe, w Instytucie Mechaniki Górotworu PAN w Krakowie w okresie 4.12.2017 - 9.03.2018r, i w NATO Modeling & Simulation Centre of Excellence Rzym, sierpień/wrzesień 2017.

Habilitant ukończył szereg kursów i szkoleń podnoszących kompetencje zawodowe i dydaktyczne. Jest współautorem 4 publikacji w 2009r o charakterze dydaktycznym oraz brał aktywny udział w opracowywaniu koncepcji i wniosków do MNiSW o nadanie uprawnień do prowadzenia nowych kierunków. Posiada uprawnienia do realizacji zajęć w języku angielskim dla studentów obcojęzycznych.

Habilitant prowadzi szeroko zakrojoną działalność organizacyjną wymienioną we wniosku w 28 pozycjach począwszy od członka Rady Uczelni, Prodziekana, członka senatu, kierownika studium doktoranckiego poprzez Dyrektora Instytutu, a kończąc na wielokrotnym opiece roku i praktyk studenckich. W wyniku współpracy międzynarodowej z jego inicjatywy zaproszonych zostało 11 zagranicznych profesorów realizujących zajęcia dydaktyczne na Uniwersytecie.

Jest współautorem publikacji popularnonaukowej w periodyku Energetyki Ciepłej i Zawodowej, organizatorem warsztatów i konferencji o charakterze branżowym i popularnonaukowym, udziałowcem targów edukacyjnych, spotkań z uczniami szkół ponadgimnazjalnych, aktywnie współpracuje z sektorem gospodarczym.

W podsumowaniu stwierdzam, że przedstawione osiągnięcia w postaci cyklu powiązanych tematycznie publikacji pt. „Badania modelowe transportu ciepła i masy w adsorpcyjnych urządzeniach chłodniczych” oraz dołączone do tego pozostałe osiągnięcia spełniają wymagania określone ustawą z dnia 20 lipca 2018r Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (Dz. U. Z 2020r poz.85 z późn. zm.) i wnioskuję do Rady Dyscypliny Inżynieria Mechaniczna Politechniki Częstochowskiej o nadanie dr. inż. Marcinowi Sosnowskiemu doktora habilitowanego nauk w dziedzinie nauk inżynieryjno-technicznych w dyscyplinie Inżynieria Mechaniczna.

TKawalewski