

Gliwice, 22.06.2012

Prof. dr hab. Tadeusz Burczyński, czł. koresp. PAN
Katedra Wytrzymałości Materiałów
i Metod Komputerowych Mechaniki
Politechnika Śląska
44-100 Gliwice, ul. Konarskiego 18a
E-mail: tb@polsl.pl
Tel.: +48-32-2371204, fax: +48-32-2371282

Recenzja
pracy habilitacyjnej pt.:
„Analiza płynięcia materiałów granulowanych w modelach silosów”
oraz całokształtu dorobku naukowego dr inż. Ireny Sielamowicz

1. Ogólna charakterystyka pracy

Praca pt. „Analiza płynięcia materiałów granulowanych w modelach silosów”, będąca podstawą ubiegania się przez dr inż. Irenę Sielamowicz o stopień doktora habilitowanego, jest zbiorem 13. publikacji wraz z przewodnikiem.

Recenzowana praca jest podsumowaniem wieloletnich badań Autorki, które prowadziła w tym obszarze badawczym.

Biorąc pod uwagę cel i zakres merytoryczny pracy, stosowane metody oraz aplikacje można ją z całą pewnością zakwalifikować do dyscypliny **mechanika**.

Na załączony zbiór 13. publikacji składają się:

- a) 3 prace, które ukazały się w *Zeszytach Naukowych Politechniki Białostockiej*, seria Budownictwo, 1998, 2002, 2004 (2 pkt. MNiSzW),
- b) 2 prace, która ukazały się w *Chemical Engineering Science*, 2005, 2006 (32 pkt. MNiSzW),
- c) 1 praca, która ukazała się w *Engineering Transactions*, 2005 (6 pkt. MNiSzW),
- d) 1 praca, która ukazała się w *Structural and Multidisciplinary Optimization* 2006 (32 pkt. MNiSzW),
- e) 1 praca, która ukazała się w *Archives in Mechanics*, 2007 (13 pkt. MNiSzW),
- f) 2 prace, która ukazały się w *Powder Technology*, 2008, 2010 (32 pkt. MNiSzW),
- g) 2 prace, która ukazały się w *Biosystem Engineering*, 2010, 2011 (20 pkt. MNiSzW),
- h) 1 praca, która ukazała się w *Advances Powder Technology*, 2011 (20 pkt. MNiSzW).

Wszystkie publikacje, z wyjątkiem 3. prac a), ukazały się w j. angielskim w dobrych lub bardzo dobrych czasopismach naukowych, mających wysokie oceny punktowe na liście MNiSzW. Część tych czasopism znajduje się na liście filadelfijskiej.

Prace te poświęcone są wynikom badań eksperymentalnych grawitacyjnego przepływu ziaren łubinu i żyta w płaskim modelu silosu [1], analizie modelu ośrodka idealnie

plastycznego z warunkiem plastyczności Coulomba w wyznaczaniu naporu ośrodka sypkiego, zgromadzonego w leju silosu dla przydatków spoczynku i wypływu [2], badaniom eksperymentalnym zachowania się bezkohezyjnego materiału ziarnistego płynącego w płaskim modelu silosu przy wykorzystaniu cyfrowej techniki DIPV [3,4,5,6], zastosowaniu metody elementów dyskretnych w wielokryterialnej optymalizacji parametrów wypływu materiału granulowanego [7], przestrzennej analizie mikroskopowej i makroskopowej zachowania się materiału granulowanego za pomocą metody elementów dyskretnych [8,9], empirycznej metodologii i statystycznej analizie prędkości przy wykorzystaniu DPIV [10], analizie przepływu radialnego w silosie [11], empirycznemu opisowi wypływu ziaren [12] oraz analizie numerycznej za pomocą metody elementów dyskretnych wypływu materiału granulowanego dla różnych kształtów modeli silosów [13].

2. Ocena merytoryczna i uwagi ogólne

Zbiór 13. prac, przedstawionych przez Habilitantkę, jako praca habilitacyjna, poświęcony jest różnym aspektom teoretycznym, obliczeniowym oraz doświadczalnym w analizie płynięcia materiałów granulowanych w silosach. Silosy są konstrukcjami, które służą do składowania materiałów granulowanych (np. zboża), proszków i płynów. Awaryjność tych konstrukcji jest większa niż innych konstrukcji budowlanych. Procesy składowania, napełniania i opróżniania silosu wywołują ciśnienie na ścianki silosu, które jest jednym z podstawowych parametrów branych pod uwagę w czasie projektowania tych konstrukcji. Przemieszczanie się materiału w silosie jest złożonym, nie do końca zbadanym procesem, któremu towarzyszą różne zjawiska w postaci zawieszzeń, eksplozji i implozji, a także tworzenia się klastrów oraz pustek.

Celowość podjęcia tej problematyki badawczej ma zatem mocne uzasadnienie naukowe oraz inżynierskie.

Habilitantka skupiła swoją uwagę na dwóch zasadniczych zagadnieniach związanych z analizą płynięcia materiałów w silosach:

- opisem sposobów płynięcia materiału granulowanego w silosie,
- określeniem wartości ciśnień, jakie wywiera płynący materiał na ścianki silosu.

W celu rozwiązania obu zagadnień Habilitantka zastosowała:

- (i) technikę wizualizacji obrazu *Digital Particle Image Velocimetry* (DPIV OF),
- (ii) numeryczną symulację wykorzystującą metodę elementów dyskretnych (MED),
- (iii) analizę porównawczą ciśnień na ściance modelu i ciśnień obliczonych wg normy Eurokod 1.

Przedstawiony w 13. publikacjach Habilitantki zakres badań obejmował następujące zagadnienia szczegółowe:

- 1) doświadczalne badania płynięcia ziaren zbóż w płaskich modelach silosów o ścianach równoległych i zbieżnych za pomocą DPIV OF oraz pomiary ciśnień,
- 2) symulacja numeryczna pola prędkości, wydatku wypływu, kąta tarcia wewnętrznego i porowatości za pomocą MED,
- 3) analiza ciśnień w modelu o ściankach zbieżnych przy wykorzystaniu rozwiązań sprężystych i sprężysto-plastycznych,
- 4) analiza przełączenia stanu naprężenia ze stanu aktywnego w stan pasywny,
- 5) opracowanie kryteriów optymalizacji parametrów płynięcia.

Przedstawiona problematyka badawcza jest ambitna, aktualna i ma znaczenie nie tylko naukowe, ale przede wszystkim inżynierskie.

Warto zauważyć, że ta problematyka badawcza dedykowana specjalnym zastosowaniom, jest uprawiana w niewielu ośrodkach naukowych w kraju.

Głównym osiągnięciem Habilitantki, stanowiącym oryginalny wkład do tej problematyki, jest opracowanie skutecznej metodologii badań analizy płynięcia materiałów granulowanych w silosach.

Habilitantka wykazała w pracy bardzo dobre rozeznanie w problematyce badawczej. Zwraca uwagę na wnikliwość i dociekliwość Habilitantki we wszystkich wymienionych obszarach, a zwłaszcza w obszarze zaawansowanych badań eksperymentalnych. Przeprowadzone badania zostały szczegółowo opisane, a ich wyniki zostały dokładnie przeanalizowane.

Załączony do dokumentacji pracy obszerny spis literatury świadczy o bardzo dobrym rozeznanii Autorki w poruszanej problematyce badawczej.

3. Uwagi szczegółowe

- 3.1. Symulacje komputerowe zachowania się materiałów granulowanych Habilitantka przeprowadziła przy wykorzystaniu metody elementów dyskretnych (MED). Wcześniej dokonała kalibracji tej metody na podstawie znanych rozwiązań z zakresu mechaniki kontinuum. W przeprowadzonych testach przyjęto liczbę cząstek równą 1980 i 20400. Nie bardzo wiadomo czym podyktowany był wybór liczby cząstek i czy taka liczba cząstek jest wystarczająca do odtworzenia realnego wypływu materiału granulowanego.
- 3.2. Modele stosowane przez Habilitantkę w opisie wypływu materiału granulowanego są w zasadzie deterministyczne. Jednakże kształt ziaren, ich oddziaływanie na inne ziarna z uwagi na złożone zjawiska kontaktu są z natury losowe. Próby analizy statystycznej prędkości ziaren na podstawie badań eksperymentalnych są rozważane w [10, 12]. Czy model w pełni stochastyczny płynięcia materiałów granulowanych możliwy jest w symulacjach komputerowych za pomocą MED?
- 3.3. Dynamika ruchu materiałów granulowanych, gdzie procesy zderzania się ziaren w małej skali czasu mają kluczowy wpływ na zachowanie się takiego układu jako całości są wdzięcznym obiektem modelowania matematycznego. Istnieje możliwość zastosowania rachunku różniczkowego niecałkowitego rzędu do modelowania takich procesów. Zjawisko to wiąże się z tzw. *efektem pamięci*. W modelowaniu efektów pamięci w materiałach granulowanych nawiązuje się najczęściej do szczególnego rodzaju dyfuzji, określanej jako dyfuzja anomalna. Istnienie takiego efektu podlega potęgowemu prawu skalowania i obserwowane jest m.in. w zespole ziaren poddanych drganiom. We współczesnych pracach dotyczących opróżniania silosów zwraca się uwagę na problem anomalnego zachowania się wypływu masowego ziaren materiału sypkiego. Analiza takiego wpływu, zwłaszcza dla materiałów wykazujących cechy kohezji kapilarnej, wskazuje na super-dyfuzyjne zachowania się strumienia masy ziaren opuszczających silos. Badania eksperymentalne wykazują, że takie zachowanie istotnie ma miejsce, ale brak jest odpowiednich równań matematycznych, które opisują taki proces i dają wyniki zgodne z rezultatami eksperymentu. W pracy doktorskiej Tomasza Błaszczyka pt: „Zastosowanie równania frakcyjnego oscylatora do modelowania efektu pamięci

w materii granulowanej”, Politechnika Częstochowska 2010 (promotor prof. J. Leszczyński), autor udowodnił tezę, że równania różniczkowe, zawierające pochodne niecałkowitego rzędu, mogą dostarczyć rozwiązań, których zachowanie podlega potęgowemu prawu skali. Kluczowym zagadnieniem jest możliwość efektywnego rozwiązania takich równań. Warto zauważyć, że dotychczas nie opublikowano prac z zakresu analizy wypływu materiału sypkiego z silosu, dotyczących przejścia od wypływu masowego do całkowitej blokady silosu.

4. Ocena dorobku naukowego

Dr inż. Irena Sielamowicz jest absolwentką Wydziału Budownictwa Lądowego Politechniki Białostockiej, który ukończyła w r. 1980 uzyskując tytuł mgr inż. Budownictwa o specjalności technologia i organizacja budowy.

Od 1981 do 1991 pracowała jako pracownik naukowo-dydaktyczny (asystent stażysta, asystent, strażys asystent) w Zakładzie Mechaniki Budowli Politechniki Białostockiej.

Pracę doktorską pt. „*Analiza płyty kołowej na podłożu jednostronnym metodą elementów czasoprzestrzennych*” obroniła w 1991 r. na Wydziale Budownictwa i Inżynierii Środowiska Politechniki Białostockiej. Promotorem rozprawy był prof. Zbigniew Kączkowski.

W latach 1991-2010 Habilitantka pracowała na etacie adiunkta w Politechnice Białostockiej.

W 2010 r. zrezygnowała z pracy na Politechnice Białostockiej i podjęła się prowadzenia spółki spin off „Systemy Silosów Kompozytowych ORCHIDEA” w kooperacji z Plasticon Poland i Colfibrex.

Zainteresowania naukowe Habilitantki związane są z mechaniką ośrodków ciągłych i konstrukcji, mechaniką obliczeniową, z technikami pomiarowymi oraz zagadnieniami z zakresu mechaniki i eksploatacji budowli i konstrukcji, w tym silosów.

Tej ostatniej problematyce poświęcona jest większość jej publikacji naukowych, z których 13 prac pod wspólnym tytułem: „*Analiza płynięcia materiałów granulowanych w modelach silosów*”, jest podstawą starania się o uzyskanie stopnia doktora habilitowanego.

Dr inż. I. Sielamowicz jest autorką lub współautorką 77. prac naukowych, w tym 39 prac ukazało się w postaci artykułów i 38 w postaci opublikowanych referatów na konferencjach krajowych i zagranicznych. Habilitantka po uzyskaniu stopnia doktora opublikowała 32. prace, z tego 21 ukazało się w czasopiśmie z listy MNiSzW, w tym kilka w czasopiśmie z listy filadelfijskiej.

Widać wyraźny wzrost aktywności publikacyjnej Habilitantki po uzyskaniu stopnia doktora.

Dorobek publikacyjny Habilitantki jest liczbowo dosyć duży, zawiera wiele opublikowanych prac w dobrych renomowanych czasopiśmie.

Duża była aktywność Habilitanta w prezentowaniu swoich prac na konferencjach zagranicznych.

Habilitantka uczestniczyła w 18. prestiżowych konferencjach naukowych po uzyskaniu stopnia doktora. Warto tutaj wymienić kongres PARTEC’2004 w Norymberdze, gdzie firma amerykańska DuPont nagrodziła ją grantem finansowym za prezentowane prace związane z teoretycznym obliczaniem ciśnień w modelu silosu oraz wyniki prac eksperymentalnych uzyskane techniką DPIV.

W uznaniu jej osiągnięć uzyskała nominację do Europejskiej Federacji Inżynierów Chemików do Working Party w sekcji Particulate Solids we Frankfurcie nad Menem.

Liczba cytowań prac Habilitantki z dn. 7.05.2011 wynosi 44.

Habilitantka jest autorką zgłoszenia patentowego (Nr P 331912, 1999) pt. „Komora silosu przeznaczonego zwłaszcza do magazynowania materiałów i surowców ziarnistych rozdrobnionych i sypkich”. Należy także wspomnieć o jej współpracy z przemysłem rolniczym w zakresie budowy silosów.

Warto zwrócić uwagę na dużą aktywność i otwartość Habilitantki we współpracy krajowej i międzynarodowej. W realizacji swoich badań współpracowała z pracownikami IPPT PAN, m.in. z prof. prof. Z. Mrozem, T. Kowalewskim, L. Dietrychem, J. Holnickim-Szulcem oraz Z. Ranachowskim, pracownikami Uniwersytetu Technicznego w Wilnie, prof. R. Kacianauskasem i dr R. Baleviciusem oraz prof. A. Drescherem z Uniwersytetu w Minnesocie.

Habilitantka pracując na Politechnice Białostockiej prowadziła zajęcia dydaktyczne z zakresu mechaniki budowli i wytrzymałości materiałów. Jest współautorką 2. skryptów z zakresu wytrzymałości materiałów oraz podręcznika akademickiego z zakresu stanów sprężysto-plastycznych i nośności granicznej układów prętowych. Za działalność dydaktyczną uzyskała wiele nagród Rektora Politechniki Białostockiej.

Jest członkiem kilku towarzystw naukowych oraz była członkiem Sekcji Konstrukcji Betonowych Komitetu Inżynierii Lądowej i Wodnej PAN.

Należy także odnotować jej zainteresowania naukowe wychodzące poza nauki ścisłe i techniczne, a dotyczące historycznych obiektów sakralnych na Podlasiu. Ma z tego zakresu kilka publikacji naukowych.

Podsumowując dorobek naukowy Habilitantki, należy stwierdzić, że w zasadzie spełnia on wymogi, jakie sformułowane zostały przez RN IPPT PAN w uchwale z dn. 30.06.2011 związane z warunkami wszczęcia przewodu habilitacyjnego.

5. Wniosek końcowy

Podsumowując powyższą ocenę zbioru prac będących podstawą pracy habilitacyjnej dr inż. Ireny Sielamowicz, warto podkreślić jej aktualność i dobry poziom naukowy oraz możliwości praktycznych zastosowań. Prace te są dobrym reprezentatywnym przeglądem jej dotychczasowych zaawansowanych badań z zakresu analizy płynięcia materiałów granulowanych w silosach.

Jednocześnie całość dotychczasowego dorobku naukowego Autorki należy ocenić pozytywnie. Dorobek publikacyjny jest liczbowo dosyć duży, zawiera wiele prac publikowanych w dobrych czasopismach naukowych o zasięgu międzynarodowym. Warto także podkreślić dużą aktywność Habilitantki w prezentowaniu wyników swoich badań na konferencjach krajowych i zagranicznych oraz otwartość na współpracę z wieloma ośrodkami naukowymi w kraju i za granicą.

Biorąc pod uwagę pozytywną ocenę jej zestawu publikacji, będącą podstawą pracy habilitacyjnej oraz całego dorobku naukowego, stawiam wniosek o przyjęcie rozprawy habilitacyjnej i dopuszczenie dr inż. Ireny Sielamowicz do kolokwium habilitacyjnego przed Radą Naukową Instytutu Podstawowych Problemów Techniki PAN w Warszawie.

