

Prof. dr hab. inż. Jerzy Petera
Wydział Inżynierii Procesowej i Ochrony Środowiska
ul. Wólczańska 213/215, 90-924 Łódź

19 lutego 2018

OPINIA
o dorobku naukowym i rozprawie habilitacyjnej
dr Katarzyny Bizon

1. Dorobek naukowy i działalność zawodowa

Dr Katarzyna Bizon ukończyła studia w 2005 r. na Wydziale Matematyczno-Fizycznym Politechniki Śląskiej uzyskując stopień magistra inżyniera o specjalności matematyka stosowana i modelowanie matematyczne. Tytuł pracy magisterskiej: *„Profile iteracyjne stabilnych punktów stałych i orbit stałych rozwiązań układu dwóch równań różniczkowych cząstkowych modelujących rurowy reaktor chemiczny”* wskazuje na wczesne zainteresowania w obszarze dynamiki i stabilności reaktorów chemicznych rozwijane do chwili obecnej. Interesującym faktem jest realizowane dalszych badań w Dipartimento di Ingegneria, Università degli Studi del Sannio w Benevento oraz w Istituto di Ricerche sulla Combustione CNR w Neapolu, które dotyczyły badania właściwości reaktorów chemicznych ze złożem nieruchomym, a następnie reaktorów fluidyzacyjnych stosowanych do spalania paliw stałych. Stanowiły one podstawę rozprawy doktorskiej zatytułowanej *„Spectral reduction of numerical models of combustion processes”*.

Po uzyskaniu stopnia doktora nauk technicznych w dyscyplinie inżynieria chemiczna, na Politechnice Śląskiej, Wydział Chemiczny w 2010 pracowała jako asystent naukowy w Istituto di Ricerche sulla Combustione CNR, Neapol, Włochy a następnie do 2015 roku jako asystent naukowy w Dipartimento di Ingegneria, Università degli Studi del Sannio, Benevento, Włochy.

Od marca 2015 do chwili obecnej jest adiunktem naukowo-dydaktycznym w Katedrze Inżynierii Chemicznej i Procesowej, Wydziału Inżynierii i Technologii Chemicznej na Politechnice Krakowskiej.

Prace prowadzone przez kandydatkę po doktoracie dotyczyły zarówno kontynuacji tematyki rozpoczętej w pracy doktorskiej jak również rozwinięcia wybranych obszarów zastosowań matematyki w modelowaniu procesów zachodzących w reaktorach heterogenicznych.

Opracowana metodologia i zaobserwowane, choć wirtualnie, nowe zjawiska stanowią interesujący wkład do wiedzy na temat właściwości stacjonarnych i dynamicznych takich obiektów.

Najważniejsze oryginalne osiągnięcia w tym obszarze to:

- Zbudowanie modeli złoża fluidalnego, opracowanie i implementacja algorytmów obliczeniowych do ich symulacji oraz ocena stosowalności modelu pseudohomogenicznego w porównaniu do modelu heterogenicznego w regionie występowania emulsji w kontekście symulacji dynamiki reaktora fluidalnego,
- Sformułowanie różnych wariantów autotermicznych struktur fluidyzacyjnych, w szczególności reaktora z częściową recyrkulacją produktu, reaktora z zewnętrznym autotermicznym wymiennikiem ciepła oraz układu dwóch współpracujących aparatów z recyrkulacją ziaren katalizatora, tj. katalitycznego reaktora fluidyzacyjnego oraz fluidyzacyjnego wymiennika ciepła.
- Wszechstronna analiza nieliniowych stanów stacjonarnych i dynamiki autotermicznych struktur fluidyzacyjnych, w tym wykrycie nowych nie zaobserwowanych dotychczas zjawisk nieliniowych jakimi są wielokrotne izole stanów stacjonarnych, aczkolwiek z zastrzeżeniem, że są one wytworem modelowym, nie potwierdzonym eksperymentalnie (o czym jeszcze poniżej),
- Oszacowanie wpływu zjawiska adsorpcji fizycznej substratu w ziarnie katalizatora na dynamikę (w szczególności również na charakterystykę stacjonarną) autotermicznych struktur fluidyzacyjnych,
- Zastosowanie metody Galerkina z ortogonalną bazą empiryczną wyznaczoną przy użyciu metody dekompozycji ortogonalnej do symulacji dynamiki reaktora fluidyzacyjnego z heterogenicznym modelem regionu emulsji (z zastrzeżeniem czy taka konieczność istnieje, o czym szerzej w dalszej części tej recenzji).

Kandydatka wykorzystała wyniki tych badań do sformułowania wniosków o charakterze poznawczym oraz praktycznym, w szczególności

- zaproponowała na podstawie znajomości charakterystyki stacjonarnej autotermicznych struktur fluidyzacyjnych metodykę prawidłowego rozruchu reaktora oraz prowadzenia procesów przy występowaniu zaburzeń zewnętrznych, np. zmian temperatury surowca.

- zaproponowała metodykę rozszerzenia obszaru autotermicznej pracy reaktora w kierunku niższych temperatur surowca i wyższych wartości liczb fluidyzacji, w szczególności poprzez wprowadzenie kanału zewnętrznego dodatniego sprzężenia cieplnego co w rezultacie powinno pozwolić na zmniejszenie kosztów operacyjnych wstępnego podgrzania surowca, natomiast możliwość prowadzenia procesu w zakresie wyższych liczb fluidyzacji powinno poprawić zdolność produkcyjną reaktora.
- odkryła możliwość zaadaptowania w prosty sposób wyników do szczegółowej analizy ilościowej i jakościowej przemysłowych procesów kontaktowych prowadzonych w autotermicznych strukturach fluidyzacyjnych. Opracowana metodologia może ponadto stanowić narzędzie do optymalnego i bezpiecznego doboru podstawowych parametrów procesowych.

Poza tym przedstawionym wyżej głównym obszarem badań, można wyróżnić w działalności naukowo-badawczej kandydatki następujące interesujące zagadnienia.

- Redukcja modeli dynamiki reaktorów chemicznych przy użyciu metod dekompozycji ortogonalnej połączonej z projekcyjną metodą Galerkina do tworzenia tzw. modeli zredukowanych zarówno klasycznych reaktorów chemicznych dla procesów homogenicznych jak również reaktorów fluidyzacyjnych z cyrkulacyjną warstwą fluidalną. Wyniki prowadzonych badań teoretycznych zostały opublikowane w czasopiśmie z listy JCR oraz w innych recenzowanych czasopiśmie naukowych i materiałach konferencyjnych. W szczególności oryginalnym osiągnięciem było definiowanie globalnej bazy funkcyjnej umożliwiającej konstruowanie modelu aproksymacyjnego w oparciu o niewielką liczbę obserwacji. Osiągnięcia w tym zakresie uzupełnia zastosowanie metody funkcji kary do symulacji numerycznej dynamiki rurowego reaktora chemicznych z recyrkulacją masy oraz reaktora fluidyzacyjnego z cyrkulacyjną warstwą fluidalną.
- Badania eksperymentalne w zakresie spalania paliw stałych w Istituto di Ricerche sulla Combustione CNR w Neapolu w skali laboratoryjnej skupiającymi się na określeniu krzywej ziarnowej pierwotnego popiołu wybranych typów węgla kamiennego.
- Badania eksperymentalne problemu aglomeracji zachodzącej w złożu fluidalnym podczas współspalania biomasy w skali pilotażowej podczas stażu zagranicznego w Delft University of Technology w Holandii w ramach stypendium Marie Curie, przedstawione następnie na konferencjach i spotkaniach sprawozdawczych projektu kolejno w Turku Neapolu, Delft i Pizie.

- Zastosowania metod statystycznych i technik dekompozycji do analizy masowych danych eksperymentalnych diagnostyki optycznej do oceny jakości procesu spalania w silnikach spalinowych we współpracy z grupą badawczą z Istituto Motori CNR w Neapolu. Nowatorskie wyniki eksperymentalno-teoretycznych zamieszczone w publikacjach w czasopiśmie z listy JCR oraz w innych czasopiśmie naukowych i materiałach konferencyjnych.
- Badania stosowalności sztucznych sieci neuronowych jako tzw. wirtualnych sensorów, w szczególności do pośredniego pomiaru ciśnienia w cylindrze silnika spalinowego. Badania w tym zakresie dotyczyły również ich zastosowania jako elementów modeli hybrydowych do utworzenia opisu złoża fluidalnego współpracującego z silnikiem Stirlinga (również w ramach projektu MEGARIS).
- Analiza wpływu błędów pomiarowych i błędów przetwarzania numerycznego na błędy estymacji parametrycznej w kontekście wyznaczania prędkości propagacji płomienia laminarnego we współpracy z Institut de Combustion Aérothermique Réactivité et Environnement CNRS w Orleanie we Francji.
- Kierowanie badaniami teoretyczno-eksperymentalnymi prowadzonymi w Katedrze Inżynierii Chemicznej i Procesowej Politechniki Krakowskiej dotyczącymi hydrodynamiki hybrydowych reaktorów fluidyzacyjnych.

Podsumowując całkowity dorobek naukowy należy podkreślić, że jest wyjątkowo bogaty a nawet wybitny i w zupełności spełnia wymagania w związku z kandydaturą na stopień doktora habilitowanego. Obejmuje w szczególności

- a)** 1 monografię naukową ,
- b)** 23 artykułów naukowych w czasopiśmie znajdujących się w bazie JCR, w tym 19 artykułów po doktoracie ,
- c)** 8 artykułów naukowych w recenzowanych czasopiśmie spoza bazy JRC, w tym 6 artykułów po doktoracie ,
- d)** 13 publikacji w recenzowanych materiałach konferencyjnych, w tym 7 publikacji po doktoracie.

Kandydatka jest również autorką lub współautorką 40 referatów (w tym 20 wygłoszonych osobiście) i 18 posterów (w tym 14 zaprezentowanych osobiście) zaprezentowanych na 16 międzynarodowych i krajowych konferencjach naukowych, w tym 21 referatów i 14 posterów po doktoracie.

Czasopisma naukowe w których kandydatka publikowała należą do najbardziej wartościowych w dyscyplinie Inżynieria Chemiczna.

Wskaźniki bibliograficzne (zgodnie z danymi zamieszczonymi w autoreferacie):

- a) Sumaryczny impact factor: 55.74 (w tym po uzyskaniu stopnia doktora 45.94).
- b) Liczba cytowań publikacji według bazy Web of Science (WoS): 114 (86 bez autocytowań).
- c) Indeks Hirscha według bazy Web of Science (WoS): 6.
- d) Sumaryczna liczba punktów MNiSzW: 683 (w tym po uzyskaniu stopnia doktora 579).

Działalność dydaktyczna jest również niezwykle bogata, i obejmuje zajęcia : wykłady i ćwiczenia prowadzone zarówno w Polsce jak również na uniwersytetach zagranicznych. Imponująca jest liczba promowanych prac dyplomowych inżynierskich i magisterskich.

W szczególności, po uzyskaniu stopnia naukowego doktora w 2010 r. w ramach dodatkowej działalności dydaktycznej prowadziła w roku akademickim 2010/2011 zajęcia z przedmiotu *Sterowanie procesów chemicznych* na kierunku Automatyka w Dipartimento di Ingegneria Università degli Studi del Sannio w Benevento. Następnie w latach 2012 – 2015 na tej samej uczelni prowadziła zajęcia z przedmiotu *Laboratorium metod numerycznych* na kierunku Energetyka . W latach 2007 – 2015 pełniła tam również funkcję tzw. *cultore della materia* (asystent dydaktyczny).

Podczas swojej pracy we Włoszech była współpromotorem 13 prac inżynierskich i 4 prac magisterskich na kierunkach Energetyka (łącznie 16 prac) i Automatyka (1 praca) oraz opiekunem naukowym jednego doktoranta. Tematyka tych prac dotyczyła w szczególności modelowania procesów adsorpcji i spalania oraz analizy danych eksperymentalnych dotyczących silników spalinowych.

Ponadto w ramach projektu finansowanego przez Ministero dell'Istruzione dell'Università e della Ricerca (Ministerstwo Edukacji i Badań Naukowych) prowadziła zajęcia dydaktyczne w Neapolu i Modugno nt. metod numerycznych do charakteryzowania procesów zachodzących w silnikach spalinowych.

Obecnie w Katedrze Inżynierii Chemicznej i Procesowej na Wydziale Inżynierii i Technologii Chemicznej prowadzi szereg zajęć dydaktycznych w języku polskim i angielskim. Opracowała programy własnych wykładów i była promotorem prac magisterskich i inżynierskich.

2. *Rozprawa habilitacyjna*

Rozprawę habilitacyjną dr Katarzyny Bizon stanowi monografia wydana przez Wydawnictwo Monografie Politechniki Krakowskiej w roku 2017. Praca składa się z ośmiu rozdziałów merytorycznych, plus podsumowanie wyników i streszczenie. Jest usystematyzowanym opisem wyników prac kandydatki opublikowanych równolegle w czasopismach z odpowiednim uzupełnieniem, komentarzem i ujednoliceniem oznaczeń niezbędnymi dla spełnienia wymogów pojedynczej monografii. Rozdziały są skonstruowane logicznie.

Po wprowadzeniu, najpierw omówiono modele reaktorów ze złożem fluidalnym o różnym stopniu złożoności. Potem przedstawiono modele procesów kontaktowych prowadzonych w autotermicznych strukturach fluidyzacyjnych. Następnie wprowadzono metody numeryczne do rozwiązywania równań tych modeli, zarówno dla poszukiwania miejsc stacjonarnych jak i dla symulacji dynamicznych, w szczególności mocno propagowaną metodę rozkładu ortogonalnego dla prawej strony równań dynamicznych w ziarnie katalizatora. Kolejno przedstawiono porównanie modeli o różnym stopniu zaawansowania, z niezwykle wnikliwą analizą w reżimie stacjonarnym i dynamicznym zarówno dla pojedynczego złoża fluidalnego jak i dla autotermicznych struktur fluidyzacyjnych. Na podstawie wyników przeprowadzonych badań teoretycznych sformułowano wnioski o charakterze praktycznym i poznawczym.

Monografię czyta się z przyjemnością, jest napisana bardzo starannie a wykaz oznaczeń jest kompletny i bardzo ułatwia czytanie nawet wrywkowe. Chciałbym jednak dodać kilka uwag krytycznych, chociaż w zasadzie polemicznych. Przede wszystkim wszystkie osiągnięcia i wnioski dotyczą reaktorów wirtualnych zdefiniowanych za pomocą modeli. Wspomniana wszechstronna analiza nieliniowych stanów stacjonarnych i dynamiki autotermicznych struktur fluidyzacyjnych, w tym w szczególności wykrycie nowych nie zaobserwowanych dotychczas zjawisk nieliniowych jakimi są wielokrotne izole stanów stacjonarnych są wytworem modeli. Byłoby bardzo przekonujące, gdyby przynajmniej niektóre z tych zjawisk były potwierdzone doświadczalnie. Wiadomo, że modele opierają się na założeniach upraszczających. Tutaj nawet przy najbardziej zaawansowanym modelu heterogenicznym zakłada się niezależność temperatury i stężeń w regionie emulsyjnym a przecież skoro istnieje prędkość gazu w tej strefie to zjawisko konwekcji spowoduje gradient stężeń i temperatury w kierunku pionowym. Taki gradient uwzględniono w pracy ale w strefie pęcherzyków. Poza tym wszystkie współczynniki wymiany ciepła a jeszcze bardziej masy są też obarczone

błędem i to czasem 20%. Tak więc wspomniane punkty stacjonarne dla złożonych zależności liniowych mogą być fikcyjne i nie zawsze odpowiadające rzeczywistości. Porównanie wyników mniej zaawansowanego modelu z modelem bardziej zaawansowanym też nie jest przekonujące, ponieważ ten drugi z uwagi na większe skomplikowanie, może przy niefortunnym doborze parametrów dawać wyniki gorsze niż ten uproszczony. Kandydatka brała udział w różnych programach eksperymentalnych więc może udałoby się znaleźć potwierdzenie niektórych przewidywanych teoretycznie zjawisk.

W tej sytuacji opracowana w szczególności, należy dodać bardzo starannie, metodyka rozruchu przemysłowych procesów kontaktowych prowadzonych w autotermicznych strukturach fluidyzacyjnych, jest użyteczna jeśli rzeczywiste punkty stacjonarne pokrywają się z tymi wynikającymi z modeli. Dotyczy to również faktu, że w dotychczasowych doniesieniach literaturowych brak m.in. wzmianek o współistnieniu wielokrotnych izoli stacjonarnych w tym samym zakresie parametru procesowego czy niewątpliwie bardzo ciekawego wniosku o rozszerzeniu obszaru autotermicznej pracy reaktora w kierunku niższych temperatur surowca i wyższych wartości liczb fluidyzacji, w szczególności poprzez wprowadzenie kanału zewnętrznego dodatniego sprzężenia cieplnego co w rezultacie powinno pozwolić na zmniejszenie kosztów operacyjnych wstępnego podgrzania surowca.

Druga z uwag polemicznych dotyczy zastosowania metody Galerkina z ortogonalną bazą empiryczną wyznaczoną przy użyciu metody dekompozycji ortogonalnej do symulacji dynamiki reaktora fluidyzacyjnego z heterogenicznym modelem regionu emulsji. Pytanie, czy było to naprawdę potrzebne. Moim zdaniem metoda ciągle wymaga pewnych czynności heurystycznych a nie jest w pełni rutynowa. Wyniki otrzymane np. przy mniejszej liczbie wektorów bazowych mogą być lepsze niż przy użyciu większej liczby. Jeżeli nie rozwiążemy pełnego oryginalnego układu równań dynamiki w ziarnie (kulce) katalizatora to nie wiemy jak dobre jest rozwiązanie przybliżone. Z drugiej strony samo tworzenie bazy ortogonalnej wymaga rozwiązania problemu na wartości własne, co nie jest problemem banalnym a raczej czasochłonnym. Zysk z użycia mniejszego rozmiaru otrzymanego przybliżonego układu równań może być iluzoryczny. Z kolei rozwiązanie oryginalnego układu równań może być mocno usprawnione jeżeli wykorzysta się fakt, że w przypadku ziarna w postaci kulki jest to problem jedno-wymiarowy i wynikająca stąd macierz po prawej stronie jest trój-diagonalna. Istnieje bardzo wydajny algorytm wykorzystujący zastosowanie wielowątkowości i obliczeń równoległych. A ponieważ warunki brzegowe nie zależą od położenia, to taki układ wystarczy rozwiązać raz dla każdej chwili czasowej. Dalej, ze względu na brak konwekcji w

ciele stałym macierz jest bardzo dobrze określona algebraicznie i dyskretyzacja nie musi zawierać bardzo wiele punktów węzłowych (kilkaset jest nawet chyba nadmierną liczbą). Takie rozwiązanie powinno zająć ułamek sekundy. Czy warto więc prowadzić dodatkową nie w pełni przewidywalną (choć interesującą) metodę rozkładu ortogonalnego? Jak wspomniałem uwagi są natury polemicznej i w niczym nie umniejszają ogólnej wartości naukowej rozprawy. Praca spełnia w zupełności ustawowe kryteria związane z rozprawami habilitacyjnymi.

3. Podsumowanie i wniosek końcowy

Moim zdaniem dr Katarzyna Bizon jest dojrzałym, aktywnym badaczem o wybitnym dorobku naukowym i dydaktycznym. Sądzę, że jej działalność zawodowa w zupełności spełnia wymogi stawiane kandydatom do stopnia doktora habilitowanego.

Podsumowując i biorąc pod uwagę całokształt dorobku Pani dr Katarzyny Bizon wnoszę o dopuszczenie kandydatki do dalszych etapów postępowania habilitacyjnego.

