



Warszawa, 26 czerwca 2019 r.

Recenzja pracy doktorskiej p. mgr Barbary Stachurskiej pt. *Modelowanie ruchu cząstek osadu w wodzie wywołanego falowaniem powierzchniowym* zlecona do przygotowania, w dniu 2 maja 2019 r. przez Dyrektora Instytutu Budownictwa Wodnego PAN dr. hab. inż. Waldemara Świdzińskiego.

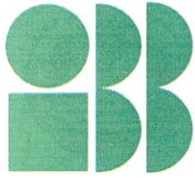
Przedstawiona mi do recenzji praca doktorska p. mgr Barbary Stachurskiej została wykonana pod kierunkiem dr. hab. inż. Ryszarda Staroszczyka w Zakładzie Mechaniki Falowania i Dynamiki Budowli Instytutu Budownictwa Wodnego PAN.

Dysertacja ma klasyczną budowę i składa się z wprowadzenia, w którym określony jest cel i zakres pracy, rozdziałów opisujących: model teoretyczny ruchu cząstki osadu w wodzie, opisu badań laboratoryjnych, wyników oraz podsumowania i wniosków. Ponadto do pracy dołączony jest spis oznaczeń, rysunków, tabel oraz 99 pozycji literatury. Niestety Autorka popełniła w cytowanych pracach kilka istotnych błędów. Po pierwsze pozycje: Bialik (2013); Dick i Sleath (1991), Gilbert (1914), Nino i in. (2015) nie zostały zacytowane w tekście zasadniczym rozprawy, a znajdują się w spisie literatury. Z drugiej natomiast strony, w tekście znalazły się takie pozycje jak, Nino i in. (2014), Nino i Garcia (2015), Bialik (2012), oraz Bialik i Czernuszenko (2013), których to nie wymieniono w tym spisie. Można się jedynie domyślać, że część z tych błędów jest edytorskich. Niestety są też takie, które wynikają z błędnego cytowania. Przykładowo, na stronie 10 rozprawy w linii 13, zamiast Niño i in. (1994) powinno być Niño i Garcia (1994). Natomiast na stronie 28 w linii 8 licząc od końca strony, powinno być Niño i in. (1994), zamiast Niño i Garcia (1994). Dotyczy to następujących dwóch prac, z których jedna nie znalazła się w w/w spisie.

- Niño Y., García M., Ayala L. (1994). Gravel saltation: 1. Experiments. *Water Resources Research* 30 (6), 1907-1914;
- Niño Y., García M. (1994). Gravel saltation: 2. Modeling. *Water Resources Research* 30 (6), 1915-1924.

Ponadto, w spisie literatury pojawiają się inne błędy, świadczące o nieuważnym przygotowaniu tej części rozprawy. Przykładowo brak nazwisk wszystkich autorów w poz. Lukerchenko i in. (2009), czy zła ich kolejność w poz. Niño i in. (1995).

Praca liczy 112 stron. Pewną wątpliwość budzi tytuł rozprawy, który w moim przekonaniu jest zbyt wąski i któremu w pełni odpowiadają jedynie rozdziały 2 i 5. Poza powyższym, praca jest napisana w sposób klarowny i poprawnym językiem.



Wprowadzenie jest napisane bardzo przejrzysto, a Autorka doskonale i co należy podkreślić, bardzo zwięźle przedstawia w nim istotę analizowanego problemu, wraz z aktualnym określeniem stanu wiedzy. W rozdziale tym przedstawiony został cel i zakres pracy, którym jest „*Skonstruowanie modelu lagrażnowskiego opisującego ruch cząstek osadu w wodzie wywołany falowaniem powierzchniowym i weryfikacja tego modelu na podstawie wyników własnych badań laboratoryjnych w kanale falowym.*” Pomimo dobrze postawionego w moim przekonaniu celu rozprawy, pewnym uchybieniem jest brak jasno sformułowanej hipotezy badawczej, czy hipotez roboczych. Niestety znalazło się w tym rozdziale kilka nieprecyzyjnych sformułowań, które obniżają moją ocenę tej części pracy, np. na stronie 6 dwukrotnie znajduje się ten sam opis dotyczący definicji transportu wleczonego tj. od linii 8 do linii 16 i ponownie od linii 25. Ponadto, na stronie 11 w podrozdziale 1.3 w linii 3 Autorka pisze *zdaniem wielu badaczy* nie popierającego tego stwierdzenia ani jednym cytowaniem. Wątpliwość stanowi też zdanie na stronie 8 tj. *obecność form dennym, przyczynia się do powstawania turbulencji.* Nasuwa się pytanie, czy w wypadku ich braku turbulencji nie obserwujemy?

Rozdział 2 „Model teoretyczny ruchu cząstki osadu w wodzie” jest bardzo wyczerpujący. Pojawiają się w nim jednak opisy i założenia budzące moją wątpliwość, co do konstrukcji proponowanego modelu:

Str. 14. Autorka pisze: *dyskutowany jest mechanizm zderzenia cząstki sferycznej z dnem pokrytym podobnymi ziarnami osadu.* Na czym polega to podobieństwo. Wydaje się, że cząstki te są identyczne, a nie podobne.

Str. 20. W przypadku analizy siły Bassetta, brakuje mi odniesienia i dyskusji z pracą

Bombardelli F.A., González A.E., Niño Y.I. (2008). Computation of the particle Basset force with a fractional-derivative approach. *Journal of Hydraulic Engineering* 134 (10), 1513-1520

Str. 24. Należałoby podać, którego rzędu schemat Runge-Kutty będzie stosowany.

Str. 28. Stosowalność formuły Rowińskiego i Czernuszenki (1999) ma swoje ograniczenia. Zastanawia mnie sytuacja, jak Autorka poradziła sobie z nieregularnością dna, związaną z występowaniem form dennych. Wspomniany wzór, ma zastosowanie jedynie w przypadku analizowania sytuacji dwuwymiarowej, w której zakłada się, że dno jest płaskie i pokryte jednakowymi kołami, imitującymi ziarna osadu. Co więcej, Rowiński i Czernuszenko (1999) nie założyli, że po zderzeniu poruszająca się cząstka, może odbić się w dół, uderzając w cząstkę sąsiednią, w której to sytuacji powinno się stosować pewne prawdopodobieństwo warunkowe podwójnego odbicia. Natomiast za ciekawy pomysł uznaję wprowadzenie do równań opisujących



zderzenie cząstki z dnem zmiennej ζ celem opisanie zmienności kierunku działania siły tarcia pomiędzy ziarnami osadu w zależności od kierunku wektora prędkości cząstki.

Natomiast w podrozdziałach 2.4 oraz 2.5 brakuje mi poparcia wielu wzorów odniesieniami do literatury. Zakładam, że nie są to wyprowadzenia autorskie i dlatego np. równania 2.48, 2.49, 2.50, 2.54, 2.57, 2.59, 2.70, 2.71, 2.73, 2.74, 2.75, 2.79, 2.82 powinny mieć swoje odnośniki literaturowe.

Ciekawym pomysłem wydaje się analiza przedstawiona na rysunku 2.7. Jednak ten numeryczny eksperyment nie jest dla mnie zupełnie jasny. Czy Autorka podstawia wartości współczynnika oporu uzyskanego z równań 2.8-2.15 do równania 2.88? Jeżeli tak, to czym są wyniki z uzyskanego modelu numerycznego? Proszę o wyjaśnienia.

Rozdział 3 poza rozdziałem 5 uznaję za najbardziej wartościowy i wnoszący istotne informacje na temat poznania mechanizmu ruchu cząstek osadu w wodzie. Rozdział ten w stosunku do pozostałych jest również bardzo obszerny, co pogłębia moją wątpliwość, co do tytułu rozprawy, do którego to powrócę przy formułowaniu wniosków końcowych. W nawiązaniu do tego rozdziału prosiłbym Autorkę o przedstawienie krzywej przesiewu użytego materiału. Informacji tej zabrakło w pracy.

Proszę również o wyjaśnienie tekstu ze strony 45 tj. *Zwykle w pomiarach metodą PIV konieczne jest stosowanie tzw. posiewu w postaci szklanych kuleczek o bardzo małej średnicy i gęstości zbliżonej do gęstości wody – to ruch ziaren posiewu jest rejestrowany na obrazach PIV. Jednak w trakcie badań wstępnych przeprowadzonych w ramach tej pracy okazało się, że użycie posiewu nie jest konieczne, gdyż ziarna badanego piasku drobnego poruszającego się w wodzie dobrze obijają światło laserowe i były z powodzeniem rejestrowane przez aparaturę PIV. Z tego względu zrezygnowano ze stosowania posiewu w trakcie dalszych badań, opisywanych w tej pracy.* Tekst ten nie jest w moim rozumieniu spójny z tekstem na stronie 79, tj. *W trakcie badań laboratoryjnych okazało się, że niestety niemożliwe było zmierzenie pola prędkości wody przy użyciu aparatury PIV, gdyż, w obecności ziaren osadu w wodzie, system PIV nie był w stanie rejestrować w sposób wiarygodny ruchu cząstek wody – rejestrował wyłącznie ruch ziaren piasku. Użycie specjalnego posiewu też nie dało pozytywnego rezultatu. Użycie zwrotu nie jest konieczne jest w całkowitej sprzeczności ze sformułowaniem ze strony 79.* Proszę o wyjaśnienia.

Nawiązując do przedstawionego zestawienia parametrów dot. wszystkich 7 analizowanych przypadków (A-E) prowadzonych eksperymentów z Tabeli 3.1, na podstawie uzyskanych wyników, brakuje mi bardziej uogólnionego wnioskowania, tzn. generalizacji uzyskanych wyników. Autorka podaje liczby podobieństw i parametry ruchu osadu, jednak nie robi porównania poszczególnych przypadków. Ciekawe wydaje się porównanie przypadków E i G, gdyż mają takie same liczby Ursella i co więcej tą samą wartość parametru Shieldsa, który wynosi 0.27. Taka sama



wartość parametru Shieldsa dot. przypadku B, jednakże liczba Ursella jest już dwukrotnie mniejsza niż dla dwóch w/w przypadków. Prosiłbym, aby Autorka zastanowiła się nad dodatkowymi wnioskami, które można z tej analizy wyciągnąć.

Rozdział 4 budzi moją największą wątpliwość. Opisana jest w nim weryfikacji modelu, jednak dobór parametrów tego modelu przedstawiony jest bardzo arbitralnie. Przykładowo Autorka przyjmuje, że parametry, tarcia i straty pędu wynoszą odpowiednio, $e=0.6$ i $f=0.4$. Parametry te zostały opisane w podrozdziale 2.3 jednak nie przeprowadzono analizy numerycznej wartości tych parametrów, a mają one zasadnicze znaczenie w wysokości skoków uzyskiwanych z modelu. Wygląda na to, że autorka dokonała tego wyboru arbitralnie. Jeżeli się mylę, to proszę o przedstawienie analizy tych parametrów w czasie obrony? Ponadto, w rozdziale tym Autorka używa bardzo nieprecyzyjnego języka, pisząc na str. 68 *ziarna wykonują chaotyczne skoki*. Na jakiej podstawie Autorka wie, że proces ten miał znamiona chaosu? Wróć do tego zagadnienia w recenzji rozdziału 5. Na str. 76 pojawia się też stwierdzenie *uzyskano dość dobrą zgodność*, którego w pracach naukowych powinno się unikać. Jaka była hipoteza zerowa określająca dokładne rozwiązanie i jakie parametry uznajemy za dobrą zgodność, a jakie za złą?

Rozdział 5, jak już wcześniej wspomniałem uznaję za najbardziej wartościowy element pracy. Interesujące są wyniki trajektorii na rysunkach 5.6, 5.7 oraz 5.8, które Autorka określa, jako chaotyczny ruch osadu. Nawiązując do już poruszanego problemu chaotycznego ruchu cząstek, wartościowa wydawałaby się analiza wykładników Lapunova, pełnego układu równań, celem oceny czy dany układ jest chaotyczny. Wizualizacja wyników sugeruje występowanie atraktora dla tego układu. Pomocne w analizie byłoby wyznaczenie przekroju Poincarégo. Wymagałoby to jednak dłuższych symulacji. W moim przekonaniu to zderzenie z dnem ma wpływ na kształt tych trajektorii.

Ponadto, nie rozumiem dlaczego Autorka pisze, że *Zaproponowany model saltacji cząstek osadu nie pozwala na ilościowe wyznaczenie rozkładu koncentracji osadu*. Rozwiązanie, które Autorka mogłaby zaadoptować, na podstawie modelu saltacji, zaproponowali już Wiberg i Smith (1989) w cytowanej w Rozprawie pracy:

Wiberg P.L., Smith J.D. (1989). Model for calculating bed load transport of sediment. *Journal of Hydraulic Engineering* 115(1): 101-123.

Główne wnioski wynikające z przeprowadzonych badań zostały ujęte w kilku punktach w rozdziale 6 Rozprawy. Poniżej zostaną one kolejno przytoczone i skomentowane.

1. *Pomiary wykonane w kanale falowym przy zastosowaniu techniki PIV wykazały, że z powodu ograniczeń technicznych aparatury nie jest możliwe jednoczesne rejestrowanie*



prędkości cząstek osadu oraz prędkości cząstek wody. Zastosowanie specjalnego posiewu w celu umożliwienia pomiarów prędkości wody nie przyniosło efektów. Wniosek nie wypływa jednoznacznie z prezentowanych w pracy wyników, na co zwracam uwagę we wcześniejszych etapach recenzji.

- 2. Dla prawie wszystkich przypadków fal badanych w kanale falowym, wymiary zmarszczek dennych zmierzonych doświadczalnie nie różniły się o więcej niż 10% od wymiarów obliczonych ze wzorów dostępnych w literaturze. Wniosek budzi moją wątpliwość, gdyż bazując na danych z Tabeli 3.2 wynika, że w przypadku A wysokość różni się o ponad 20%, w przypadkach C i E długość różni się o ponad 20%, natomiast w przypadku G długość różni się o 30%.*
- 3. Maksymalne prędkości poziome ziaren osadu zmierzone tuż nad grzbietami zmarszczek dennych były około trzy razy większe niż prędkości nad dolinami zmarszczek. Wniosek wypływa z prezentowanego materiału.*
- 4. Maksymalne prędkości pionowe ziaren osadu, zmierzone zarówno nad wierzchołkami jak i nad dolinami zmarszczek, były w przybliżeniu trzy do czterech razy mniejsze od odpowiadających im prędkości poziomych. Wniosek wypływa z zebranego materiału eksperymentalnego.*
- 5. Porównanie maksymalnych prędkości osadu wyznaczonych doświadczalnie i z obliczeń pozwoliło na oszacowanie błędu zaproponowanego modelu na około 20 do 30%. W moim przekonaniu błąd powinien zostać podany bardziej precyzyjnie, niż około 20 do 30%. Wniosek wymaga korekty.*
- 6. Uśrednione w czasie prędkości poziome ziaren osadu w ich ruchu oscylacyjnym nad dnem były równe od około 30 do około 50% prędkości poziomej wody. Dla najbardziej nieliniowych fal powierzchniowych, chwilowe prędkości poziome osadu, występujące pod doliną fali, osiągały wielkości zbliżone do prędkości wody. Również uważam, że Autorka mogła podać dokładne wartości np. od 31 do 54%.*
- 7. Różnice pomiędzy grubościami warstwy ruchu saltacyjnego ziaren osadu wyznaczonymi z pomiarów i z modelu numerycznego dla wszystkich analizowanych przypadków są rzędu 10%. Wniosek jest uzasadniony w świetle przedstawionych wyników.*
- 8. Górny zasięg warstwy ruchu saltacyjnego ziaren osadu nad dnem wynosił średnio dwie – trzy wysokości zmarszczek nad linią ich wierzchołków, jednak ponad połowa osadu poruszała się w warstwie o miąższości około jednej wysokości zmarszczki. Wniosek jest uzasadniony w świetle przedstawionych wyników.*

Analiza wniosków, a także kończącego sformułowania o pozytywnej realizacji postawionego celu, potwierdzają wcześniejsze moje wątpliwości odnośnie sposobu sformułowania tematu rozprawy, zbyt wąskiego w stosunku do wyniku końcowego.



Chciałem jeszcze zwrócić uwagę na dość niską estetykę pracy. Razi ilość pozostawionych wiszących spójników na końcach linii we wszystkich rozdziałach oraz różnice w użytych wielkościach czcionek w poszczególnych rysunkach, np. na stronie 72 pomiędzy rys. 4.3 i 4.4 czy dalej na stronie 73 pomiędzy rys. 4.5 i 4.6.

Reasumując, przedłożona praca doktorska p. mgr Barbary Stachurskiej pod tytułem *Modelowanie ruchu cząstek osadu w wodzie wywołanego falowaniem powierzchniowym*, jest wartościowa. Ma przejrzystą strukturę, napisana jest, poza nielicznymi wyjątkami, klarownym językiem. Ułomności pracy powinny być łatwe do skorygowania i nie umniejszają znaczenia przedyskutowanych wyników badań. Praca ma bezsprzecznie mocne i oryginalne walory poznawcze, a jej Autorka wykazała się wiedzą dotyczącą tematyki analizowanego problemu, jak również umiejętnością prowadzenia badań eksperymentalnych i modelowania numerycznego. Zgodnie z ustawą z dnia 14 marca 2003 (Dz.U. Nr 65. poz. 595 z późniejszymi zmianami), uzasadniony jest zatem wniosek o dopuszczenie p. mgr Barbary Stachurskiej do dalszych etapów przewodu doktorskiego.

KIEROWNIK
Zakładu Biologii Antarktyki
Bialik
dr hab. Robert J. Bialik