

Warszawa, dn. 21.11.2016 r.

Prof. dr hab. inż. Jacek Rokicki  
Politechnika Warszawska  
Wydział Mechaniczny Energetyki i Lotnictwa

## **Recenzja w postępowaniu habilitacyjnym dr. Piotra Korczyka**

### **1. Wstęp**

Pan dr Piotr Michał Korczyk ukończył w 2003 roku studia na Wydziale Fizyki Uniwersytetu Warszawskiego. Jego praca magisterska, której promotorem był prof. Szymon Malinowski, dotyczyła eksperymentalnego badania zjawiska turbulentnego mieszania w chmurach.

Praca doktorska, obroniona w roku 2008 w Instytucie Podstawowych Problemów Techniki PAN, której promotorem był prof. Tomasz A. Kowalewski, podejmowała pokrewny temat drobnoskalowej turbulencji w procesie mieszania chmury z otoczeniem.

Od ukończenia studiów kandydat był/jest zatrudniony w IPPT (2007-2008 oraz od 2011) oraz w Instytucie Chemii Fizycznej (2008-2011) na stanowiskach kolejno asystenta i adiunkta.

W latach 2012-2013 kandydat odbył roczny zagraniczny staż doktorski (Research Fellow) na Uniwersytecie of South Australia.

Praca w Instytucie Chemii Fizycznej, w grupie prof. Garsteckiego (w ramach prestiżowego programu TEAM Fundacji na Rzecz Nauki Polskiej) oraz staż zagraniczny w USA doprowadziły do podjęcia przez kandydata nowego obszaru tematyki badawczej, związanej z wykorzystaniem kropli cieczy poruszających się w mikrokanalach jako mikroreaktorów chemicznych.

Tematyka ta jest przedmiotem obecnego wniosku dotyczącego przeprowadzenia postępowania habilitacyjnego w dziedzinie nauk technicznych w dyscyplinie mechanika. Można stwierdzić, że zgłoszona tematyka różni się istotnie od tej, która podjęta została w pracy doktorskiej kandydata oraz mieści się w obrębie nauk technicznych i dyscyplinie mechanika.

### **2. Ocena Osiągnięcia Naukowego**

Pan Piotr Korczyk zgłosił jako swoje osiągnięcie naukowe „efekty badań dotyczących mechanicznych podstaw zastosowania kropeł jako mikroreaktorów chemicznych w pasywnych układach mikroprzepływowych”.

Celem tych badań było zaproponowanie szeregu pasywnych urządzeń przepływowych, które umożliwią manipulacje kroplami płynącymi w mikrokanalach wraz z cieczą „fazy ciągłej”.

Manipulacje te obejmują: tworzenie, podział, łączenie kropeł oraz mieszanie reagentów wewnątrz kropeł.

Dzięki tego typu operacjom można przeprowadzać kontrolowane reakcje chemiczne w bardzo małych objętościach, co ma skutkować znaczącym obniżeniem kosztów i przyspieszeniem prowadzonych analiz.

Praktyczne znaczenie tego typu badań jest więc ogromne, szczególnie w diagnostyce medycznej. Trzeba tu podkreślić, że zainteresowanie mikroreaktorami chemicznymi jest aktualnie bardzo szerokie, niemniej oryginalność działań kandydata współpracującego z zespołem prof. Garsteckiego nie ulega wątpliwości.

Warto tu też zwrócić uwagę, że główny cel kandydata ma charakter praktyczno-inżynierski. Celem tym jest wytworzenie (zaprojektowanie) nowych mikronarzędzi o szerokim spektrum zastosowań (w chemii, medycynie, farmacji, biologii, genetyce). Natomiast przedmiotem samej pracy badawczej są zjawiska fizyczne (niekiedy techniczne) z pogranicza mikromechaniki płynów i fizyki powierzchni. Kandydat bada te zjawiska doświadczalnie (ilościowo i jakościowo), znajduje zakresy parametrów, w których mogą być wykorzystywane oraz analizuje przyczyny powstawania zjawisk niekorzystnych. Ostatecznym celem pozostaje jednak uzyskanie pożądanych cech urządzenia technicznego, jakim jest ten szczególny typ mikroreaktora.

**Należy więc stwierdzić, że ze względu na doniosłość zastosowań, oryginalność i nowatorstwo, tematyka badawcza zaproponowana przez kandydata ma odpowiednią rangę naukową, by stanowić podstawę do nadania stopnia naukowego doktora habilitowanego w dziedzinie nauk technicznych, w dyscyplinie mechanika.**

**Pozostaje zidentyfikować oraz ocenić wkład i osiągnięcia kandydata w tym zakresie.**

Zgłoszone publikacje kandydata to cztery współautorskie artykuły (w trzech kandydat jest pierwszym autorem, w jednym – drugim), w tym trzy zamieszczone w znakomitych czasopismach (Lab on a Chip, IF=6.12; Biomicrofluidics, IF=3.35) o bardzo wysokim współczynniku IF oraz jeden w mniej znaczącym czasopiśmie (Journal of Flow Chemistry, IF=1.88) – wszystkie z listy JCR. Czasopisma te nie są typowe dla publikacji z zakresu mechaniki, co świadczy o interdyscyplinarnym charakterze badań.

Pierwszy artykuł (Lab on a Chip, 2011) dotyczy wpływu niewielkiej niestacjonarności/periodyczności warunków wlotowych (ciśnień, wydatków) na proces tworzenia kropli w złączu typu T.

Znaczącym osiągnięciem jest doświadczalna identyfikacja przyczyn niestabilności produkcji kropeł (dającej znaczny rozrzut rozmiaru produkowanych kropeł), to jest stwierdzenie, że odpowiedzialne są za to nie wewnętrzne niestabilności (czego można by się spodziewać), a niewielkie periodyczne fluktuacje parametrów wlotowych. Wyeliminowanie tych fluktuacji pozwala na powtarzalne wytwarzanie kropli jednakowego rozmiaru. Pozwala też na bardzo precyzyjne zidentyfikowanie (co

uzyskał kandydat) progów bifurkacyjnych pomiędzy różnymi scenariuszami produkcji kropeł (tzw. „squeezing”, „jetting”, „dripping”). Jest to ważne odkrycie z fizykalnego i z praktycznego punktu widzenia.

Drugi artykuł (Lab on a Chip, 2013) opisuje najważniejsze osiągnięcie projektowe kandydata (oraz zespołu którego był członkiem), czyli propozycję serii pasywnych mikro-„urządzeń” – „pułapek” hydrodynamicznych (bez jakichkolwiek części ruchomych) do manipulacji kroplami poruszającymi się w mikrokanalach. Manipulacje te obejmują podział i łączenie kropeł oraz zatrzymywanie i opóźnianie ich ruchu. Wykazano doświadczalnie, że „urządzenia” te mają pożądane własności i mogą pracować w grupach równoległe i szeregowo, wykonując bardzo złożone sekwencje czynności. Wykazano też, że urządzenia te mają cechy bramek logicznych o cyfrowej dokładności i mogą tworzyć całe sieci, w których kolejne funkcjonalności dodawane są inkrementalnie. Głównym osiągnięciem kandydata jest stworzenie koncepcji budowy tych szczególnych pułapek hydrodynamicznych oraz przeprowadzenie weryfikacji eksperymentalnej.

Trzeci artykuł (Biomicrofluidics, 2013), w którym kandydat jest drugim autorem, powstał w szerszym międzynarodowym gronie (MIT, Delft UT, IChF, IPPT, UoC).

Zawiera on opis nowopropozowanego łącza typu T o bardziej złożonej geometrii, która umożliwia generację kropeł o zadanej stałej objętości niezależnie od wartości nadciśnienia obu dostarczanych płynów (fazy dyspersyjnej i ciągłej). Dzięki temu można uzyskiwać krople o zadanej objętości, nawet wówczas gdy ciśnienie wejściowe jest zmienne w czasie (lub trudne do precyzyjnego wysterowania). Zmiana ciśnienia skutkuje wówczas zmianą wydatku fazy ciągłej i odpowiednią zmianą częstotliwości schodzenia kropeł fazy dyspersyjnej (przy precyzyjnym zachowaniu objętości samych kropeł).

Przeprowadzona analiza eksperymentalna potwierdza, że zachowanie to obserwowane jest w (opisanym) szerokim zakresie parametrów, pozwala więc na skuteczne zastosowanie praktyczne. Ta analiza eksperymentalna jest głównym osiągnięciem naukowym kandydata.

Czwarty artykuł (Journal of Flow Chemistry, 2015) opisuje, jak rozmiar poprzeczny mikro/mili-kanalu wpływa na stabilność mechanizmu tworzenia kropeł. Opisuje też jak parametr ten wpływa na intensywność mieszania wewnątrz kropli (w przypadku, gdy oś kanału ma kształt sinusoidalny, co intensyfikuje proces mieszania). Autorzy postulują szereg zależności mających swoje źródło w analizie wymiarowej i wykazują zgodność z wynikami eksperymentu. Osiągnięciem autora jest tu zaproponowanie eksperymentów, wykonanie odpowiednich pomiarów, ale także analiza teoretyczna zjawiska.

**Konkludując, osiągnięcia naukowe opisane w przedstawionej jednotematycznej grupie artykułów oceniam wysoko między innymi za ich fizykalną naturę, interdyscyplinarny charakter i doniosłe zastosowania praktyczne.**

Pewien niedosyt budzi ograniczony zakres pogłębionej analizy teoretycznej opisywanych zjawisk – w większości przypadków ogranicza się ona do prostej analizy wymiarowej.

### 3. Ocena istotnej aktywności naukowej

Aktywność naukowa kandydata koncentrowała się najpierw wokół tematyki związanej z doktoratem (drobnoskalowej turbulencji i procesu mieszania w chmurach), a po doktoracie związana była z aktywnymi i pasywnymi mechanizmami generacji, podziału i łączenia kropeł w mikrokanalach.

W obu tych obszarach kandydat uzyskał nowe wyniki, ale najważniejsze w Jego dorobku są te, dotyczące przepływu kropeł (i fazy ciągłej) w kanałach. Badania te były motywowane chęcią stworzenia nowych, skutecznych mikro-urządzeń (tzw. pułapek hydrodynamicznych), które można wykorzystać w mikroreaktorach chemicznych (program tych badań był autorstwa kierownika grupy badawczej IChF, prof. Piotra Garsteckiego).

Osiągnięcia publikacyjne kandydata są imponujące – 19 artykułów w czasopismach JCR o najwyższej renomie: Atmospheric Research, International Journal of Thermal Sciences, New Journal of Physics, Lab on a Chip (x5), Physical Review Letters, Applied Physics Letters oraz inne.

Summary Impact Factor czasopism to: 85, liczba wszystkich cytowani: 214, Indeks Hirscha 10. Przy wszystkich zastrzeżeniach co do adekwatności takich statystyk wyniki te można uważać za wybitne i znacznie przewyższające to, czego zwyczajowo oczekuje się w dziedzinie nauk technicznych.

Satysfakcjonujące jest również uczestnictwo kandydata w wielu prestiżowych międzynarodowych konferencjach i sympozjach. Nieco skromniejsza, choć w pełni satysfakcjonująca, jest aktywność na polu uczestnictwa i pozyskiwania grantów naukowych (po doktoracie), to jest Marie-Curie Action (2012), Sonata NCN (2015) (oraz wykonawca w programie TEAM FNP, 2008).

Ta znacząca aktywność naukowa kandydata została uhonorowana wieloma wyróżnieniami środowiskowymi (nagrody IPPT – 2008, 2012, 2013, 2014; IChF – 2011, 2012), jak i krajowymi oraz międzynarodowymi:

- stypendium MNiSW (2012-2015);
- stypendium w ramach Marie-Curie Action EU (2012-2014);
- stypendium Fundacji na rzecz Nauki Polskiej (2008).

**Konkludując, moja „Ocena istotnej aktywności naukowej” kandydata jest bardzo wysoka.**



#### 4. Ocena innych rodzajów aktywności.

##### Patenty

Kandydat jest współautorem dwu przyznanych patentów (US 9.132.396 – 2015 i PAT.221042 – 2015), z których pierwszy jest patentem amerykańskim, co świadczy o międzynarodowej randze zgłoszonego rozwiązania technicznego.

W obu przypadkach przedmiotem patentu jest system generacji kropli oraz metody podziału i łączenia kropli.

**To osiągnięcie (patent międzynarodowy) uważam za wybitne.**

Kandydat jest również współautorem dwóch zgłoszeń patentowych o podobnej tematyce.

##### Działalność dydaktyczna i popularyzatorska

Ta część działalności jest bardzo skromna ze względu na nie-dydaktyczny charakter instytucji, w których pracował kandydat.

Oprócz nadzoru nad badaniami studentów, kandydat wymienia uczestnictwo w Festiwalu Nauki (2014) i Pikniku Naukowym Polskiego Radia i Centrum Nauki Kopernik (2014).

##### Współpraca międzynarodowa

Kandydat wymienia cztery znakomite ośrodki (LIMSI, CNRS Francja, Uniwersytet Południowej Australii, Uniwersytet Delft/Harward, Narodowy Uniwersytet Tajwanu), z którymi łączy go znacząca współpraca naukowa.

Świadectwem tej współpracy są Jego najważniejsze artykuły, w tym wymienione na liście przedstawionych jako osiągnięcia naukowe.

Tę aktywność w ramach współpracy międzynarodowej oceniam bardzo pozytywnie.

Działalność organizacyjna jest skromna i ogranicza się do członkostwa w Komitecie organizacyjnym jednej z krajowych konferencji.

#### 5. Podsumowanie

Proponowana tematyka „Osiągnięcia Naukowego” – „Mechaniczne podstawy zastosowania kropli jako mikroreaktorów chemicznych w pasywnych układach mikroprzepływowych” ma odpowiednią rangę naukową ze względu na doniosłość zastosowań i badawczą oryginalność.

Osiągnięcia te mieszczą się w szeroko rozumianej dziedzinie nauk technicznych w dyscyplinie mechanika.

Przedstawiony cykl czterech publikacji spełnia kryteria jednotematyczności i prezentuje istotne osiągnięcia autora:

Są to przede wszystkim:

- zaprojektowanie/zaproponowanie serii pasywnych mikronarzędzi do tworzenia, podziału i łączenia kropeł w mikrokanałach i doświadczalna weryfikacja ich użyteczności;
- identyfikacja przyczyn niestabilności produkcji kropeł w złączach typu T oraz określenie progów bifurkacyjnych pomiędzy odrębnymi scenariuszami produkcji kropeł („squeezing”, „jetting”, „dripping”);
- zaprojektowanie i eksperymentalne przebadanie nowego złącza typu T generującego krople o zadanej, stałej objętości, w dużej mierze niezależnie od ciśnienia dostarczanych cieczy (fazy dyspersyjnej i ciągłej);
- określenie cech przepływowych proponowanych mikronarzędzi także w skali milimetrowej, co umożliwi ich wykorzystanie do wielkoskalowej syntezy chemicznej.

Wymienione osiągnięcia (a także osiągnięcia opisane w pozostałych publikacjach) oceniam wysoko, jako że łączą doniosły cel praktyczny (zaprojektowanie mikronarzędzi) z rzetelną, doświadczalną analizą fizykalną.

Jakość i liczba publikacji (19 artykułów z listy JCR w czasopismach o znaczącej, międzynarodowej renomie) oceniam bardzo wysoko. Inne parametry bibliometryczne (Indeks Hirscha: 10, sumaryczny IF=85, liczba cytowani 214) świadczą również o znaczącej pozycji kandydata w nauce.

Aktywność ta była uhonorowana wieloma nagrodami i przyznanymi stypendiami krajowymi i europejskimi.

Bardzo znaczące osiągnięcie to patent o zasięgu międzynarodowym.

Satysfakcjonujące jest także uczestnictwo kandydata w krajowych i międzynarodowych projektach.

Stosunkowo bardzo skromna aktywność dydaktyczna i organizacyjna wynika z faktu, iż pracował on głównie w instytutach badawczych.

**Wymienione oceny częściowe upoważniają mnie do ostatecznego stwierdzenia, że naukowe osiągnięcia kandydata są bardzo znaczące w tej dziedzinie wiedzy, a dorobek publikacyjny jest wybitny. Z pełnym przekonaniem popieram wnioszek kandydata o przyznanie mu stopnia doktora habilitowanego.**

