

9 listopada 2016 r.

Prof. dr hab. inż. Józef Nastaj  
Zachodniopomorski Uniwersytet Technologiczny w Szczecinie  
Instytut Inżynierii Chemicznej i Procesów Ochrony Środowiska  
Al. Piastów 42  
71-065 Szczecin  
e-mail: [jonas@ps.pl](mailto:jonas@ps.pl)

## RECENZJA

**rozprawy habilitacyjnej dr inż. Magdaleny Barbary CUDAK pt.: "Eksperymentalna i numeryczna analiza procesów przenoszenia w układach biofaza-ciecz-gaz w bioreaktorze z mieszałem" w związku z postępowaniem o nadanie stopnia naukowego doktora habilitowanego oraz dorobku naukowego, dydaktycznego, i organizacyjnego**

### 1. Dane podstawowe o Kandydatce

Dr inż. Magdalena Barbara CUDAK urodziła się 25 lutego 1975 r. w Szczecinie. Po ukończeniu studiów wyższych na Wydziale Technologii i Inżynierii Chemicznej Politechniki Szczecińskiej (od 2009 r. Zachodniopomorskiego Uniwersytetu Technologicznego (ZUT)) w 1999 roku, uzyskała stopień magistra inżyniera. Wykonała pracę dyplomową maderską w Zakładzie Inżynierii i Aparatury Chemicznej pod kierunkiem prof. dr hab. inż. Joanny KARCZ pt.: *Wnikanie ciepła w ogrzewanym płaszczowo mieszalniku cieczy*.

Po ukończeniu studiów doktoranckich (1999-2004) w październiku 2004 roku obroniła pracę doktorską zatytułowaną „*Wymiana ciepła i pędu w mieszalniku z niecentrycznie zabudowanym mieszałem*”, której promotorem była prof. dr hab. inż. Joanna KARCZ. W ramach realizacji pracy doktorskiej uzyskała częściowe dofinansowane KBN (projekt badawczy dla młodego badacza 2001/2002 oraz grant promotorski 2003/2004).

Dr inż. Magdalena Barbara CUDAK etatową pracę zawodową rozpoczęła 1 września 2004 r., zatrudniona na etacie asystenta w Zakładzie Inżynierii Chemicznej i Procesów Reaktorowych, a od 1 grudnia 2004 r. na etacie adiunkta na macierzystym Wydziale. Na stanowisku adiunkta jest zatrudniona do chwili obecnej.

Kandydatka posiada dyplom ukończenia dwusemestralnych studiów podyplomowych: *Zarządzanie projektem badawczym i komercjalizacja wyników badań* odbytych na Uniwersytecie Szczecińskim (2011/2012), także dyplom ukończenia trzysemestralnego, studium pedagogicznego dla studentów (1997-1999). Posiada certyfikat: *Certified Project*

*Management Associate IPMA Level D, nr 395/2012*, wydany przez Biuro Certyfikacji IPMA Polska, ważny do lipca 2017.

Uzyskała nagroda indywidualną II stopnia JM Rektora PS za pracę doktorską.

## 2. Dorobek naukowy

### 2.1. Ocena dorobku naukowego

Całkowity dotychczasowy dorobek Kandydatki składa się z 51 publikacji: rozprawa doktorska, 1 rozdział w monografii, 1 monografia, 17 publikacji z bazy **Journal Citation Report (JCR)**, 14 publikacji w innych recenzowanych czasopismach naukowych z listy Ministerstwa Nauki i Szkolnictwa Wyższego (MNiSzW) oraz 17 publikacji w krajowych (12) i międzynarodowych (5) pełnotekstowych materiałach konferencyjnych (w ramach prezentowania wyników badań na tych konferencjach).

Dorobek naukowy Kandydatki po uzyskaniu stopnia doktora składa się z 40 pozycji: 1 monografii, 1-go rozdziału w monografii, 14 publikacji z bazy **JCR**, 12 publikacji w innych recenzowanych czasopismach naukowych z listy MNiSzW, 11 publikacji w materiałach konferencyjnych oraz 1-go zgłoszenia patentowego.

Podstawą wystąpienia Kandydatki z wnioskiem o nadanie stopnia naukowego doktora habilitowanego (o przeprowadzenie postępowania habilitacyjnego) w dziedzinie nauk technicznych w dyscyplinie naukowej inżynieria chemiczna jest dzieło [H1] opublikowane w całości pt.: ***EKSPERYMENTALNA I NUMERYCZNA ANALIZA PROCESÓW PRZENOSZENIA W UKŁADACH BIOFAZA-CIECZ-GAZ W BIOREAKTORZE Z MIESZADŁEM*** (Wydawnictwo BEL Studio, Wydanie I, Warszawa 2016, ISBN 978-83-7798-601-1) oraz cykl publikacji powiązanych tematycznie [H2] do [H13].

Przegląd 13-tu publikacji, obejmujący dzieło główne (monografia) oraz cykl powiązanych tematycznie publikacji, w tym 6-ciu jednoautorskich, w których Habilitantka przedstawiła najważniejsze cele badań i wyniki uzyskane w poszczególnych pracach badawczych, składających się na przedmiot rozprawy habilitacyjnej, obejmuje analizę teoretyczno-doświadczalną następujących problemów naukowych:

- wpływu obecności biofazy na moc mieszania  $P$ , udział  $\varphi$  gazu zatrzymanego w cieczy oraz czasu przebywania  $t_R$  pęcherzy gazu w układzie trójfazowym, w którym fazą ciągłą była ciecz (wodny roztwór sacharozy), a fazami rozproszonymi - gaz (powietrze) oraz biofaza (zawiesina drożdży). W pracach [H1-H3; H8] przedstawiono badania dla trzech typów mieszadeł szybkoobrotowych (turbinowego Rushtona, turbinowego Smitha-CD 6, lub

mieszadła A 315) montowanych pojedynczo lub w kombinacji dwóch mieszadeł, stosując zmienność częstości obrotów  $n$ , objętościowego strumienia przepływu gazu  $V_g$ , ułamka masowego fazy ciekłej wodnego roztworu sacharozy  $x$  oraz ułamka masowego zawiesiny drożdży,

- wpływu typu mieszadła, częstości jego obrotów  $n$ , objętościowego strumienia przepływu gazu  $V$  oraz ułamka masowego fazy ciekłej wodnego roztworu sacharozy  $x$  na hydrodynamikę układu dwufazowego gaz-ciecz (powietrze-wodny roztwór sacharozy). W pracach [H1-H3; H5-H10] przedstawiono wyniki służące jako odniesienie w analizie wpływu obecności biofazy w układzie trójfazowym w porównaniu do układu bez czynnika biologicznego (układ dwufazowy),
- wpływu typu mieszadła, częstości jego obrotów  $n$  objętościowego strumienia przepływu gazu  $V_g$  na hydrodynamikę układu gaz-pseudofaza ciekła (prace [H1-H4]). Zawiesina drożdży w wodnym roztworze sacharozy stanowiła pseudofazę ciekłą wykazującą właściwości cieczy nienewtonowskiej (cieczy rozrzedzanej ścinaniem),
- wpływu mieszania mechanicznego, temperatury  $t$ , typu mieszadła, częstości jego obrotów  $n$ , objętościowego strumienia przepływu gazu  $V_g$ , początkowego ułamka masowego fazy ciekłej wodnego roztworu sacharozy  $x_o$ , na liczbę  $L$  i średnicę  $d_p$  komórek drożdży w czasie trwania bioprocessu (monografia [H1]).

Celem badań przedstawionych w monografii [H1] była doświadczalna i numeryczna analiza wpływu wybranych parametrów procesowych na przebiegające w reaktorze procesy przenoszenia w układzie trójfazowym: zawiesina drożdży-powietrze-wodny roztwór sacharozy. Badania eksperymentalne wykonała w zbiornikach w skali wielkolaboratoryjnej ( $D=0,288$  m oraz  $D=0,634$  m) z czterema standardowymi przegrodami, napełnianych cieczą do wysokości słupa cieczy równej średnicy wewnętrznej zbiornika.

Habilitantka omówiła w szerokim zakresie modele bilansu populacji: proste modele liniowe, modele nieliniowe oparte na wieku lub masie komórki oraz model wielowymiarowy uwzględniający zarówno wiek jak i masę komórki.

Przedstawiła również zalety i wady metod numerycznych stosowanych do rozwiązywania modeli matematycznych oraz zastosowanie bilansu populacji w procesach przemysłowych [H1; H1-H13].

Wyniki badań mocy mieszania Habilitantka opracowała w postaci zależności funkcyjnych uwzględniających wpływ liczby przepływu gazu  $Kg$ , liczby  $Fr$ , ułamka masowego  $x$  wodnego roztworu sacharozy oraz ułamka masowego zawiesiny drożdży  $c$  na względną moc mieszania w układzie wielofazowym, odniesioną do mocy mieszania

w układzie jednofazowym  $P_g/P_o$ . Podobnie ułamek masowy gazu zatrzymanego w cieczy  $\varphi$  Kandydatka opracowała w postaci zależności funkcyjnych uwzględniającej wpływ liczby przepływu gazu  $K_g$ , liczby  $Fr$ , liczby  $Mo$ , ułamka masowego  $x$  wodnego roztworu sacharozy oraz ułamka masowego zawiesiny drożdży  $c$ .

Rozprawa habilitacyjna dr inż. Magdaleny Barbary CUDAK wnosi wymierny wkład w rozwój inżynierii procesowej.

Najważniejsze, oryginalne osiągnięcia Kandydatki uzyskane w wyniku przeprowadzenia eksperymentalnych i numerycznych (modelowanie matematyczne) badań procesów przenoszenia w mieszanym mechanicznie układzie: biofaza-powietrze-ciecz są, moim zdaniem, następujące:

- i) eksperymentalne wyznaczenie wielkości globalnych dla układu bioreaktora z mieszadłem: mocy mieszania, ułamka gazu zatrzymanego w cieczy i czasu przebywania pęcherzy gazu w układzie trójfazowym, zawiesina drożdży-powietrze-wodny roztwór sacharozy, oraz w układzie dwufazowym bez biofazy. W wyniku wykonanych badań Habilitantka opracowała jakościowe i ilościowe zależności  $P_g/P_o=f(K_g, Fr)$  [H10];  $P_g/P_o=f(K_g, Fr, x)$  [H2];  $P_g/P_o=f(K_g, Fr, x, c)$  [H1] oraz  $\varphi=f(P_g/V_L, w_{0g}, x)$  [H3];  $\varphi=f(K_g, We)$  [H9];  $\varphi=f(K_g, We, x)$  [H6-H8];  $\varphi=f(K_g, We, x, M_0)$  [H2];  $\varphi=f(K_g, We, x, c)$  [H1]. Habilitantka stwierdza, że opracowane przez nią równania, w postaci powyżej wymienionych ilościowych zależności funkcyjnych, nie mają odpowiednika w literaturze przedmiotu,
- ii) numeryczne wyznaczenie wielkości lokalnych udziału  $\varphi$  gazu zatrzymanego w cieczy oraz średnicy  $d_{pg}$  pęcherzy gazu w układzie: gaz-pseudofaza ciekła w bioreaktorze z mieszadłem [H1; H4].
- iii) eksperymentalne wyznaczenie wielkości lokalnych liczby  $L$  i średnicy  $d_p$  kpmórek drożdży w układzie: zawiesina drożdży-gaz-wodny roztwór sacharozy w bioreaktorze z mieszadłem [H1].

Na podstawie przeprowadzonych badań doświadczalnych Kandydatka stwierdziła, że największy wpływ na hydrodynamikę układu trójfazowego biofaza-ciecz-gaz i dwufazowego ciecz-gaz ma częstość obrotów mieszadła  $n$ . Ze wzrostem częstości obrotów mieszadła  $n$  zarówno jednostkowa moc mieszania układu jednofazowego  $P_o/P_L$  jak i wielofazowego  $P_g/P_L$  oraz ułamek  $\varphi$  gazu zatrzymanego w cieczy wzrastają dwu- do czterokrotnie. Wielkość tego wpływu (na jednostkową moc mieszania i ułamek  $\varphi$  gazu zatrzymanego w cieczy) dodatkowo zależy od objętościowego strumienia przepływu gazu  $V_g$  i wzrasta ze wzrostem wartości  $V_g$ . Podobny wpływ, wzrostu częstości obrotów mieszadła zaobserwowano na zwiększenie wpływu ułamka masowego wodnego roztworu sacharozy  $x$  na ułamek  $\varphi$  gazu

zatrzymanego w cieczy. Przeprowadzone badania wykazały, że najkorzystniejsze warunki temperaturowe rozwoju drożdży (mikroorganizmów) zawierają się w przedziale 20-28 °C oraz początkowym stężeniu pożywki (sacharozy) porównywalnym ze stężeniem zawiesiny drożdży.

Jak nadmieniono powyżej, przeprowadzone przez Habilitantkę badania wniosły istotny wkład w rozwój wiedzy na temat procesów przenoszenia w złożonym układzie: biofaza-ciecz-gaz w badanych bioreaktorach z mieszadłem. W przypadku pozostałych czynników (typu mieszadła, częstości obrotów  $n$ , czy objętościowego strumienia przepływu gazu  $V_g$ ) nie stwierdzono jednoznacznego ich wpływu na wzrost liczby  $L$  i średnicy  $d_p$  komórek drożdży.

Jedyna uwaga dyskusyjna, która nasuwa się podczas studiowania monografii to tytuł rozdziału 5., który mógłby być nieznacznie zmieniony, przykładowo do postaci: „ROZWIĄZANIA NUMERYCZNE MODELOWANIA MATEMATYCZNEGO PROCESÓW PRZEBIEGAJĄCYCH W BIOREAKTORZE”, co, wydaje się, byłoby poprawniejsze.

Sumaryczny  $IF$  według listy JCR, zgodnie z rokiem opublikowania, wynosi 15,511. Całkowita liczba punktów według listy MNiSzW wynosi 385, po obliczeniu punktów przypadających na habilitantkę: 224,93. Liczba cytowań publikacji, bez autocytowań, według bazy Web of Science (WoS): 67. Indeks Hirscha według bazy WoS: 5.

Kandydatka była kierownikiem grantu KBN w kategorii młodego badacza nr 7 T09C 029 21 w latach 2001/2002 oraz głównym wykonawcą grantu promotorskiego nr 4 T09C 065 25 w latach 2003/2004).

Dwukrotnie otrzymała nagrody JM Rektora ZUT (do 2009 roku PS) za osiągnięcia w pracy naukowej w latach 2005 i 2012.

W roku 2006 otrzymała medal Szczecińskiego Towarzystwa Naukowego „Amicus Scientiae et Veritatis”.

## **2.2. Ocena pozostałych prac naukowo-badawczych**

Od początku działalności naukowej dr inż. Magdalena Barbara CUDAK związana jest z zagadnieniami wielorakich aspektów mieszania mechanicznego (przenoszenia pędu, ciepła i masy) w układach gaz-ciecz. Tematyka tych prac zestawiona w postaci 10-ciu współautorskich publikacji ([C4-C13]) w renomowanych czasopismach z obszaru inżynierii chemicznej, między innymi, w (*Industrial & Engineering Chemistry Research, Experimental Thermal and Fluid Science, Chemical Engineering Science, Chemical Papers, Chemical and*

*Process Engineering*) jest spójna z przedstawionym do oceny zestawem prac monotematycznych. Dotyczy to także rozdziału w monografii ([B1], innych recenzowanych czasopismach znajdujących się na liście MNiSzW ([D3-D6])) oraz recenzowanych pełnych artykułach konferencyjnych punktowanych według MNiSzW ([E7-E17]).

Powyżej przedstawiony pozostały dorobek Habilitantki stanowi dużą wartość naukową, uzupełniając główne osiągnięcia przedstawione w zestawie publikacji monotematycznych.

### **3. Działalność dydaktyczna**

Dr inż. Magdalena Barbara CUDAK jest aktywnym nauczycielem akademickim. Prowadziła/prowadzi zajęcia dydaktyczne dla studentów trzech kierunkach studiów: *Inżynieria chemiczna i procesowa*, *Technologia chemiczna* oraz *Ochrona środowiska*, a także na kierunku *Biotechnologia* (Wydział Biotechnologii i Hodowli Zwierząt).

Prowadziła różnorodne zajęcia dydaktyczne:

**wykłady** (Systemy zarządzania środowiskowego, Zagrożenia cywilizacyjne i zrównoważony rozwój, Elementy bioinformatyki, Ocena oddziaływania na środowisko, Produkcja biopaliw, Podstawy materiałoznawstwa),

**ćwiczenia audytoryjne** (z przedmiotów: Procesy mechaniczne i urządzenia, Systemy zarządzania środowiskowego),

**laboratoria i projekty** z różnych przedmiotów.

Była promotorem 28 prac dyplomowych w tym 21 magisterskich i 7 inżynierskich, także wielokrotnie recenzentem prac inżynierskich i magisterskich: 33 prac magisterskich i 8 inżynierskich.

Jest promotorem pomocniczym pracy doktorskiej mgr inż. Moniki Musiał pt.: *Numeryczna i eksperymentalna analiza przenoszenia pędu w bioreaktorze z mieszadłem mechanicznym* od 2014 r.

W latach 2008-2011 była opiekunem roku studiów I stopnia na kierunku *Inżynieria chemiczna i procesowa* oraz w latach 2011-2012 studiów II stopnia na tym kierunku.

### **4. Działalność organizacyjna i popularyzatorska**

Habilitantka brała udział 21 razy w międzynarodowych i krajowych konferencjach naukowych.

Warte podkreślenia jest czynne zaangażowanie Habilitantki w działalność organizacyjną w zakresie, w którym Jej to powierzano.

Brała czynny udział, jako członek Komitetu Organizacyjnego dwóch konferencji: **XII Ogólnopolskiego Seminarium „Mieszanie”**, Międzyzdroje 2011 oraz **XXI Ogólnopolskiej Konferencji Inżynierii Chemicznej i Procesowej**, Szczecin-Kołobrzeg 2013 (Zaangażowanie i pracowitość Habilitantki w organizacji tych Konferencji było wzorowe).

Była Recenzentem manuskryptu wysłanego do publikacji w czasopiśmie *Polish Journal of Technology* oraz kilku materiałów konferencyjnych zgłoszonych na XII Ogólnopolskie Seminarium „Mieszanie”, oraz XXI Ogólnopolską Konferencji Inżynierii Chemicznej i Procesowej.

W roku 2005 brała czynny udział w V Zachodniopomorskim Festiwalu Nauki, wygłaszając wykład z prezentacją dla uczniów szkół średnich. Wykład ten wygłosiła również na zaproszenie w Politechnice Koszalińskiej.

Habilitantka brała czynny udział w akcji promocyjnej macierzystego wydziału oraz w akcji rekrutacyjnej na kierunku inżynieria chemiczna.

## 5. Wniosek końcowy

Reasumując dokonania w ramach rozprawy habilitacyjnej, pozostały dorobek naukowy po doktoracie, osiągnięcia dydaktyczne, organizacyjne i popularyzatorskie dr inż. Magdaleny Barbary CUDAK uważam, że zostały spełnione wymagania ustawy z dnia 14. 03. 2003 r. o tytule i stopniach naukowych oraz o tytule i stopniach naukowych w zakresie sztuki oraz w rozporządzeniu MNiSW z dnia 1.09.2011 r. w sprawie kryteriów oceny osiągnięć osoby ubiegającej się o nadanie stopnia doktora habilitowanego.

Zasługuje Ona, w całej pełni, na uzyskanie stopnia doktora habilitowanego. Wobec powyższego, na posiedzeniu Komisji Habilitacyjnej będę głosował za pozytywnym zaopiniowaniem wniosku o nadanie dr inż. Magdalenie Barbarze CUDAK stopnia naukowego doktora habilitowanego nauk technicznych w dyscyplinie inżynieria chemiczna i skierowanie go do Rady Wydziału Technologii i Inżynierii Chemicznej Zachodniopomorskiego Uniwersytetu Technologicznego w Szczecinie do końcowego etapu postępowania habilitacyjnego - nadania tytułu.

