

RECENZJA
DOROBKU NAUKOWEGO, ORGANIZACYJNEGO I DYDAKTYCZNEGO
DR INŻ. MAGDALENY CUDAK
W ZWIĄZKU Z POSTĘPOWANIEM HABILITACYJNYM PROWADZONYM
NA WYDZIALE TECHNOLOGII I INŻYNIERII CHEMICZNEJ
ZACHODNIOPOMORSKIEGO UNIWERSYTETU TECHNOLOGICZNEGO W SZCZECINIE

1. Charakterystyka ogólna

Dr inż. Magdalena Cudak studiowała na Wydziale Inżynierii i Technologii Chemicznej Politechniki Szczecińskiej. W roku 1999 ukończyła studia na kierunku Inżynieria Chemiczna i Procesowa z oceną bardzo dobrą uzyskując stopień magistra inżyniera chemika. Promotorem pracy dyplomowej pod tytułem „*Wnikanie ciepła w ogrzewanym płaszczowo mieszalniku cieczy z jednym i dwoma mieszadłami*” była prof. dr hab. inż. Joanna Karcz.

W ww roku dr M. Cudak rozpoczęła studia doktoranckie. Promotorem pracy doktorskiej pod tytułem „*Wymiana ciepła i pędu w mieszalniku z niecentrycznie zabudowanym mieszadłem*” została również prof. dr hab. inż. J. Karcz. Obrona pracy odbyła się w październiku 2004 roku. Za pracę doktorską dr M. Cudak uzyskała nagrodę indywidualną II stopnia Rektora Politechniki Szczecińskiej.

Z dniem 1 września 2004 roku dr M. Cudak została zatrudniona na stanowisku asystenta, a od 1 grudnia 2004 roku jest zatrudniona na stanowisku adiunkta w Zakładzie Inżynierii Chemicznej i Procesów Reaktorowych.

2. Ocena osiągnięcia naukowego będącego podstawą wniosku o przeprowadzenie postępowania w celu nadania stopnia doktora habilitowanego

Jako osiągnięcie naukowe będące podstawą wniosku o nadanie stopnia doktora habilitowanego dr inż. M. Cudak przedstawiła monografię pod tytułem „*Eksperymentalna i numeryczna analiza procesów przenoszenia w układzie biofaza - ciecz - gaz w bioreaktorze z mieszadłem*” oraz 12 publikacji.

W odniesieniu do tytułu monografii powstaje następująca uwaga. Otóż przyjęte jest, że przedstawiając informacje o układzie wielofazowym, najpierw wpisuje się fazy zdyspergowane, a jako ostatnią podaje się fazę ciągłą. Zatem odpowiedni fragment tytułu winien brzmieć „...biofaza – gaz – ciecz...” lub „...gaz – biofaza – ciecz...”.

Monografia licząca 151 stron składa się z siedmiu rozdziałów, spisu literatury oraz streszczeń w językach angielskim (str. 148 ÷ 149) i polskim (150 ÷ 151). W wykazie *Spis treści* na stronie 7 nie wymieniono jednak streszczeń.

Wśród 151 cytowanych pozycji literatury, są wyszczególnione dwie publikacje Habilitantki tj. jedna z roku 2011, a druga z roku 2014.

W rozdziale 1. *Wprowadzenie*, dr M. Cudak informuje o wpływie obecności biofazy i jej zmianach w czasie trwania bioprocesu na wartości oraz zmiany funkcji hydrodynamicznych układu wielofazowego. Informuje o podejściach stosowanych przy tworzeniu modeli opisujących dynamikę rozwoju układu biologicznego. Stwierdza, że w większości modeli opisujących dynamikę rozwoju układu biologicznego populacja komórek traktowana jest jako układ jednorodny. Informuje, że modele matematyczne układów biologicznych utworzone są przez wielocłonowe układy nieliniowych równań różniczkowych lub macierzy stechiometrycznych współczynników chemicznych. Informacje zawarte w rozdziale 1 Autorka podsumowuje stwierdzeniem, że modelowanie matematyczne rozwoju mikroorganizmów i symulacje komputerowe są przydatnym narzędziem do opisu zmian układu w czasie trwania bioprocesu.

Rozdział 2 Habilitantka przeznaczyła na omówienie informacji literaturowych dotyczących charakterystyki układów zawierających mikroorganizmy oraz bioprocesów. Omówiła czynniki wpływające na wzrost mikroorganizmów. Przedstawiła zalety i wady wybranych hodowli mikroorganizmów. Omówiła podziały szczegółowe drożdży według stosowanych kryteriów.

Tu nasuwa się drobna uwaga w odniesieniu do stosowanej w monografii nazwy *drożdże piekarskie*. Otóż według specjalistów z wydziałów nauk o żywności winno się stosować nazwę *drożdże piekarniane*.

W rozdziale 2.2 Habilitantka scharakteryzowała grupy modeli wzrostu mikroorganizmów. Przedstawiła równania kinetyczne przykładowych modeli wzrostu. Omówiła (Rozdział 2.3.) główne modele matematyczne opisujące populację komórek w makroskali. Przedstawiła (Rozdział 2.4.1.) podział populacji komórek na generacje i omówiła (Rozdział 2.4.2.) modele bilansu populacji z zastosowaniem wieku oraz masy komórek jako charakterystycznych wskaźników. Poinformowała o najstarszych modelach liniowych oraz modelach nieliniowych ciągłych. Zwróciła uwagę na wielowymiarowy model bilansu populacji

tw. model strukturalny masowo-wiekowy. Następnie skoncentrowała się na chemicznie strukturalnym modelu populacji dla okresowego wzrostu w środowisku jednorodnym przestrzennie i niezmiennym w czasie. Poinformowała o fazach wydzielonych w cyklu komórkowym tj. fazie narodzin komórki, fazie wzrostu oraz fazie podziału komórki. Przedstawiła równania bilansu populacji z uwzględnieniem faz cyklu.

Rozdział 2.5. Habilitantka przeznaczyła na omówienie metod numerycznych stosowanych w rozwiązywaniu bilansu populacji komórek. Przedstawiła podział na metody różnic skończonych, metody widmowe oraz metody elementów skończonych. Scharakteryzowała podstawy funkcjonowania wymienionych metod oraz ich słabe i mocne strony.

W rozdziale 2.6. przedyskutowała możliwości zastosowania bilansu populacji do opisu układów biologicznych. W tym celu rozważała następujące bioproceny: produkcję drożdży piekarnianych *Saccharomyces cerevisiae* w bioreaktorach o działaniu ciągłym oraz działaniu okresowym, biologiczne oczyszczanie ścieków z użyciem osadu czynnego oraz procesy wytwarzania antybiotyków, kwasów organicznych i enzymów w obecności grzybów.

W rozdziale 2.7. Habilitantka przedstawiła podział bioreaktorów ze względu na ich budowę, warunki sterylności, metody prowadzenia hodowli, warunki mieszania, charakter procesu, skalę procesu, warunki tlenowe, doprowadzanie energii oraz rodzaj biokatalizatora. Przedstawiła wpływ geometrii mieszalnika, rodzaju mieszadła oraz właściwości fizykochemicznych cieczy na stopień zatrzymania gazu oraz moc mieszania. Przedstawiła również wpływ mocy mieszania na stopień zatrzymania gazu. Biorąc pod uwagę znaczenie oddziaływań sił ścinających na żywe mikroorganizmy, omówiła wyniki badań uwzględniające wpływ częstości obrotów mieszadła, przepływu gazu oraz parametrów reologicznych na średnią wartość szybkości ścinania.

Dla kilku wybranych roztworów dr M. Cudak przedstawiła zależności na objętościowy współczynnik wnikania masy $k_L a$. W tym miejscu z obowiązku recenzenta zaznaczam, że nazwa $k_L a$ winna być jednoznaczna i brzmieć objętościowy współczynnik wnikania tlenu.

W dalszej części rozdziału 2.7. Habilitantka zamieściła dla wybranych bioproceny dane informujące o wpływie głównych parametrów procesowych na funkcje hydrodynamiczne układu. Podsumowując omówione informacje słusznie stwierdziła (Rozdział 2.8.), że modele matematyczne opisujące rozwój populacji komórek można zastosować do modelowania oddziaływań wzajemnych zachodzących wewnątrz populacji. Następnie podkreśliła, że w literaturze brak jest wyników badań umożliwiających przewidywanie rozkładów komórek w układach niejednorodnych w bioreaktorach z mieszaniem mechanicznym oraz brak jest pełnych informacji o wpływie parametrów procesowych i właściwości fizykochemicznych na intensywność wzrostu komórek i jej zmienność w czasie przebiegu bioproceny.

Rodział 3 monografii jest zatytułowany „Cel i zakres badań”. Habilitantka, po szczegółowym przeanalizowaniu stanu badań opisanych w rozdziale 2, jako cele monografii wymieniła trzy etapy badań. Badania zrealizowane w eksperymentalnym etapie pierwszym doprowadziły do określenia wpływu częstości obrotów mieszadła, prędkości przepływu gazu, typu mieszadła, stężenia wodnego roztworu sacharozy oraz stężenia zawiesiny drożdży na moc mieszania, stopień zatrzymania gazu oraz czas przebywania pęcherzy gazu w układzie.

Drugi etap badań obejmował symulacje numeryczne funkcji hydrodynamicznych napowietrzanej i mieszanej mechanicznie zawiesiny drożdży w roztworze wodnym sacharozy, która to zawiesina wykazywała właściwości cieczy rozrzedzanej ścinaniem. W omawianym etapie Habilitantka sporządziła rozkłady wielkości pęcherzy oraz rozkłady stopnia zatrzymania gazu w przestrzeni reaktora z mieszaniem.

W wyniku badań, przedstawionych w rozdziale 4, Habilitantka sformułowała pięć wniosków. Cztery z nich oznaczone numerami 1, 2 i 3 oraz wniosek na stronie 85, są ważne i w pełni uzasadnione. Wnioski te pozwoliły na wskazanie mieszadeł CD6 oraz A315 jako mieszadeł generujących mniejsze naprężenia ścinające niż mieszadła turbinowe Rushtona. Zostały także sformułowane wnioski porównujące kształtowanie się stopnia zatrzymania gazu, mocy mieszania dla układów z mieszadłami Rushtona, Smitha i A315.

Nie jest jasny jednakże wniosek oznaczony numerem 4 (Str. 85). Zalecane bowiem w literaturze, dla bioprocessów z mieszaniem i napowietrzaniem, względne objętościowe natężenie przepływu powietrza Q_{GV} winno się mieścić w zakresie od 1 do 2 vvm. Habilitantka pracowała w zakresie Q_{GV} od 0,5 do 1,5 vvm, a zatem prowadziła badania stosując wartości Q_{GV} tylko dla połowy zalecanego w literaturze zakresu tj. od 1 do 1,5 vvm.

Rozdział 5. *Numeryczne modelowanie procesów przebiegających w bioreaktorach* dotyczy realizacji etapu drugiego wskazanego w celu pracy. We wstępie do rozdziału Habilitantka zaznaczyła, że z uwagi na przebieg bioprocessów w układach wielofazowych konieczne jest określenie z góry liczby faz, charakteru przepływu i właściwości fazy rozproszonej oraz zmian w czasie trwania bioprocessu. W rozdziale 5 Habilitantka poinformowała o przyjętej metodyce dokonania symulacji numerycznych hydrodynamiki mieszanego mechanicznie układu gaz - pseudofaza ciekła. Wyniki symulacji numerycznych dla mieszalnika z mieszadłem turbinowym Rushtona (RT) oraz mieszadłem Smitha (CD6) przedstawiła w postaci pól wektorowych i konturów prędkości fazy ciekłej. Przedstawiła eksperymentalne osiowe i promieniowe kontury prędkości fazy ciekłej i na tej podstawie wskazała obszary najbardziej intensywnego mieszania. Sporządziła także osiowe i promieniowe kontury stopnia zatrzymania gazu, a następnie porównała średnie wartości eksperymentalne stopnia zatrzymania gazu ze średnimi wartościami uzyskanymi w wyniku

obliczeń numerycznych. W wyniku tej analizy uzyskała dobrą zgodność ww danych dla układu z mieszadłem Rushtona i słabszą dla układu z mieszadłem Smitha.

Nasuwa się w tym miejscu następująca uwaga ważna dla zastosowań praktycznych. Mianowicie według danych literaturowych moc mieszania $5 \text{ kW}\cdot\text{m}^{-3}$ jest charakterystyczną wartością mocy mieszania dla układów z mieszaniem i napowietrzaniem, powyżej której zachodzi znaczący spadek wydajności bioprocesu. Habilitantka prowadziła (Rysunki 4-2 i 4-3) badania dla mocy mieszania do wartości sięgających prawie $2,5 \text{ kW}\cdot\text{m}^{-3}$. Uważam, że Habilitantka winna była przeprowadzić badania dla wartości mocy do $5 \text{ kW}\cdot\text{m}^{-3}$ po to, aby sprawdzić, czy ww wartość $5 \text{ kW}\cdot\text{m}^{-3}$ jest aktualna także w przypadku badanych układów.

W dalszej części pracy Habilitantka wykonała (Rys. 5-13) osiowe rozkłady średnic pęcherzy dla dwóch natężeń przepływu powietrza tj. $1,67 \cdot 10^{-4} \text{ m}^3\cdot\text{s}^{-1}$ i $3,33 \cdot 10^{-4} \text{ m}^3\cdot\text{s}^{-1}$, Stosunek tych natężeń wynosi 2. Jak wiadomo przeciętna średnica pęcherzy gazu w układzie napowietrzonym jest proporcjonalna do prędkości gazu w potęgę 0,2. Zatem w niniejszym przypadku przeciętne wartości średnic pęcherzy dla ww natężeń powietrza różnią się o około 15 %, a jest to różnica w granicach błędu pomiarowego. Dlatego też uważam, że zakres prędkości gazu i zakres częstości obrotów (10 s^{-1} ; 12 s^{-1}) nie upoważniają do formułowania wniosków przedstawionych w ostatnich 9 wersetach na stronie 104.

W rozdziale 6, pod tytułem *Badania wpływu mieszania na wielkość i liczbę komórek drożdży*, dr M. Cudak przedstawiła wyniki wykonane w bioreaktorze z czterema przegrodami i mieszadłem turbinowym Rushtona stosując jako biofazę zawiesinę drożdży *Saccharomyces cerevisiae* w roztworze wodnym sacharozy. Badania prowadzono w układach bez mieszania oraz z mieszaniem realizowanym za pomocą mieszadła A315 w ciągu 12 godzin trwania procesu. Dla wymienionego czasu obserwacji zbadano wpływ temperatury, częstości obrotów oraz natężenia przepływu powietrza na zmianę stężenia sacharozy. Dla ww czasu trwania pomiarów zbadano także wpływ rodzaju mieszadła, częstości obrotów mieszadła, temperatury, stężenia sacharozy i natężenia przepływu powietrza na zmianę liczby komórek drożdży w układzie w czasie procesu oraz rozkłady wielkości komórek drożdży.

Podsumowując uważam, że w monografii przedstawiono szereg interesujących informacji. Zbudowane i wykorzystane modele matematyczne dostarczyły interesujących informacji na temat wybranych cech układu wielofazowego gaz – biofaza. Na przykład stwierdzona dobra zgodność rozkładu stopnia zatrzymania gazu otrzymanego w wyniku modelowania matematycznego z rozkładem doświadczalnym jest cenna, bo jest kluczowa dla właściwego zaprojektowania układu dla rzeczywistego bioprocesu. Przeprowadzone i zweryfikowane obliczenia modelowe mają nie tylko znaczenie poznawcze, ale dostarczają

przydatnych informacji dla zainteresowanych realizacją doświadczalną procesów w bioreaktorach.

Ostatnim rozdziałem zamykającym część badawczą jest rozdział 7. *Podsumowanie i wnioski*. Szkoda, że rozdział ten jest niewłaściwie opracowany. Tym niemniej, rozdział ten zawiera szereg ważnych informacji. Do najważniejszych, zamykających rozdział informacji należą wskazanie korzystnych warunków temperatury i stężenia początkowego sacharozy jako pożywki dla rozwoju drożdży oraz jasno sformułowana informacja o braku możliwości dokonania jednoznacznej oceny wpływu typu mieszadła, częstości obrotów mieszadła oraz natężenia przepływu powietrza na wzrost liczby komórek drożdży.

3. Ocena dorobku naukowego

Dr inż. M. Cudak od początku swojej pracy zawodowej zajmowała się zagadnieniami mieszania i napowietrzania. Całość osiągnięć dr inż. Magdaleny Cudak jest zawarta w 51 oryginalnych opublikowanych pracach. Zestaw 51 prac obejmuje rozprawę doktorską, jedną monografię, 1 rozdział w monografii, 17 publikacji w czasopismach z listy filadelfijskiej, 14 publikacji w recenzowanych czasopismach znajdujących się na liście Ministerstwa Nauki i Szkolnictwa Wyższego, 17 pełnych tekstów prac opublikowanych w materiałach konferencji krajowych i międzynarodowych oraz jedno zgłoszenie patentowe. Wyniki badań dr M. Cudak prezentowała na 5 międzynarodowych i 12 krajowych konferencjach.

Przed uzyskaniem stopnia doktora Habilitantka była współautorką 3 publikacji z listy JCR, 2 publikacji w czasopismach punktowanych w MNiSzW oraz 6 opublikowanych prezentacji konferencyjnych.

Suma współczynników IF ww 51 publikacji wynosi 15,511. Całkowita liczba punktów publikacji z listy MNiSzW wynosi 385. Liczba cytowań wynosi 105, w tym 67 bez autocytowań. Indeks Hirscha wynosi 5.

Po uzyskaniu stopnia doktora suma współczynników IF, jaką uzyskała dr M. Cudak wynosi 14,365, a liczba punktów prac według wykazu MNiSzW wynosi 353.

Po uzyskaniu stopnia doktora dorobek naukowy Habilitantki obejmuje następujące pozycje: 1 monografia, 1 rozdział w monografii, 14 publikacji w czasopismach umieszczonych w bazie JCR, 12 publikacji w czasopismach znajdujących się na liście Ministerstwa Nauki i Szkolnictwa Wyższego, 11 opublikowanych prac w materiałach konferencyjnych oraz 1 zgłoszenie patentowe.

Jako osiągnięcie naukowe do oceny Habilitantka przedstawiła jednoautorską monografię oraz 4 publikacje z listy JCR i 8 publikacji punktowanych z listy MNiSzW. Wśród

wymienionych pozycji jest łącznie 6 prac jednoautorskich. Udział w trzech publikacjach wynosi od 25 do 50 %, a w czterech od 80 do 90 %.

Oceniając dorobek Habilitantki, który nie wchodzi w skład zestawu prac monotematycznych przedstawionych do oceny, stwierdzam, że tematyka tego dorobku jest spójna z zawartą w zestawie prac monotematycznych. Są to wielowątkowe badania dotyczące zagadnień związanych z różnymi procesami realizowanymi w mieszanych mechanicznie układach gaz-ciecz, hydrodynamiką układów wielofazowych gaz - ciecz oraz układach gaz – ciało stałe - ciecz.

Analizując przedstawiony do oceny materiał zawarty w zestawie publikacji monotematycznych zwracam uwagę na dobry wybór tematyki prac, jednoznaczny opis zrealizowanych badań oraz wartościowe wnioski. Uważam ponadto, że liczba cytowań prac dotyczących specjalistycznych badań układów z napowietrzaniem i mieszaniem wskazuje na istotną wartość publikowanych prac.

Biorąc pod uwagę wszystkie wyżej wymienione elementy, dorobek naukowy Habilitantki oceniam pozytywnie.

4. Działalność dydaktyczna i organizacyjna

Dr M. Cudak w ramach zajęć dydaktycznych realizowanych w latach 2004 ÷ 2016 prowadziła i prowadzi wykłady, ćwiczenia audytoryjne, ćwiczenia projektowe oraz ćwiczenia laboratoryjne. Łączna liczba godzin wykonanych zajęć dydaktycznych wynosi 4500, w tym jest 570 godzin wykładów. Dr M. Cudak prowadziła wykłady z 6 przedmiotów, ćwiczenia audytoryjne z 10 przedmiotów, ćwiczenia projektowe z 5 przedmiotów oraz ćwiczenia laboratoryjne z 10 przedmiotów. Na Wydziale Technologii i Inżynierii Chemicznej zajęcia obejmowały przedmioty na kierunkach studiów Inżynieria Chemiczna i Procesowa, Technologia Chemiczna oraz Ochrona Środowiska. Ponadto Habilitantka prowadziła zajęcia na Wydziale Biotechnologii i Hodowli Zwierząt na kierunku studiów Biotechnologia.

Dr inż. M. Cudak była promotorem 28 prac dyplomowych, w tym 21 prac magisterskich i 7 prac inżynierskich.

W latach 2008 ÷ 2011 dr M. Cudak była opiekunem roku na I stopniu kierunku Inżynieria chemiczna i procesowa, a w latach 2011 ÷ 2012 na II stopniu tego kierunku.

Dr M. Cudak od roku 2014 jest pomocniczym promotorem pracy doktorskiej mgr inż. Moniki Musiał pod tytułem „Numeryczna i eksperymentalna analiza przenoszenia pędu w bioreaktorze z mieszadłem mechanicznym”.

Dr inż. M. Cudak zaangażowała się w organizację dwóch konferencji ogólnopolskich. Mianowicie była członkiem Komitetu Organizacyjnego XII Ogólnopolskiego Seminarium „Mieszanie”, które odbyło się w roku 2011 w Międzyzdrojach. Była również członkiem Komitetu Organizacyjnego XXI Ogólnopolskiej Konferencji Inżynierii Chemicznej i Procesowej, która odbyła się w Kołobrzegu w roku 2013.

W ramach działalności popularyzatorskiej Habilitanta przedstawiła wykład podczas V Zachodniopomorskiego Festiwalu Nauki w Politechnice Szczecińskiej. Wykład ten na zaproszenie wygłosiła również w Politechnice Koszalińskiej.

Dorobek dydaktyczny i organizacyjny Habilitantki jest typowy dla omawianego etapu kariery naukowej. Wszystkie wyżej opisane rodzaje działalności oceniam pozytywnie, w szczególności działalność dydaktyczną oceniam wyżej niż przeciętną.

5. Wniosek końcowy

Na podstawie szczegółowej analizy dorobku naukowego, dydaktycznego oraz organizacyjnego stwierdzam, że dr inż. Magdalena Cudak jest dojrzałym pracownikiem naukowym posiadającym kwalifikacje do prowadzenia samodzielnych prac naukowo-badawczych w obszarze inżynierii chemicznej i procesowej. Stwierdzam zatem, że dr inż. M. Cudak spełnia wymogi dla uzyskania stopnia naukowego doktora habilitowanego.

Dlatego też zgodnie z *Ustawą o stopniach i tytułach naukowych oraz o stopniach i tytułach w zakresie sztuki* (Dz.U. z 2003 r. nr 65 poz. 595, Dz.U. z 2005 r. nr 164 poz. 1365 oraz Dz.U. z 2011 r. nr 84 poz. 455) i kryteriami oceny osiągnięć osoby ubiegającej się o nadanie stopnia doktora habilitowanego w obszarze nauk technicznych zgodnie z rozporządzeniem Ministra Nauki i Szkolnictwa Wyższego z dnia 1 września 2011 roku (Dz. U. Nr 196, Poz. 1165) spełniając wymagania par. 3 pkt 4 ust. a oraz wymagania par. 4 pkt. 1-8), na posiedzeniu Komisji Habilitacyjnej będę głosowała za pozytywnym zaopiniowaniem wniosku o nadanie dr inż. Magdalenie Cudak stopnia naukowego doktora habilitowanego nauk technicznych w dyscyplinie inżynieria chemiczna i skierowaniem wniosku do Rady Wydziału Technologii i Inżynierii Chemicznej Zachodniopomorskiego Uniwersytetu Technologicznego w Szczecinie.



Prof. dr hab. inż. Bożenna Kawalec-Pietrenko