

Warszawa, 20 września 2023 r.
Prof. dr hab. inż. Jacek Szumbariski
Instytut Techniki Lotniczej i Mechaniki Stosowanej
Wydział Mechaniczny Energetyki i Lotnictwa
Politechnika Warszawska

**Opinia nt. osiągnięcia naukowego oraz dorobku naukowego,
dydaktycznego i organizacyjnego dr. inż. Artura Drózdza
sporządzona w związku z Jego wystąpieniem o przeprowadzenie
postępowania w sprawie nadania stopnia doktora habilitowanego.
Podstawa przedłożenia opinii:**

Umowa o dzieło RN-UC-68/23 z dnia 26 maja 2023 r. pomiędzy autorem
opinii i Politechniką Częstochowską, ul. J.H. Dąbrowskiego 69, 42-201
Częstochowa, reprezentowaną przez

1. Prorektora prof. dr. hab. inż. Jerzego Wysłockiego
2. Dziekana prof. dr. hab. inż. Małgorzatę Klimek

1. Podstawowe dane o Kandydacie

A. Data uzyskania stopnia doktora, nazwa jednostki organizacyjnej
nadającej ten stopień, tytuł i promotor rozprawy doktorskiej

31.05.2012, Politechnika Częstochowska, Wydział Inżynierii
Mechanicznej i Informatyki, dyscyplina Mechanika, tytuł rozprawy
„Analiza procesów transportu energii w turbulentnej warstwie
przyściennej w obecności gradientu ciśnienia”, promotor dr hab. inż.
Witold Elsner, prof. PCz.

B. Przebieg pracy naukowo-zawodowej

01.07.2010-30.09.2012 – Instytut Maszyn Ciepłych, Wydział Inżynierii
Mechanicznej i Informatyki, Politechnika Częstochowska, stanowisko:
asystent

01.10.2012-30.09.2013 – Instytut Maszyn Ciepłych, Wydział Inżynierii
Mechanicznej i Informatyki, Politechnika Częstochowska, stanowisko:
adiunkt

01.10.2013 do chwili obecnej – Katedra Maszyn Ciepłych, Wydział
Inżynierii Mechanicznej i Informatyki, Politechnika Częstochowska,
stanowisko: adiunkt

2. Informacja o obowiązujących przepisach prawa na dzień wszczęcia postępowania, w tym obowiązujące kryteria oceny

Przepisy dotyczące ubiegania się i procedury nadania stopnia doktora habilitowanego sformułowane zostały w Rozdziale 3 ustawy „Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce” z dnia 20 lipca 2018 r. Z punktu widzenia oceny wniosku Kandydata kluczowy jest artykuł 219, w którym formułuje się warunki nadania tego stopnia. Przytaczam ten artykuł w pełnym brzmieniu:

Art. 219.

1. Stopień doktora habilitowanego nadaje się osobie, która:

1) posiada stopień doktora;

2) posiada w dorobku osiągnięcia naukowe albo artystyczne, stanowiące znaczny wkład w rozwój określonej dyscypliny, w tym co najmniej:

a) 1 monografię naukową wydaną przez wydawnictwo, które w roku opublikowania monografii w ostatecznej formie było ujęte w wykazie sporządzonym zgodnie z przepisami wydanymi na podstawie art. 267 ust. 2 pkt 2 lit. a, lub

b) 1 cykl powiązanych tematycznie artykułów naukowych opublikowanych w czasopismach naukowych lub w recenzowanych materiałach z konferencji międzynarodowych, które w roku opublikowania artykułu w ostatecznej formie były ujęte w wykazie sporządzonym zgodnie z przepisami wydanymi na podstawie art. 267 ust. 2 pkt 2 lit. b, lub

c) 1 zrealizowane oryginalne osiągnięcie projektowe, konstrukcyjne, technologiczne lub artystyczne;

3) wykazuje się istotną aktywnością naukową albo artystyczną realizowaną w więcej niż jednej uczelni, instytucji naukowej lub instytucji kultury, w szczególności zagranicznej.

2. Osiągnięcie, o którym mowa w ust. 1 pkt 2, może stanowić część pracy zbiorowej, jeżeli opracowanie wydzielonego zagadnienia jest indywidualnym wkładem osoby ubiegającej się o stopień doktora habilitowanego.

3. Obowiązek publikacji nie dotyczy osiągnięć, których przedmiot jest objęty ochroną informacji niejawnych.

3. Informacja o ocenianych osiągnięciach naukowych

A. Tytuł osiągnięcia

Podstawą ubiegania się Kandydata o nadanie mu stopnia doktora habilitowanego jest cykl powiązanych tematycznie publikacji naukowych

pt. ***Odziaływanie międzyskalowe w turbulentnej warstwie przyściennej pod wpływem dodatniego gradientu ciśnienia.***

B. Dane naukometryczne kandydat

1. Łączny Impact Factor 32.147
2. Liczba cytowań (w nawiasie bez autocytowań): wg Scopus 142 (64), wg Web of Science 123 (54), wg Research Gate 18, wg Google Scholar (w chwili sporządzania niniejszej recenzji) 208.
3. Indeks Hirscha (w nawiasie bez autocytowań): wg Scopus 8 (4), wg Web of Science 7, wg Research Gate 7 (5), wg Google Scholar (w chwili sporządzania niniejszej recenzji) 8.

4. Informacja o liczbie publikacji naukowych, monografii, rozdziałów w monografiach (autorskich i współautorskich), ze wskazaniem tych po otrzymaniu ostatniego stopnia naukowego.

Dorobek publikacyjny Kandydata obejmuje 6 współautorskich rozdziałów w monografiach wydanych przez zagraniczne wydawnictwa naukowe i indeksowane w bazie Web of Science. Cztery z tych prac były opublikowane po uzyskaniu przez Kandydata stopnia doktora nauk technicznych. Jedna z tych publikacji wchodzi w skład cyklu prac przedłożonego jako osiągnięcie naukowe Kandydata będące podstawą ubiegania się o nadanie drugiego stopnia naukowego.

Po uzyskaniu stopnia doktora, Kandydat opublikował także 19 artykułów z recenzowanych czasopismach naukowych (18 prac to prace współautorskie), z których 9 włączył do w/w cyklu. Prace te były publikowane w okresie 2013-2022. Ponadto, przed uzyskaniem stopnia doktora, Kandydat był współautorem 9 prac, w tym 2 prac w Archives of Mechanics.

W załączonej dokumentacji, Kandydat wykazał także swoje współautorstwo w 22 referatach plenarnych na konferencjach i sympozjach międzynarodowych, z czego 14 po uzyskaniu stopnia doktora nauk technicznych.

5. Informacja o najważniejszych czasopismach naukowych, w których publikował Kandydat

Kluczowe publikacje Kandydata wchodzące w skład cyklu zostały opublikowane w czasopismach o zasięgu międzynarodowym, cieszących się wysoką wartością IF oraz wysoko punktowanych przez MNiSW/MEiN. Do najważniejszych z nich należą (punkty MEiN podane wg listy z 17 lipca 2023 r.)

1. Applied Mathematical Modelling – IF 5.1 , 100 pkt.
2. Experimental Thermal and Fluid Science – IF 3.2, 140 pkt.
3. Journal of Heat and Fluid Flow – IF 2.6, 100 pkt.
4. Archives of Mechanics - IF 1.3, 100 pkt.

Kandydat jest także współautorem pracy nie włączonej do cyklu, opublikowanej w European Journal of Mechanics B/Fluids (IF 2.6, 100 pkt.)

6. Informacja o roli Kandydata w przygotowaniu autorskich prac naukowych

W tej części opinii odniosę się do udziału Kandydata w przygotowaniu prac naukowych tworzących cykl „*Oddziaływanie międzyskalowe w turbulentnej warstwie przyściennej w obecności dodatniego gradientu ciśnienia*”. Ponieważ prace w tym cyklu są niemal wyłącznie współautorskie, kwestia wkładu merytorycznego Kandydata jest kluczowa. Charakteryzując ten wkład odniosę się do poszczególnych prac w kolejności chronologicznej, wykorzystując nadane im przez Kandydata symbole (2-ga strona Autoreferatu).

Prace H1, H3, H4 i H5 zostały przygotowane przez Kandydata i prof. Witolda Elsnera (promotora pracy doktorskiej Kandydata). W dokumentacji przewodu Kandydata znajdujemy zgodne deklaracje udziału obu autorów w przygotowaniu tych prac. Wynika z nich, że rola Kandydata polegała generalnie na sformułowaniu hipotezy badawczej, określeniu celu i metodologii badań, przygotowania stanowiska badawczego, przeprowadzeniu eksperymentu, niezbędnych obliczeń oraz opracowaniu wyników, wreszcie – na przygotowaniu wstępnej wersji manuskryptu. Udział ten został oceniony na 70% w przypadku prac H1, H3 i H4, oraz na 60% w pracy H5. Jest to więc udział przeważający i świadczy o kluczowej roli Kandydata na każdym etapie prac zwieńczonych opublikowaniem tych prac.

Nowsze artykuły w przedłożonym cyklu, czyli H6-H10, to prace z większą liczbą współautorów (oprócz Kandydata, 2-4 współautorów).

Dla każdej z tych publikacji Kandydat przedstawił komplet oświadczeń o indywidualnym udziale współautorów, określony opisowo i ilościowo (w procentach). W ocenie wkładu Kandydata właściwym kryterium oceny wydaje się stwierdzenie, w jakim stopniu Kandydat uczestniczył w opracowaniu celu i metodologii badań, a także w opracowaniu niezbędnych do ich przeprowadzenia narzędzi (eksperymentalnych i

obliczeniowych). Ilościowo, uważam za istotne, aby w każdym przypadku udział (wyrażony w procentach) Kandydata w przygotowanie tych publikacji był nie mniejszy niż któregokolwiek z pozostałych współautorów. Na podstawie załączonych oświadczeń mogę stwierdzić, że w każdej z prac oba te kryteria są spełnione, co uzasadnia prawo Kandydata do potraktowania tych prac jako elementów indywidualnego osiągnięcia naukowego przedłożonego w przewodzie habilitacyjnym. W szczególności procentowy udział Kandydata w przygotowaniu publikacji H6-H9 to 40 procent (w dwóch z nich udział ten jest identyczny o jednego z pozostałych współautorów, u pozostałych jest mniejszy).

Relatywnie równomierny rozkład udziałów występuje w pracy H10, ale 25 % udziału Kandydata obejmuje tu kluczowe elementy, takie, jak opracowanie i przeprowadzenie badań doświadczalnych walidujących symulacje komputerowe, obróbkę numeryczną wyników pomiarowych i przygotowanie tekstu publikacji.

Reasumując, stwierdzam, że wkład merytoryczny Kandydata w publikacje należące do cyklu publikacji H1-H10 jest kluczowy, zarówno pod względem jakościowym (charakter i zakres prac wykonanych przez Kandydata) jak i ilościowym. Deklarowany zakres jest spójny z oświadczeniami współautorów, co pozwala jednoznacznie uznać przedłożony cykl prac jako autorskie osiągnięcie naukowe Kandydata, mogące być podstawą do ubiegania się o stopień naukowy doktora habilitowanego.

7. Ocena wskazanego osiągnięcia naukowego, w tym, czy stanowi ono znaczny wkład w rozwój dyscypliny Inżynieria Mechaniczna

Przedłożony cykl prac dokumentuje wyniki badań nad właściwościami dynamicznymi przepływów w turbulentnej warstwie przyściennej (TWP) prowadzonymi przez Kandydata w okresie po uzyskaniu stopnia doktora w 2012 r. Badanie te koncentrowały się na fundamentalnych w punktu widzenia fizyki TWP problemach, w szczególności poznaniu w szczegółach mechanizmu transportu energii pomiędzy skalami ruchu, identyfikacji mechanizmów i ilościowego określenia procesu modulacji amplitudowej struktur drobnoskalowych przez zjawiska wielkoskalowe i wyznaczeniu prędkości konwekcji struktur wielkoskalowych. Kluczowym celem tych badań było także wyjaśnienie wpływu liczby Reynoldsa, a także – a może przede wszystkim – efektów związanych z obecnością dodatniego gradientu ciśnienia wzdłuż TWP. Inspiracją do takiego programu badawczego było niedawne odkrycie AM w bezgradientowej TBL (2009), a wkrótce potem (2013) również w TWP z dodatnim

gradientem ciśnienia (APG). Można zatem powiedzieć, że badania Kandydata dotyczyły bardzo aktualnej tematyki i wystartowały w momencie pojawienia się świadomości problemu w środowisku naukowym zajmującym się badaniem dynamiki TWP.

Przebieg aktywności naukowej Kandydata w okresie 2013 do chwili obecnej jest zatem ściśle związany z realizacją dobrze zaprojektowanego i konsekwentnie realizowanego programu badawczego koncentrującego się przede wszystkim na badaniach podstawowych. Najnowsza praca (H10) w przedłożonym cyklu jest efektem realizacji toczącego się aktualnie projektu OPUS (NCN), w którym Kandydat jest głównym wykonawcą. Wcześniejsze publikacje w cyklu powstawały w okresie realizacji innych projektów naukowych, w szczególności dwóch toczących się równolegle grantów NCN (lata 2013-16), w których Kandydat pełnił rolę koordynatora prac eksperymentalnych.

Do najważniejszych, oryginalnych osiągnięć Kandydata, udokumentowanych w przedłożonym cyklu prac należą w mojej opinii:

1. Wykazanie, że intensywność modulacji amplitudowej turbulencji drobnoskalowej w TWP rośnie z dodatnim gradientem ciśnienia, i to nawet przy niższych liczbach Reynoldsa
2. Pokazanie, że w TWP w dodatnim gradientem ciśnienia dochodzi do wzrostu prędkości konwekcji struktur wirowych, oraz wyjaśnienie mechanizmu tego zjawiska, w szczególności wykazanie związku zwiększonej prędkości konwekcji z większą produkcją turbulencji w strukturach wielkoskalowych. W pracy H2 Kandydat m.in. pokazał związek wzrostu prędkości średniej konwekcji z intensyfikacją tzw. zjawisk kwadrantowych z dodatnią składową pulsacji turbulentnych w kierunku równoległym do ściany. W pracy H3 zaproponowano empiryczną, nową formułę dla średniej prędkości konwekcji, uwzględniającą wpływ gradientu ciśnienia.
3. Przeprowadzenie systematycznych badań wpływu liczby Reynoldsa na proces AM, w szczególności wykazanie, że zmiana prędkości konwekcji rośnie z Re , a energia drobnych struktur w TWP w dodatnim gradientem ciśnienia w obszarze przyściennym rośnie. Wykazano również wysoka wrażliwość (szybki zanik) wielkości wewnętrznej (tj. położonego bliżej ściany) maksimum wzdłużnych fluktuacji prędkości na niewielki nawet wzrost gradientu ciśnienia, i szybki wzrost wartości tych fluktuacji w zewnętrznym obszarze TWP. Z dalszych analiz Kandydat wyciąga wniosek, że modulacja amplitudowa (AM) wydaje się być mechanizmem stabilizującym przepływ i opóźnia ewentualne oderwanie TWP. Moim zdaniem jest to wniosek bardzo istotny, szczególnie w kontekście komputerowego modelowania TWP i zjawiska oderwania.

Poczynione obserwację wskazują bowiem na to, że niepoprawne modelowanie efektów związanych z AM będzie skutkowało błędnym przewidywaniem ewolucji warstwy, w szczególności niewłaściwym określeniem punktu oderwania.

W najnowszej części cyklu Kandydat wykorzystał wiedzę i doświadczenie w poprzednich publikacji do zaproponowania ulepszonej metody pośredniego wyznaczania naprężeń stycznych na ścianie w TWP w dodatnim gradientem ciśnienia. Istota rzeczy polega na wprowadzeniu korekcji do klasycznej metody diagramów Clausera, bazującej na prawie ścianki zakładającym pewne uniwersalne parametry rozkładu prędkości w strefie logarytmicznej. W obszarze dodatniego gradientu ciśnienia przewidywania tą metodą obarczone są dużym błędem (niedoszacowania). Istotnym osiągnięciem opisanym w pracach H7 i H8 jest zaproponowanie metod alternatywnych, bazujących na wcześniejszym zrozumieniu mechanizmów procesu AM i jego konsekwencji dla rozkładu prędkości w dolnej części TWP. W H8 Kandydat i współautorzy proponują idące dalej ulepszenie w formie metody hybrydowej, której zastosowanie nie wymaga dokładnego pomiaru prędkości w bliskim sąsiedztwie ściany. Konstrukcja tej praktycznej w stosowaniu metody istotnym wkładem w rozwój metod pomiarowych stosowanych w badaniach TWP.

Dwie najnowsze prace w cyklu dotyczą opracowania metod kontroli oderwania TWP bazujące na wzmocnieniu efektu modulacji amplitudowej i zwiększeniu prędkości konwekcji. Generalnie, w pracach H9 i H10 Kandydat i współautorzy zajmują się zagadnieniem opóźnienia oderwania TWP w wyniku odpowiednio dobranego pofalowania ściany. Praca H9 koncentruje się na analizie wpływu pofalowania na strukturę TWP, w szczególności przebiegu procesu modulacji amplitudowej i zmian średniej prędkości konwekcji, a w konsekwencji wzmocnienie transportu pędu w kierunku ściany skutkującego opóźnieniem oderwania w warunkach dodatniego gradientu ciśnienia. Autorzy pokazują, że możliwe jest uzyskanie tego efektu i objaśniają stojący za nim mechanizm fizyczny. W pracy H10 pokazano wyniki symulacji numerycznych (metoda LES) dla różnych konfiguracji geometrii ściany i przedstawiono ich walidację eksperymentalną (w tej części kluczową rolę odegrał Kandydat). Otrzymane wyniki pokazują, że zaproponowana metoda manipulacji TWP jest bardzo obiecującą, także i z tego powodu, że jest to metoda kontroli biernej, łatwej do implementacji w zastosowaniach. Należy zaznaczyć, że badania nad wykorzystaniem powierzchni z pofalowaniem są w toku, a i tak uzyskane dotychczas wyniki należy uznać za interesujące i istotne dla rozwoju wiedzy nt. zjawisk i mechanizmów fizycznych w TWP.

A końcowej części autoreferatu Kandydat omawia perspektywy toczących się i przyszłych badań. W mojej opinii, szczególnie interesujące i wartościowe naukowo plany badawcze dotyczą określenia optymalnej geometrii pofalowania powierzchni w maksymalizacji „odporności” TBL na oderwanie. Interesującą kwestią na przyszłość jest właściwe sformułowanie funkcji celu w taki sposób, aby uzyskane efekty miały znaczenie w praktyce projektowania powierzchni nośnych i minimalizacji oporów aerodynamicznych. Planowanie badania mogą zaowocować także opracowaniem nowych sposobów redukcji strat hydraulicznych w przepływach wewnętrznych.

Reasumując, przedłożony przez Kandydata cykl prac zawiera w moim przekonaniu wiele elementów, stanowiących istotny wkład w rozwój dyscypliny Inżynieria Mechaniczna, a w szczególności rozwój fizyki turbulentnej warstwy przyściennej (TWP), metod eksperymentalnych badania struktur TWP i ich dynamiki w warunkach dużych gradientów ciśnienia, a także metod manipulowania strukturą TWP w celu opóźnienia jej oderwania. Ponadto, uzyskane przez Kandydata wyniki otwierają możliwości dalszych badań mogących przynieść wartościowe efekty, zarówno pod względem poznawczym jak i użytkowym. Tym samym, mogę stwierdzić, że przedłożone osiągnięcia naukowe Kandydata spełniają drugą przesłankę nadania stopnia doktora habilitowanego, sformułowaną w Art. 219 ustawy „Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce”.

8. Informacja o spełnieniu przez Kandydata kryterium dotyczącego wykazania się istotną aktywnością naukową realizowaną w więcej niż jednej uczelni, instytucji naukowej, w szczególności zagranicznej.

Od 2017 roku Kandydat jest czynnie zaangażowany we współpracę naukową z KTH w Sztokholmie. W ramach tej aktywności, Kandydat odbył dwa krótkoterminowe staże w tej uczelni (kwiecień 2018 i trzy tygodnie na przełomie maja i czerwca w 2022). Staż w 2022 był finansowany z projektu ANIMATE w ramach narodowej Wymiany Akademickiej. Efektem współpracy jest wspólna publikacja w European Journal of Mechanics B/Fluids dotycząca badania intensywności turbulencji w TBL z dodatnim gradientem ciśnienia. Drugi temat naukowy współpracy realizowany z udziałem Kandydata to problematyka uśredniania przestrzennego w warunkach niedostatecznie zredukowanej objętości pomiarowej. Współpraca ta ma istotne znaczenie w punkcie widzenia realizacji toczonego projektu, w którym uczestniczy Kandydat.

W roku 2013 Kandydat odbył dwa pobyty stażowe (tygodniowy i trzytygodniowy) w Instytucie Termomechaniki Akademii Nauk Republiki Czeskiej w ramach projektu współpracy dwustronnej nt. „Modeling of Unsteady Complex Flows”, gdzie prowadził badania eksperymentalne. Kandydat ma również na swoim koncie współpracę z zespołem z Zakładu Aerodynamiki ITLiMS PW w ramach projektu OPUS (NCN) kierowanego przez dra hab. inż. Sławomira Kubackiego.

Reasumując, twierdzę, że Kandydat wykazał istotną aktywność naukowa prowadzoną w co najmniej dwóch ośrodkach naukowych w Polsce, a także brał (i nadal bierze) czynny udział w pracach międzynarodowych zespołów prowadzących badania w zakresie mechaniki przepływów turbulentnych. Kandydat nie prowadził długoterminowych badań naukowych w ośrodku zagranicznym (staż post-doktorski), ale przepisy Ustawy tego nie wymagają. Tym samym uważam, że Kandydat spełnia w tym zakresie warunki określone w trzeciej przesłance Art. 219 Ustawy.

9. Informacja o osiągnięciach dydaktycznych, organizacyjnych i popularyzujących naukę Kandydata.

Jak wynika z załączonej dokumentacji (uzupełnienie Autoreferatu), Kandydat posiada bogate doświadczenie i osiągnięcia dydaktyczne. Kandydat prowadził zajęcia wykładowe z mechaniki płynów na różnych poziomach zaawansowania, a także ćwiczenie laboratoryjne w ramach kilkunastu różnych kursów (sic!). Ma na swoim koncie także prowadzenie zajęć dydaktycznych w języku angielskim. Kandydat angażuje się również z przedsięwzięcia popularyzujące naukę. Osiągnięcia Kandydata w zakresie pracy organizacyjnej są, moim zdaniem, niewielkie. Nie ma to wpływu na wniosek końcowy, ale z pewnością aktywność na tym polu powinna zostać zintensyfikowana, szczególnie w kontekście możliwości dalszych awansów naukowych.

10. Podsumowanie i konkluzja

Reasumując, osiągnięcia naukowe przedłożone przez dra inż. Artura Dróżdża, oraz pozostałe elementy jego aktywności naukowej oceniam bardzo pozytywnie. W mojej opinii, dr inż. Artur Dróżdż przedstawił oryginalne osiągnięcie naukowe, które stanowi istotny wkład w rozwój dyscypliny naukowej Inżynieria Mechaniczna. Kandydat wykazał się także innymi formami istotnej aktywności naukowej, które spełniają przesłanki nadania stopnia doktora habilitowanego w obszarze nauk inżynieryjno-technicznych,

**zgodnie z Art. 219 ustawy „Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce”.
Z tego powodu, popieram wniosek dr. inż. Artura Drózdza o nadanie
Mu stopnia naukowego doktora habilitowanego nauk inżynieryjno-
technicznych w dyscyplinie Inżynieria Mechaniczna.**

Podpis recenzenta

Janek Szumbasli