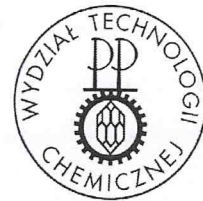




POLITECHNIKA POZNAŃSKA



WYDZIAŁ TECHNOLOGII CHEMICZNEJ

Instytut Technologii i Inżynierii Chemicznej

ul. Berdychowo 4, 60-965 Poznań, tel. +48 61 665 3649, fax +48 61 665 3649

e-mail: office\_tce@put.poznan.pl, www.put.poznan.pl

Poznań, 20 października 2018

dr hab. inż. Grzegorz Musielak  
prof. nadzw. Politechniki Poznańskiej  
Zakład Inżynierii Procesowej  
Grzegorz.Musielak@put.poznan.pl  
tel: 61 665 3698, 669 614 066

Recenzja rozprawy doktorskiej mgra Bartłomieja Gąterskiego

pt. ***Indukcja jednokierunkowego ruchu kropli bodźcami izotropowymi na powierzchni spreparowanej chemicznie***

promotor pracy: prof. UAM dr hab. Waldemar Nowicki

Krótką charakterystyką pracy

Przedłożona do recenzji praca została wykonana w Zakładzie Chemii Fizycznej na Wydziale Chemii Uniwersytetu im. Adama Mickiewicza w Poznaniu.

Recenzowana dysertacja została napisana w klasycznej formie składającej się z omówienia aktualnego stanu wiedzy opisywanego zagadnienia (przeglądu literaturowego), postawienia celu pracy, opisu zastosowanej metody badawczej oraz najważniejszej części: przedstawienia uzyskanych wyników wykonanych symulacji numerycznych wraz z ich interpretacją. Uzupełnienie dysertacji stanowią: krótkie streszczenia w języku polskim i angielskim oraz spisy: oznaczeń, wykorzystanej literatury, tabel oraz rysunków.

Całość dysertacji obejmuje 110 stron, zawiera 68 rysunków i 1 tabelę. Autor odwołuje się w pracy do 69 pozycji literaturowych.

Tematyka pracy

Praca poświęcona jest analizie ruchu kropli cieczy po niejednorodnej chemicznie powierzchni. Autor bada powierzchnie zbudowane z równoległych pasków materiału, różniących się naprzemiennie napięciem międzyfazowym ciała stałe – ciecz zawarta w kropli. Cykliczna zmienność napięcia międzyfazowego daje w konsekwencji cykliczną zmienność kąta zwilżenia układu trójfazowego: powierzchnia ciała stałego, ciecz, powietrze. Geometrycznie powoduje to pofalowanie powierzchni cieczy, szczególnie przy linii kontaktu ciecz

– ciało stałe, a co za tym następuje – zwiększenie powierzchni kontaktu ciecz – powietrze. Wszystko to znajduje swoje odniesienie w wielkości energii swobodnej, zakumulowanej na dwóch powierzchniach kropli: pomiędzy cieczą a powietrzem oraz pomiędzy cieczą a ciałem stałym. Autor bada, jak zmienna szerokość badanych pasków wpływa na powyższą energię swobodną oraz poszukuje minimów lokalnych obliczonej energii w zależności od położenia kropli względem pasków. Wyniki obliczeń pozwalają określić najprawdopodobniejsze położenie kropli względem pasków. Autor dodatkowo wprowadza do analizy dwa sposoby wymuszonego przemieszczania się kropli względem pasków: ruch chaotyczny oraz ruch wibracyjny. Na podstawie powyższych rozważań Autor analizuje ruch kropli, spowodowany powyżej wymienionymi bodźcami oraz ukierunkowany przez zmienność szerokości pasków. Wstępne obliczenia zostały przeprowadzone dla trzech układów geometrycznych. W głównej części Autor skupił się na badaniu układu o liniowo przyrastającej szerokości pasków.

Tematyka badań doskonale wpisuje się w nowoczesną tendencję rozwoju technologicznego na poziomie „mikro” (na przykład mikroreaktory chemiczne). Na szczególne podkreślenie zasługuje nowatorstwo podjętej tematyki. Znajduje to swoje odbicie w literaturze przedmiotu, a ściślej mówiąc, w braku takiej literatury. Dotychczas tylko w kilku zespołach na całym świecie prowadzi się takie badania.

#### Metoda badawcza

Na szczególną uwagę zasługuje zastosowana metoda badawcza. Autor przeprowadza, tak zwany eksperyment numeryczny. Metoda polega na przeprowadzeniu symulacji numerycznych rzeczywistego doświadczenia. Każdy pojedynczy eksperyment polega na wstępnym wygenerowaniu kształtu kropli na podstawie uśrednionego kąta zwilżenia (fragment powierzchni sfery), następnie na umieszczeniu tej kropli na powierzchni paskowanej (dostosowanie kropli do zmiennych kątów zwilżenia), wymuszanie ruchu kropli (chaotyczne odkształcenie kropli lub ruch wibracyjny). Każda wymuszona zmiana kształtu / położenia kropli stanowi bazę do obliczenia jej nowego kształtu oraz położenia poprzez minimalizację energii swobodnej powierzchni. Eksperymenty numeryczne zostały wykonane wielokrotnie. Wszystkie obliczenia zostały przeprowadzone z wykorzystaniem darmowego oprogramowania *Surface Evolver*.

#### Ocena merytoryczna

Ocena merytoryczna dotyczy uzyskanych przez Autora wyników oraz ich interpretacji.

Przeprowadzone eksperymenty wykazały ukierunkowane przemieszczanie się kropli pod wpływem przyłożonych, nieukierunkowanych bodźców. Pierwszy typ bodźców polegał na losowej fluktuacji położenia wszystkich punktów opisujących powierzchnię pomiędzy kroplą a powietrzem. W wyniku relaksacji, wygładzania powierzchni oraz dostosowywania jej do nowego położenia względem podłoża poprzez minimalizację energii, kropla przemieszczała się w kierunku prostopadłym do pasków, w stronę malejącej szerokości. Drugie wymuszenie ruchu zakładało wibracyjne przemieszczanie się całej kropli. W takim przypadku relaksacja polegała na dostosowaniu kształtu kropli do nowego położenia względem podłoża bez.

Tego typu zmiany powodowały przemieszczanie się kropli w kierunku prostopadłym do pasków, w stronę rosnącej szerokości pasków. Uzyskane wyniki Autor interpretuje/wyjaśnia przemieszczaniem się, czy też dokładniej mówiąc, przeskakiwaniem kropli pomiędzy położeniami, w których występują minima lokalne energii swobodnej powierzchni kropli. Przeskakiwanie kropli może się odbywać zarówno w stronę malejących, jak i w stronę rosnących minimów lokalnych.

Dla ułatwienia interpretacji wyników Autor dodatkowo rozpatruje dwa uproszczone modele: model sztywnej czaszy oraz model kropli deformowalnej. Oba modele wskazują na istnienie lokalnych minimów energii swobodnej w funkcji położenia kropli.

Należy tutaj zwrócić uwagę na to, że badania są nowatorskie. Brakuje możliwości porównania wyników przeprowadzonego „eksperymentu numerycznego” z rzeczywistym zachowaniem kropli, ze względu na brak wyników „eksperymentu rzeczywistego”. Autor wykazał tendencję układu kropla – niejednorodna powierzchnia do generowania ukierunkowanego ruchu kropli względem powierzchni. Wskazał także możliwą przyczynę tego ukierunkowania. W tym celu zastosował nowoczesną metodę badawczą. Uzyskane wyniki należy traktować jako punkt startowy do dalszych badań. Mogą się one rozwijać w dwóch kierunkach: przeprowadzenie eksperymentu rzeczywistego oraz zwiększenie dokładności badań numerycznych. Na aktualnym poziomie badań zarówno otrzymane wyniki jak i fizyczną interpretację ich przyczyn należy uznać za prawdopodobną.

Uwagi dyskusyjne oraz krytyczne

Na str. 65 Autor pisze:

Przewidywanym skutkiem zjawiska opisywanego powyżej jest asymetria kropli polegająca na jej rozciągnięciu wzdłuż osi  $x$ ". Tymczasem Jansen z współautorami (pozycja literaturowa [33]) uzyskali w podobnym układzie pasków skrócenie kropli. Proszę Autora o wyjaśnienie tej niezgodności wyników.

W pracy pokazane są rysunki dotyczące kształtu kropli na pokrytej paskami powierzchni. Niestety rysunki są za mało dokładne. Proszę Autora o przedstawienie podczas obrony rysunków w wyższej rozdzielczości / większym powiększeniu oraz omówienie kształtu kropli przy jej styku z powierzchnią ciała stałego.

Podstawowe uwagi krytyczne wynikają z niestarannego i niepełnego przygotowania przedstawionej rozprawy doktorskiej. Na samym początku (str.8) czytelnik trafia na rozdział „Wzory i skróty”. W rzeczywistości nie znajduje tam ani jednego wzoru, ani jednego skrótu. Zamiast tego jest spis używanych w pracy oznaczeń, niestety bez określenia jednostek wprowadzonych stałych i zmiennych.

Rozdział 3, „Wprowadzenie” stanowi w rzeczywistości przegląd aktualnego stanu wiedzy na podstawie literatury. Literaturę porządkuje się zwykle albo w kolejności przywoływania, albo też alfabetycznie. Autor

wybrał pierwszą z możliwości, niestety, przygotowując ostateczną wersję pracy, nie uporządkował literatury, dlatego też kolejność odwołań już na pierwszej stronie stała się przypadkowa.

Zawartość tego rozdziału w zasadzie nie budzi wątpliwości, może poza ostatnim paragrafem (3.2.2.1 Elektrozwilżanie). Ta część nie ma jakiegokolwiek bezpośredniego związku z tematyką pracy i jest zbędna.

Rozdział 4, „Cel pracy” jest także napisany nietypowo. Autor, co prawda, formułuje cel, ale równocześnie odwołuje się do wyników pracy Lv i Hao (pozycja [19]), poświęcając tym wynikom ponad połowę rozdziału.

Rozdział 5, „Model do symulacji numerycznych” także budzi dużo wątpliwości. Podstawowe równania dotyczące energii oraz kąta zwilżania zostały ukryte w sekcji „Implementacja modelu do programu SE”. Natomiast kilka stron Autor poświęcił omówieniu, na poziomie podstawowym, stosowanych w oprogramowaniu metod optymalizacyjnych. Równocześnie zabrakło przedstawienia modelu (w postaci równań), z którego korzysta program *Surface Evolver*.

W rozdziale 6, Autor, od rys. 6.8 niewłaściwie numeruje rysunki, równocześnie odwołując się w tekście do właściwych numerów.

W podrozdziale 6.6 Autor przedstawia porównanie swoich wyników (numerycznych) z wynikami eksperymentalnymi. Niestety robi to na wyrost, gdyż wyniki eksperymentów badanego przypadku nie istnieją.

Pracę kończy spis rysunków. W spisie tym umieszczono 50 rysunków, gdy tymczasem cała monografia zawiera ich 68.

W pracy, niestety, aż roi się od mniejszych błędów. Poniżej wymieniam przykładowe błędy.

Równania (3.9), (5.1), (5.9), (5.15), (6.13) są błędne lub niepełne (6,4)

kąt  $\alpha$  (str. 21) jest zdefiniowany nieprawidłowo, powinno być „kąt  $2\alpha$  jest kątem dwuściennym...” ,

pomyłka w opisie zakresu prowadzonych symulacji (str. 34 „reżim Wenzla” – powinno być reżim Cassiego),

błędny opis algorytmu metody gradientu prostego (str. 37),

niewłaściwie zdefiniowana współrzędna z wektora normalnego (str. 45),

źle zdefiniowana objętość bezwymiarowa (str. 88) (na podstawie definicji liniowego wymiaru kropli, str. 34 objętość bezwymiarowa wynosi  $\text{const.}=1$ )

brak podanego źródła, np. przy rys. 3.14, związku (3.22),

błędne lub źle wykonane rysunki, np. (3.11), (4.1), (5.1)t,

nieczytelne rysunki, np. (5.7)-(5.10),

błędy nomenklaturowe, np. minimum pozorne zamiast minimum lokalne, istnienie dłuższej oraz krótszej średnicy kropli,

niezgodność używanych oznaczeń w tekście i na rysunkach, np.  $\alpha=x_m=A$  (str. 70,71,79),  $d_x=\Delta x$  (str. 77),

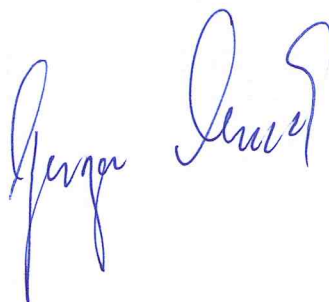
błędne odwołanie do rozdziału, „w rozdziale 6.1” – powinno być „w rozdziale 5.4” (str. 82)

używanie wyrazów niezgodnie z ich znaczeniem, np. obserwable (str. 53), energetyka (str. 66).

### **Wniosek końcowy**

Jak pokazano powyżej, przedstawiona do recenzji dysertacja jest napisana niestaranie, występuje w niej wiele błędów. Jednakże nie zmienia to podstawowych faktów. Tematyka pracy jest ciekawa, wręcz nowatorska. Zastosowana metoda badawcza jest zarówno nowoczesna jak i skuteczna, prowadzi do interesujących z poznawczego punktu widzenia wyników. Autor przedstawił spójną interpretację fizyczną. Wyniki oraz interpretacja w całości spełniają kryterium nowości naukowej.

W związku z powyższym stwierdzam, że rozprawa doktorska magistra Bartłomieja Gąterskiego spełnia wymagania stawiane pracom doktorskim (art. 13 Ustawy z dnia 14 marca 2003 r. o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki) i wnioskuję o dopuszczenie jej do dalszych etapów przewodu doktorskiego.

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'Grzegorz Jankowski', is written on the page.