Dr hab. inż. Mieczysław Cieszko
Uniwersytet Kazimierza Wielkiego
Instytut Mechaniki i Informatyki Stosowanej
ul. Kopernika 1, 85-074 Bydgoszcz
cieszko@ukw.edu.pl

Bydgoszcz, 31.05.2018

Recenzja
osiągnięcia naukowego nt.

Zbadanie struktury i pól prędkości w przepływie przez układy o nieregularnej budowie

i aktywności naukowej **dra Macieja Matyki** obejmującej
działalność naukową, dydaktyczną i popularyzatorską i współpracę międzynarodową

w związku z postępowaniem habilitacyjnym prowadzonym
na Wydziale Fizyki i Astronomii Uniwersytetu Wrocławskiego

Podstawą do sporządzenia niniejszej recenzji są:

1) zlecenie Dyrektora Instytutu Fizyki Teoretycznej Uniwersytetu Wrocławskiego (pismo WFT.432.11.2018 z dnia 3 kwietnia 2018 roku),
2) komplet dokumentów prezentujących osiągnięcia i aktywność naukową Kandydata,
3) akty prawne określające rodzaj i kryteria oceny osiągnięć osoby ubiegającej się o nadanie stopnia doktora habilitowanego:
   - Ustawa z dnia 14 marca 2003 r. o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki,
   - Ustawa z dnia 21 kwietnia 2017 r. o zmianie ustawy o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki oraz niektórych innych ustaw,
   - Rozporządzenie Ministra Nauki i Szkolnictwa Wyższego z dnia 19 stycznia 2018 r. w sprawie szczegółowego trybu i warunków przeprowadzania czynności w przewodzie doktorskim, w postępowaniu habilitacyjnym oraz w postępowaniu o nadanie tytułu profesora.

1. Informacje o Habilitancie

Pan dr Maciej Matyka jest absolwentem Wydziału Fizyki i Astronomii Uniwersytetu Wrocławskiego, gdzie w 2005 roku obronił pracę magisterską z fizyki pt. *Badanie zjawisk zachodzących w cieczach nieściśliwych metodą cząstek znaczonych*. W 2009 roku na tym wydziale obronił rozprawę doktorską w dyscyplinie fizyka pt. *Modelowanie numeryczne transportu płynów przez ośrodki porowate*, której promotorem był dr hab. Zbigniew Koza. Od 2009 roku jest zatrudniony na stanowisku adiunkta w Instytucie Fizyki Teoretycznej UWr.

2. Opis i ocena osiągnięcia naukowego

Przedmiotem oceny jest cykl ośmiu współautorskich prac dra Macieja Matyki opublikowanych w latach 2009-2016, które Habilitant przedłożył jako osiągnięcie nt. *Zbadanie struktury i pól prędkości w przepływie przez układy o nieregularnej budowie*. Prace te dotyczą różnych aspektów modelowania transportu cieczy w przepuszczalnych materiałach porowatych generowanych komputerowo, a także symulacji przepływu krwi i jej oddziaływania ze ściankami naczyń o złożonej geometrii. Szczególna uwaga tych prac jest skupiona na wyznaczaniu charakterystyk strukturalnych materiałów porowatych, takich jak: krętość porów, wymiar charakterystyczny obszaru reprezentatywnego ośrodka, czy rozkład parametru porowatości na powierzchni materiałów ziarnistych.

Poniżej zostaną omówione wyniki uzyskane w przedłożonych pracach, w kolejności zgodnej z oznaczeniami przyjętymi w Autoreferacie. Następnie zostanie dokonana ocena tych prac i stopnia ich oryginalności oraz wkładu Habilitanta.

H-1

Koza Z., Matyka M. and Khalili A., ***Finite-Size Anisotropy in Statistically Uniform Porous Media***, Phys. Rev., E 79, 066306 (2009).

W pracy rozważany jest dwuwymiarowy ośrodek porowaty generowany komputerowo, złożony z jednakowych, losowo rozmieszczonych, częściowo pokrywających się kwadratów, tworzących szkielet. Przedmiotem analizy jest pełzający, stacjonarny przepływ mikroskopowy lepkiego nieściśliwego płynu przez kwadratową próbkę takiego ośrodka, symulowany numerycznie metodą gazu sieciowego Boltzmana (LBM-Lattice Boltzmann Method). Głównym celem pracy jest analiza wpływu wymiaru próbki i jej porowatości na efekt anizotropii ośrodka definiowany jako nie współliniowość kierunku makroskopowej prędkości przepływu płynu z kierunkiem gradientu ciśnienia wymuszającego ten przepływ. Analiza taka umożliwia określenie wymiaru charakterystycznego obszaru reprezentatywnego próbki generowanego materiału porowatego, tj. najmniejszego wymiaru próbki ośrodka, dla której jest ona statystycznie reprezentatywna, a makroskopowe parametry ośrodka wyznaczane jako wielkości średnie są dobrze zdefiniowane. Wyznaczanie takiego parametru ma podstawowe znaczenie w badaniach eksperymentalnych realizowanych na poziomie makroskopowym. Uwzględnienie takiego wymiaru w badaniach jest podstawą poprawności wnioskowania o makroskopowym przebiegu procesów oraz poprawności wyznaczania eksperymentalnego makroskopowych parametrów strukturalnych i fizycznych ośrodka.

Dla zapewnienia statystycznej reprezentatywności prowadzonej analizy, w pracy przedstawiono wyniki symulacji przeprowadzonej na wielu realizacjach ośrodków, dla każdej badanej porowatości ośrodka porowatego. W pracy wykazano, że parametr anizotropii przepływu w statystycznie jednorodnym i izotropowym ośrodku porowatym jest ważnym czynnikiem, dotychczas nie uwzględnianym przy wyznaczaniu wymiaru obszaru reprezentatywnego ośrodka. Pokazano, że dla stosunku wymiaru kwadratu do wymiaru próbki mniejszego od 0,01 efekt anizotropii przepływu jest na tyle mały, że ośrodek może być traktowany jako izotropowy w całym zakresie wartości porowatości: od progu perkolacji do wartości, gdy porowatość jest bliska jeden.

W oparciu o analizę podobieństwa, w pracy zaproponowano teoretyczną zależność wariancji średniego kąta nachylenia linii prądu w przepływie od stosunku wymiaru charakterystycznego przeszkody do wymiaru próbki, dla zadanej porowatości. Wykazano, że wariancja jest potęgową funkcją tego stosunku o wykładniku równym połowie wymiaru przestrzeni analizowanej próbki, a współczynnik w tej funkcji określony jest przez porowatość. Przeprowadzone liczne symulacje komputerowe na próbkach dwuwymiarowych w pełni potwierdziły tę zależność.

Zgodnie z oświadczeniami Habilitanta i współautorów pracy zamieszczonych w Autoreferacie i dokumentach dołączonych do wniosku, dr M. Matyka wspólnie z drem hab. Z Kozą opracowali koncepcję badań przedstawionych w pracy. Natomiast, samodzielnie opracował część teoretyczną, napisał kody komputerowe oraz przeprowadził całość obliczeń numerycznych, a także wykonał osiem z dziewięciu rysunków zamieszczonych w pracy. Uczestniczył aktywnie w pisaniu manuskryptu. Udział procentowy Habilitanta w realizacji pracy został oceniony na 33 %.

H-2

Malecha Z., Mirosław L., Tomczak T., Koza Z., Matyka M., Tarnawski W., Szczerba D., ***GPU-Based Simulation of 3D Blood Flow in Abdominal Aorta Using OpenFOAM***,
Arch. Mech. Vol. 63 (2), pp. 137-161 (2011)

Przedmiotem pracy były badania nad możliwością przyspieszenia procesu symulacji przepływu krwi przez układ o kształcie aorty brzusznej człowieka, przez wykorzystanie procesorów kart graficznych (GPU). Ich zastosowanie umożliwia zrównoleglenie procesu masywnych obliczeń. Badania te skupiały się głównie nad optymalizowaniem formatów zapisu macierzy rzadkich w pamięci procesorów GPU oraz procedur ich mnożenia przez wektory. Elementy te są składowymi standardowych metod komputerowej dynamiki płynów, np. zaimplementowanej w bibliotece OpenFOAM. Modelowanie procesów przepływu krwi w elementach układu krwionośnego człowieka ma duże znaczenie diagnostyczne w wielu chorobach tego układu.
Przeprowadzone obliczenia zrealizowane przy pomocy kart graficznych porównano z obliczeniami przeprowadzonymi na nowoczesnych komputerach cztero-rdzeniowych wykazały znaczne przyspieszenie symulacji procesów przepływu potencjalnego i stacjonarnego. Nie odnotowano natomiast istotnej zmiany czasu obliczeń w przypadku symulacji niestacjonarnych procesów przepływu. Badania wykazały, że główną przyczyną braku przyspieszenia procesu obliczeń w tym przypadku są ograniczenia ilości transferu danych pomiędzy CPU a GPU.

Ważnym elementem badań zrealizowanych w tej pracy były symulacje przebiegu procesów przepływu krwi w aorcie brzusznej człowieka, oparte na rzeczywistej trójwymiarowej geometrii elementu układu krwionośnego, a także opracowanie metody wizualizacji linii prądu takiego przepływu. Wizualizacja taka umożliwia ocenę jakościową i analizę charakterystycznych cech przepływu, istotnych z punktu widzenia diagnostyki.

Zgodnie z oświadczeniami Habilitanta i współautorów pracy zamieszczonych w Autoreferacie i dokumentach dołączonych do wniosku, główny wkład dra M. Matyki w powstanie tej pracy polegał na współpracy przy pisaniu, implementowaniu i testowaniu programów obliczeń numerycznych. Samodzielnie opracował część dotyczącą wizualizacji przepływu płynu. Aktywnie uczestniczył w pisaniu manuskryptu. Udział procentowy Habilitanta w realizacji pracy został oceniony na 21 %.

H-3

Duda A., Koza Z., Matyka M., ***Hydraulic Tortuosity in Arbitrary Porous Media Flow***, Phys. Rev., E 84, 036319 (2011).

Praca poświęcona jest zagadnieniu wyznaczania krętości hydraulicznej przestrzeni porów, definiowanej jako wartość średnia wydłużenia linii prądu w przepływie płynu przez ośrodek porowaty. Na podstawie analizy istniejących propozycji metod wyznaczania tak zdefiniowanej krętości, w której wskazano na ich mocne i słabe strony, zaproponowano alternatywny sposób zdefiniowania tej wielkości bezpośrednio z pola prędkości przepływu, jako stosunku wartości średniej objętościowej prędkości przepływu płynu przez ośrodek porowaty do wartości średniej składowej prędkości w kierunku gradientu ciśnienia wywołującego ten przepływ.

Zaletą takiej definicji jest brak konieczności wyznaczania złożonych geometrycznie linii prądu dla przepływów przez ośrodki porowate, które jest numerycznie trudnym zagadnieniem, w szczególności ze względu na dokładność wymaganą przez procedury uśredniania długości linii.

Zaproponowaną definicję wykorzystano do wyznaczenia parametru krętości porów dwuwymiarowego ośrodka generowanego komputerowo, złożonego z jednakowych, losowo rozmieszczonych, częściowo pokrywających się kwadratowych przeszkód tworzących szkielet. Symulację procesu przepływu płynu w kwadratowej próbce takiego ośrodka przeprowadzono wykorzystując oprogramowanie Palabos, w którym zaimplementowana jest metoda gazu sieciowego Boltzmana. W badaniach tych szczególną uwagę poświęcono wyznaczaniu parametrów krętości porów ośrodka w zakresie dużych wartości porowatości, reprezentującego przepływ przez porowaty ośrodek włóknisty, oraz w zakresie małych wartości, bliskich progu perkolacji. Wyniki tych badań porównano z obliczeniami przeprowadzonymi w oparciu o oprogramowanie Elmer wykorzystujące metodę elementów skończonych, a także z wynikami obliczeń krętości otrzymanymi przez innych autorów przy modelowaniu innych procesów transportu przez materiał porowaty.

Zgodnie z oświadczeniami Habilitanta i współautorów pracy zamieszczonych w Autoreferacie i dokumentach dołączonych do wniosku, dr M. Matyka współtworzył koncepcję badań przedstawionych w pracy. Natomiast, samodzielnie zaplanował doświadczenia numeryczne, zaadoptował kody komputerowe biblioteki Palabos do symulacji dynamiki płynów w ośrodkach porowatych oraz przeprowadził całość obliczeń numerycznych. Wykonał rysunki zamieszczone w pracy. Uczestniczył aktywnie w pisaniu manuskryptu. Udział procentowy Habilitanta w realizacji pracy został oceniony na 33 %.

H-4

Matyka M., Koza Z., Mirosław L., ***Wall Orientation and Shear Stress in the Lattice Boltzmann Model***, Computers & Fluids, 73, 115-123 (2013).

Głównym celem pracy było opracowanie dokładnej metody numerycznego wyznaczania naprężenia stycznego w płynie w pobliżu ścianek kanałów przepływu płynu, dla zagadnień symulacji takich procesów metodą sieci Boltzmanna, w której powierzchnia ścianek jest typu schodkowego. Zagadnienie takie ma duże znaczenie w klinicznej diagnostyce chorób układu krążenia opartej na ocenie naprężenia stycznego na powierzchni ścianek tętnic.

W pracy zaproponowano nową metodę numerycznego wyznaczania kierunku wektora normalnego do niegładkich ścianek, kluczową dla właściwego wyznaczania naprężeń stycznych na ściance. Zaproponowaną metodę przetestowano porównując ją z metodą, w której wektor normalny wyznacza się jako wektor prostopadły do linii prądu. Porównanie

przeprowadzono wyznaczając wektory normalne trójwymiarowych obiektów oraz zbieżnych i zagiętych kanałów. Wykazano, że metoda ta znacznie poprawia dokładność i przyspiesza prowadzone obliczenia.

Przeprowadzono także symulacje procesu przepływu płynu przez fragment układu krwionośnego człowieka (aorty brzusznej), w których wykorzystano obrazy trójwymiarowe otrzymane metodą tomografii komputerowej. Wyniki obliczeń naprężeń stycznych otrzymane metodą gazu sieciowego Boltzmanna porównano z wynikami otrzymanymi metodą objętości skończonych, wykazując ich jakościową i ilościową zgodność. Pokazano również, że obliczenia realizowane metodą gazu sieciowego Boltzmanna są czasowo znacznie efektywniejsze.

Zgodnie z oświadczeniami Habilitanta i współautorów pracy zamieszczonych w Autoreferacie i dokumentach dołączonych do wniosku, dr M. Matyka jest inicjatorem badań przedstawionych w pracy oraz autorem ich koncepcji. Samodzielnie napisał skrypty oprogramowania do obliczeń numerycznych, przygotował dane wejściowe, przeprowadził obliczenia oraz analizy otrzymanych danych. Napisał pierwszą kompletną wersję manuskryptu. Udział procentowy Habilitanta w realizacji pracy został oceniony na 90 %.

H-5

Matyka M., Koza Z., Gołębiewski J., Kostur M., Januszewski M., ***Anisotropy of Flow in Stochastically Generated Porous Media***, Phys. Rev., E 88, 023018 (2013).

W pracy rozszerzono analizę przeprowadzoną w H-1 na przypadek losowego, trójwymiarowego ośrodka porowatego, generowanego komputerowo, w którym szkielet tworzą częściowo pokrywające się sześciany. Dla zapewnienia efektywności czasowej prowadzonych symulacji komputerowych przepływu lepkiego, nieściśliwego płynu, realizowaną metodą gazu sieciowego Boltzmana, wykorzystano bibliotekę oprogramowania Sailfish, zaimplementowaną na procesorach kart graficznych (GPU-graphics processing units), Przeprowadzone symulacje porównano z symulacjami zrealizowanymi metodą skończonych objętości (FVM-finit volume method). Z tego względu rozszerzono zespół autorów pracy. Przeprowadzoną analizę wpływu wymiaru próbki i jej porowatości na efekt anizotropii ośrodka porównano z analizą wpływu wymiaru próbki na przepuszczalność generowanego ośrodka. Dodatkowo, przeprowadzono symulacje przepływu lepkiego płynu wzdłuż powierzchni wygenerowanego ośrodka porowatego, które wykorzystano do identyfikacji anizotropii ośrodka.

W pracy pokazano, że wymiar obszaru reprezentatywnego wyznaczony w oparciu o analizę anizotropii ośrodka jest znacznie mniejszy od wymiaru wyznaczonego na podstawie analizy przepuszczalności. Wykazano także dużą użyteczność biblioteki Sailfish wykorzystującej implementację metody gazu sieciowego Boltzmana na procesorach kart graficznych. Przyspieszają one znacznie symulacje procesów przepływu i wymagają znacznie mniejszej pamięci w porównaniu do metody objętości skończonych, przy jakościowo podobnych wynikach obliczeń.

W pracy przeprowadzono setki symulacji realizowanych na wygenerowanych niezależnych próbkach ośrodka porowatego, celem weryfikacji asymptotycznej zależności wariancji rozrzutu średniego kąta nachylenia linii prądu od stosunku wymiaru charakterystycznego przeszkody do wymiaru próbki, zaproponowanej w pracy H-1. Badania przeprowadzone na trójwymiarowych próbkach w pełni potwierdziły poprawność tej zależności. Pokazano, że dla wartości tego stosunku mniejszego od 0,05 anizotropia przepływu osiąga tak mały poziom, że może być pominięta w całym zakresie zmian porowatości.

Zgodnie z oświadczeniami Habilitanta i współautorów pracy zamieszczonych w Autoreferacie i dokumentach dołączonych do wniosku, dr M. Matyka jest inicjatorem numerycznych badań przepływów w materiałach porowatych. Samodzielnie napisał skrypty oprogramowania do obliczeń numerycznych, przeprowadził obliczenia oraz wizualizację otrzymanych danych. Uczestniczył aktywnie w pisaniu manuskryptu. Udział procentowy Habilitanta w realizacji pracy został oceniony na 50 %.

H-6

Khalili A., Morad M. R., **Matyka M.**, Liu B., Malekmohammadi R., Weise J., Kuypers M. M. M., ***Porosity Variation below a Fluid-Porous Interface***, Chemical Engineering Science, 107, 311-316 (2014).

Praca poświęcona jest analizie rozkładu porowatości w powierzchniowej warstwie przejściowej ziarnistego ośrodka porowatego o jednorodnej granulacji i losowym upakowaniu. Zaproponowano nową analityczną zależność opisującą rozkład jako funkcję parametrów średnicy ziaren oraz porowatości obszaru wewnętrznego ośrodka. Zależność tę zweryfikowano przeprowadzając badania numeryczne i eksperymentalne. Badania numeryczne przeprowadzono na komputerowo generowanych ośrodkach złożonych z losowo upakowanych kulek. Natomiast w badaniach eksperymentalnych wykorzystano technikę laserowo indukowanej fluorescencji. Pokazały one dobrą zgodność przewidywań teoretycznych z wynikami eksperymentu numerycznego i badań eksperymentalnych. Wykazano również, że otrzymana zależność dobrze opisuje rozkłady porowatości w powierzchniowych warstewkach materiałów biologicznych, otrzymane przez innych autorów.

Zgodnie z oświadczeniami Habilitanta i współautorów pracy zamieszczonych w Autoreferacie i dokumentach dołączonych do wniosku, dr M. Matyka jest inicjatorem pracy. Samodzielnie opracował część teoretyczną, napisał skrypty oprogramowania do obliczeń numerycznych, przeprowadził symulacje oraz przeanalizował otrzymane wyniki. Uczestniczył aktywnie w pisaniu manuskryptu. Udział procentowy Habilitanta w realizacji pracy został oceniony na 30 %.

H-7

Matyka M., Gołębiewski J., Koza Z., ***Power Exponential Velocity Distributions in Disordered Media***, Phys. Rev., E 93, 013110 (2016).

Praca poświęcona jest numerycznej analizie objętościowego rozkładu prędkości w mikroskopowym przepływie lepkiego, nieściśliwego płynu przez generowany komputerowo ośrodek porowaty oraz jej składowych w kierunku współliniowym i prostopadłym do kierunku wektora gradientu wywołującego ten przepływ. Znaczenie takich badań określa fakt, że mikroskopowe pole prędkości zawiera pełną informację o przepływie przez daną próbkę materiału porowatego, a rozkłady prędkości określają wartości makroskopowych parametrów charakteryzujących mikroskopową geometrię przestrzeni porów. Przykładami takich parametrów jest przepuszczalność próbki materiału porowatego oraz krętość jej porów. Parametry te wiążą makroskopowe wielkości charakteryzujące przepływ płynu przez materiał porowaty. Rozkłady te ponadto zawierają informację o strukturze przepływu płynu przez próbkę materiału porowatego: część rozkładu prędkości w zakresie wartości mniejszych od jej wartości średniej charakteryzuje obszary przepływowo mało drożne, natomiast część rozkładu w zakresie prędkości dużych odzwierciedla własności głównych kanałów przepływu w materiale porowatym.

W pracy zaproponowano wykładniczo-potęgową postać rozkładu prędkości płynu, a weryfikacja takiej postaci funkcji rozkładu była głównym celem pracy. Analizę przeprowadzono na dwu- i trójwymiarowych próbkach ośrodków porowatych generowanych komputerowo, w których szkielet złożony był z jednakowych, losowo rozmieszczonych, częściowo pokrywających się elementów: kół, kwadratów i sześcianów. Symulację przepływu płynu w takich ośrodkach przeprowadzono na próbkach o różnej porowatości wykorzystując bibliotekę Palabos, która wykorzystuje metodę gazu sieciowego Boltzmanna zaimplementowaną na procesorach kart graficznych. Część otrzymanych wyników porównano z wynikami symulacji realizowanych przy pomocy oprogramowania wykorzystującego metodę elementów skończonych.

Przeprowadzone badania w pełni potwierdziły uniwersalność rozkładu wykładniczo-potęgowego prędkości przepływu płynu i jej składowych w ośrodku porowatym. Pokazano, że wykładnik takiego rozkładu jest liniową funkcją porowatości próbki.

Zgodnie z oświadczeniami Habilitanta i współautorów pracy zamieszczonych w Autoreferacie i dokumentach dołączonych do wniosku, dr M. Matyka wspólnie z doktorantem J. Gołębiewskim jest inicjatorem badań przedstawionych w pracy. Opracował koncepcję pracy, przygotował część teoretyczną pracy, zaplanował doświadczenia numeryczne i napisał pierwsze wersje kodów obliczeń numerycznych. Napisał pierwszą wersję manuskryptu. Udział procentowy Habilitanta w realizacji pracy został oceniony na 50 %.

H-8

Matyka M., Koza Z., ***How to Calculate Tortuosity Easily?***, AIP Conf. Proc. 1453, 17-22 (2012).

W pracy wykorzystano definicję krętości zaproponowaną w H-3 do wyznaczania krętości przestrzeni porów w rożnych ośrodkach porowatych o narastającej złożoności geometrii porów. Rozważono: ośrodki o prostych kapilarnych porach nachylonych pod kątem do powierzchni warstwy; o u-kształtnych kapilarnych porach; dwuwymiarowe ośrodki generowane komputerowo, w których szkielet tworzą jednakowe, częściowo pokrywające się okręgi, losowo rozmieszczone na płaszczyźnie; trójwymiarowe ośrodki generowane komputerowo, w których szkielet tworzą jednakowe, częściowo pokrywające się kule losowo rozmieszczone w przestrzeni.

Krętość porów wyznaczono na podstawie pola prędkości przepływu lepkiego płynu w przestrzeni porów otrzymanego z symulacji przepływu metodą gazu sieciowego Boltzmana. Obliczenia przeprowadzono wykorzystując bibliotekę Sailfish, w której metoda LBM realizowana jest na procesorach graficznych.

W pracy wykazano uniwersalność zaproponowanej definicji krętości porów uwzględniającą najważniejsze aspekty tego pojęcia, a także jej użyteczność zarówno w badaniach numerycznych, analitycznych, jak i eksperymentalnych przepływów płynu przez materiały porowate, w których podstawę stanowi wyznaczanie pola prędkości płynu.

Zgodnie z oświadczeniami Habilitanta i współautorów pracy zamieszczonych w Autoreferacie i dokumentach dołączonych do wniosku, dr M. Matyka inicjatorem badań przedstawionych w pracy oraz autorem ich koncepcji. Samodzielnie opracował teoretycznie przypadki testowe, napisał skrypty oprogramowania do obliczeń numerycznych, przeprowadził obliczenia oraz wizualizację i analizę otrzymanych danych. Napisał pierwszą kompletną wersję manuskryptu. Udział procentowy Habilitanta w realizacji pracy został oceniony na 80 %.

Z przedstawionego przez dra Macieja Matykę cyklu prac wynika, że jego główne zainteresowania naukowe dotyczą zastosowań metod i narzędzi modelowania i symulacji komputerowej procesów transportu płynów w fizycznych, biologicznych oraz technicznych układach o złożonej geometrii. W szczególności dotyczy to modelowania i symulacji tych procesów w materiałach porowatych na poziomie mikroskopowym. Badania te są prowadzone w trybie eksperymentu numerycznego, realizowane w wirtualnym laboratorium pamięci komputerowej. Umożliwia to rekonstrukcję przebiegu mikroskopowych procesów zachodzących w rzeczywistych i generowanych komputerowo materiałach porowatych, zapewniając dostęp do informacji o przebiegu procesów, nieosiągalny w badaniach eksperymentalnych. Pozwala to także na kontrolowaną zmianę parametrów układu i badanie ich wpływu na makroskopowy przebieg procesów. Pan Matyka wykorzystuje przy tym i rozwija metody umożliwiające efektywne czasowo prowadzenie symulacji w układach o złożonej geometrii, niewymagające dużych zasobów pamięci. Dotyczy to przede wszystkim metody gazu sieciowego Boltzmanna (LBM–Lattice Boltzmann Method), zaimplementowanej na procesorach kart graficznych (GPU-Graphics Processing Units), co pozwala na zrównoleglanie prowadzonych obliczeń. Taki kierunek badań procesów transportu w materiałach porowatych, a także w złożonych układach biologicznych i technicznych jest obecnie intensywnie rozwijany w wielu czołowych europejskich i światowych ośrodkach badawczych.

Do najważniejszych osiągnięć uzyskanych w cyklu prac przedstawionych przez dr Macieja Matykę należy zaliczyć:

- rozwijanie metody gazu sieciowego Boltzmanna zaimplementowanej na procesorach kart graficznych oraz jej funkcjonalności dla symulacji przepływu cieczy w układach o złożonej geometrii (H-2, H-4);
- opracowanie nowej metody wyznaczania wymiaru obszaru reprezentatywnego statystycznie jednorodnych i izotropowych ośrodków porowatych, opartej na miarach anizotropii przepływu płynu (H-1, H-5);
- opracowanie metody wizualizacji linii prądu dla symulacji przepływu cieczy przez elementy układu krążenia, umożliwiające ocenę jakościową i analizę charakterystycznych cech przepływu krwi (H-2);
- opracowanie metody numerycznego wyznaczania naprężeń stycznych w pobliżu ścianek naczyń krwionośnych dla zagadnień symulacji procesów przepływu metodą gazu sieciowego Boltzmanna (H-4);
- zaproponowanie nowej definicji krętości porów w materiałach porowatych oraz opracowanie metody jej wyznaczania, opartej na charakterystykach statystycznych pola prędkości przepływu (H-3, H-8);
- sformułowanie opisu teoretycznego oraz weryfikacja numeryczna rozkładu porowatości ziarnistego materiału porowatego w przypowierzchniowej warstwie ośrodka (H-6);
- zaproponowanie opisu teoretycznego oraz weryfikacja numeryczna rozkładu prędkości mikroskopowego przepływu w izotropowych i jednorodnych ośrodkach porowatych (H-7).

Biorąc pod uwagę powyższe omówienie należy stwierdzić, że dr Maciej Matyka przedstawił tematycznie spójny cykl prac o istotnym znaczeniu dla symulacji fizyki procesów przepływów płynów przez układy o złożonej geometrii oraz materiały porowate. Siedem z tych prac zostało opublikowanych w czasopismach zamieszczonych na liście JCR o wysokim IF, natomiast jedna praca opublikowana została w pokonferencyjnym wydawnictwie indeksowanym przez Web of Science.

3. Ocena aktywności naukowej

Dorobek publikacyjny i wskaźniki biblio metryczne

Po uzyskaniu stopnia naukowego doktora, przedmiotem badań dr Macieja Matyki były różne zagadnieniami modelowania i symulacji komputerowej procesów transportu w układach fizycznych o złożonej geometrii z zastosowaniem głównie metody gazu sieciowego Boltzmanna, zaimplementowanej na procesorach kart graficznych.

Poza badaniami opublikowanymi w tematycznym cyklu prac stanowiących oceniane osiągnięcie naukowe, dr Maciej Matyka prowadził badania nad rozwojem metod i narzędzi symulacji komputerowych, komputerowych modeli dynamiki animowanych obiektów, komputerowych symulacji transportu azotu w przepuszczalnych osadach dennych, czy przepływu wody wokół studni eksploatacyjnej. Z tego zakresu jest autorem lub współautorem trzech prac opublikowanych w czasopismach z listy JCR oraz trzech rozdziałów monografii wydanych przez renomowane międzynarodowe wydawnictwa oraz jednego rozdziału wydanego przez krajowe wydawnictwo uczelniane, a także trzech prac wydanych w wydawnictwach pokonferencyjnych.

Sumaryczna liczba cytowań publikacji autorstwa lub współautorstwa dra Macieja Matyki według bazy Web of Science z dnia 7.07.2017 roku wyniosła 236, a indeks Hirscha według tej bazy miał wartość 6. Obie wartości wskaźników biblio metrycznych wskazują na znaczące zainteresowanie międzynarodowe pracami Habilitanta oraz ważność realizowanej przez niego problematyki badawczej.

Międzynarodowe lub krajowe projekty, nagrody oraz referaty

Dr Maciej Matyka po uzyskaniu stopnia doktora w 2009 roku uczestniczył w trzech projektach badawczych lub badawczo-rozwojowych finansowanych przez NCN, NCBiR oraz trzech projektach tego typu o zasięgu regionalnym. Wszystkie projekty dotyczyły zagadnień tematycznie powiązanych z zagadnieniami opublikowanymi w cyklu prac będącym przedmiotem oceny.

Wyniki swoich prac badawczych dr Maciej Matyka prezentował na trzech konferencjach krajowych oraz dziewięciu konferencjach międzynarodowych, które miały miejsce w Europie USA oraz Australii. Jest członkiem komitetu organizacyjnego krajowej konferencji naukowej. W 2012 roku zajął pierwsze miejsce w międzynarodowym konkursie na oprogramowanie wykorzystujące bibliotekę Palabos za symulację kropli wpadającej do głębokiego naczynia.

Dorobek dydaktyczny i popularyzatorski oraz współpraca międzynarodowa

Dr Maciej Matyka w latach 2013-2016 uczestniczył w pracach zespołu opracowującego program nowego kierunku Informatyka Stosowana i Systemy Pomiarowe na Wydziale Fizyki i Astronomii UWr, był organizatorem konkursu na Oprogramowanie popularyzujące fizykę, prowadził wykłady z przedmiotu „Praktyczny wstęp do programowania" dla pierwszego roku fizyki, wygłosił około 20 wykładów popularyzatorskich z fizyki, grafiki komputerowej, oprogramowania oraz modelowania i symulacji. Wielokrotnie sprawował opiekę naukową przy realizacji prac licencjackich i magisterskich z fizyki oraz pełnił rolę opiekuna pomocniczego przy realizacji jednego doktoratu. Za osiągnięcia dydaktyczne i organizacyjne był dwukrotnie wyróżniany zespołową nagrodą rektora UWr.

Dr Maciej Matyka odbył trzy długo okresowe staże naukowe w zagranicznych ośrodkach naukowych: miesięczny staż w Brisbane (Australia) oraz sześcio-miesięczny i roczny staż podoktorski w Bremen (Niemcy). Recenzował publikacje naukowe dla czasopism: Transport in Porous Media, Chemical Engineering Science, Chaos, Solitons and Fractals, International Journal of Computational Fluid Dynamics. Jest członkiem stowarzyszenia Association for Computing Machinery (ACM).

4. Wnioski końcowe

Po zapoznaniu się z dokumentacją prezentującą dorobek dra Macieja Matyki po uzyskaniu stopnia doktora stwierdzam, że spełnione są kryteria określone w Ustawie z dnia 14 marca 2003 r. „*O stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki*" (Dz.U. Nr 65 poz. 595 z późniejszymi zmianami). Dotyczy to w szczególności tematycznego cyklu prac „*Zbadanie struktury i pól prędkości w przepływie przez układy o nieregularnej budowie*", przedłożonego przez Habilitanta do oceny, który wnosi znaczny wkład w rozwój dyscypliny fizyka w zakresie zastosowań metod i narzędzi modelowania i symulacji komputerowej procesów transportu płynów w fizycznych, biologicznych oraz technicznych układach o złożonej geometrii, a w szczególności, w materiałach porowatych na poziomie mikroskopowym. Również pozostały dorobek naukowy, działalność dydaktyczna i popularyzatorska, odbyte staże naukowe, udział w wielu międzynarodowych konferencjach naukowych oraz współpraca z redakcjami czasopism naukowych świadczą o dużej aktywności naukowej Habilitanta.

W związku z powyższym stwierdzam, że udokumentowany dorobek i aktywność naukowa dra Macieja Matyki mogą być podstawą do ubiegania się o nadanie stopnia doktora habilitowanego w dyscyplinie fizyka.