

Prof. dr hab. Józef Horabik
Instytut Agrofizyki PAN
ul. Doświadczalna 4
20-290 Lublin

Lublin, 25.01.2011

RECENZJA
dorobku naukowego i rozprawy habilitacyjnej
p.t. "Analiza płynięcia materiałów granularnych w modelach silosów"
dr inż. Ireny Sielamowicz

Doktor inż. Irena Sielamowicz ukończyła studia na Wydziale Budownictwa Lądowego Politechniki Białostockiej 1980 r. uzyskując tytuł zawodowy magistra inżyniera w specjalności technologia i organizacja budowy. Praca magisterska została przyjęta z wyróżnieniem.

W 1981 r. została zatrudniona na stanowisku pracownika naukowo-dydaktycznego w Zakładzie Mechaniki Budowli na Wydziale Budownictwa Politechniki Białostockiej, gdzie zajmowała się analizą koncentracji naprężeń na krawędziach płyt.

W 1986 r. rozpoczęła współpracę z prof. Zbigniewem Kączkowskim z Wydziału Inżynierii Lądowej Politechniki Warszawskiej, pod kierunkiem którego przygotowała rozprawę doktorską pt. „Analiza płyty kołowej na podłożu jednostronnym metodą elementów czasoprzestrzennych”. Pracę tę obroniła w 1991 r. na Wydziale Budownictwa i Inżynierii Środowiska Politechniki Białostockiej.

Odbyła 6-miesięczną praktykę zawodową w Zespole Budownictwa Ogólnego Miastoprojekt w Białymstoku, a następnie roczny pobyt stypendialny w Ecole Polytechnique Federale w Lozannie w Szwajcarii w zespole konstrukcji stalowych.

W latach 1991–2010 była zatrudniona na stanowisku adiunkta w Politechnice Białostockiej. Od 2010 r. prowadzi spółkę spin-off „Systemy Silosów Kompozytowych ORCHIDEA” w kooperacji z Plastics Poland i Colfibrex.

Działalność naukowo-badawcza Habilitantki koncentruje się głównie na zagadnieniach związanych z modelowaniem procesów składowania i przepływu materiałów ziarnistych oraz oszacowaniem jakości opracowywanych modeli w oparciu o wyniki laboratoryjnych doświadczeń. Analiza zachowania się złoża materiału ziarnistego w interakcji z elementami konstrukcyjnymi zbiorników stanowi trudne wyzwanie dla nauki, przy jednoczesnych ciągle wzrastających oczekiwaniach ze strony przemysłu. Tematyka ta doczekała się licznych opracowań naukowych, które wciąż stawiają więcej pytań niż odpowiedzi, ze względu na złożoność mechanizmów przenoszenia naprężeń w ośrodkach sypkich oraz trudności w oszacowaniu materiałowych właściwości tych ośrodków, w szczególności, gdy są to materiały biologiczne, np. nasiona. Próby matematycznego modelowania oraz naukowego wyjaśniania zjawisk zachodzących w materiałach sypkich posiadają duże znaczenie użytkowe. Pozwalają na doskonalenie projektowania i użytkowania maszyn i urządzeń do transportu, składowania oraz przetwarzania tych materiałów.

Recenzja pracy habilitacyjnej

Przedstawioną do recenzji rozprawę habilitacyjną stanowi zestaw 13 monotematycznych publikacji naukowych poświęconych zagadnieniom wypływu materiału ziarnistego z silosu opublikowanych w latach 1998-2011 w następujących czasopismach naukowych: Zeszyty Naukowe Politechniki Białostockiej, Chemical Engineering Science, Engineering Transactions, Structural and Multidisciplinary Optimization, Archives of Mechanics, Powder Technology, Biosystems Engineering, Advanced Powder Technology. Dziewięć prac opublikowanych zostało w czasopismach znajdujących się na liście Filadelfijskiego Instytutu Informacji Naukowej (Impact Factor w granicach 0,469-2,379).

Rozprawa habilitacyjna podejmuje cztery związane ze sobą wątki badawcze:

- 1- badania eksperymentalne pola prędkości podczas wypływu materiału sypkiego ze zbiornika (prace nr: 1, 3, 4, 5, 6),
- 2- tworzenie empirycznych modeli opisu profilu rozkładu prędkości wypływu (prace nr: 10, 11, 12),
- 3- modelowanie parcia materiału sypkiego w ramach mechaniki ośrodków ciągłych (praca nr 2),
- 4- modelowanie parcia oraz wypływu materiału sypkiego metodą DEM (prace nr: 7, 8, 9, 13).

Badania eksperymentalne grawitacyjnego wypływu nasion z modelowych 2-wymiarowych silosów obejmują szczegółową analizę zasięgu i kształtu martwej strefy w zależności od ukształtowania dna zbiornika (nr 1). W kolejnych pracach (nr 3, 4, 5 i 6) do analizy pola prędkości nasion, o różnym kształcie i szorstkości powierzchni, zastosowana została nowoczesna technika pomiarowa DPIV. Istotne elementy nowości naukowej przedstawionych wyników badań stanowi analiza lawinowego spływu materiału z obszarów spoczynku do rdzenia przepływu (wskazanie obszarów nieciągłości pola prędkości), ilościowy opis i analiza ewolucji kształtu i zasięgu martwej strefy oraz propagacji strefy przepływu od otworu wysypowego ku górze zbiornika. Zastosowanie techniki DPIV pozwoliło Habilitantce na zweryfikowanie bardzo często przyjmowanego założenia o radialnym polu przepływu oraz kinematycznego modelu wypływu z precyzyjnym określeniem wartości parametru b . Istotnym poszerzeniem zakresu poszukiwań było wykonanie eksperymentów dla przypadku symetrycznego oraz niesymetrycznego opróżniania.

Analiza pola prędkości wykorzystująca zmodyfikowany empiryczny model kinematyczny wykonana dla centrycznego oraz niecentrycznego opróżniania, a następnie przeprowadzona szczegółowa weryfikacja doświadczalna modeli stanowi istotne uzupełnienie i poszerzenie możliwości wykorzystania techniki DPIV do analizy płaskich pól prędkości przepływu. Wobec wykazanej przez Habilitantkę zależności kinematycznego parametru b od odległości od otworu wysypowego nasuwa się pytanie: w jakich warunkach parametr ten można traktować jako obiektywną stałą materiałową?

Podjęte przez Habilitantkę badania w zakresie modelowania parcia materiału sypkiego na bazie mechaniki ośrodków ciągłych pokazują, że również w obszarze metod analitycznych jest nadal przestrzeń na dalsze rozwijanie metod opisu, stosując chociażby prosty model ciała idealnie plastycznego w metodzie Janssena przy uwzględnieniu czynnego i biernego stan naprężenia w różnych częściach zbieżnego kanału. Szkoda tylko, że ten kierunek badań nie był dalej rozwijany przez Habilitantkę z uwzględnieniem bardziej realistycznych modeli materiału.

Kolejny intensywnie rozwijany przez Habilitantkę obszar badawczy to zastosowanie metody DEM do analizy i porównań rozwiązań analitycznych, numerycznych i eksperymentalnych parcia ziarna na konstrukcję modelowego zbiornika. Symulacje DEM procesów napełniania i opróżniania prostopadłościennego zbiornika wykonane dla złoża o liczebności 20 tys. ziaren przy zastosowaniu liniowego, lepko-sprężystego modelu kontaktu między ziarnami oraz tarcia posuwistego bądź tocznego wykazały dużo lepszą zgodność naporu wyznaczonego w symulacjach DEM z wartościami eksperymentalnymi z niż wartości wyznaczonych metodami analitycznymi, w tym z uwzględnieniem zaleceń normy Eurocode.

Analiza rozkładu porowatości w złożu materiału podczas opróżniania wykazała, że metoda DEM jest wystarczająco czuła, aby mogła być z powodzeniem zastosowana do analizy powstawania oraz przemieszczania się strefy rozluźnienia materiału w początkowej fazie opróżniania zbiornika. Pomimo wciąż zbyt małej liczebności ziaren złoża ograniczonej mocą obliczeniową komputerów, metoda DEM, jak wynika z przykładów zastosowań przedstawionych w Habilitacji, stanowi doskonale narzędzie wglądu do wnętrza materiału sypkiego, otwierające obszary niedostępne dla innych metod. Dobrym przykładem jest zaobserwowana przez habilitantkę propagacja strefy rozluźniania. Tworzenie się strefy rozluźnienia to kluczowe zjawisko towarzyszące wypływowi i uczestniczące w redystrybucji stanu naprężenia w złożu.

Podsumowując ocenę rozprawy habilitacyjnej należy stwierdzić, że badania realizowane w ponad 10-letnim okresie rozwoju naukowego Habilitantki, ukierunkowane były z wielką konsekwencją i systematycznością na zagadnieniach wypływu materiału ziarnistego ze zbiornika. W tym czasie doskonalily się metody badawcze: eksperymentalne oraz numeryczne. Autorka skutecznie sięgała po najnowocześniejsze narzędzia badawcze, ale też nie omijała metod klasycznych (DPIV i klasyczna analiza obrazu, DEM i mechanika kontinuum). Wskazanie jako rozprawy Habilitacyjnej 13 prac (w tym 9 z IF) obejmujących 4, zbliżone do siebie, ale jednak metodologicznie dość różne zagadnienia było w moim odczuciu zbyt dużym rozszerzeniem zakresu rozprawy.

Dorobek naukowy

Dorobek naukowy Habilitantki opublikowany po uzyskaniu stopnia doktora obejmuje 7 oryginalnych publikacji w czasopismach naukowych, w tym 2 publikacje w Powder Technology posiadającym w r. 2010 Impact Factor 1.887, ponadto 3 prace w anglojęzycznych opracowaniach monograficznych oraz 8 odrębnych tematycznie opracowań z zakresu budownictwa sakralnego, w tym 2 opinie sądowe z zakresu budownictwa. Habilitantka jest ponadto autorem jednego zgłoszenia patentowego. Według Web of Science publikacje Habilitantki cytowane były 44 razy, a indeks h wynosi 4. Dorobek współautorski udokumentowany został stosownymi oświadczeniami współautorów o zakresie ich merytorycznego udziału bez wskazania udziału procentowego.

Po doktoracie Habilitantka uczestniczyła w 18 konferencjach i kongresach, w tym 16 międzynarodowych. Prezentowała 38 doniesień konferencyjnych, w tym 12 autorskich oraz 26 współautorskich. Należy szczególnie podkreślić, że Habilitantka aktywnie uczestniczyła w większości najważniejszych konferencjach naukowych z zakresu materiałów sypkich odbywających się na świecie w tym okresie.

W ocenianym dorobku na szczególną uwagę zasługuje 5 publikacji: dwie prace opublikowane w czasopiśmie Powder Technology w 2011 r. oraz po jednej w Task Quarterly, Engineering Transactions oraz Acta Agrophysica. Ocenę dorobku naukowego ograniczyłem do analizy tych pięciu publikacji.

Dwie spośród nich, dotyczące rozkładu naporu materiału sypkiego w zbieżnym silosie podczas napełniania i opróżniania, podejmują analizę ciekawego i ciągle nie do końca wyjaśnionego zagadnienia ewolucji stanu naprężenia podczas opróżniania zbiornika z uwzględnieniem przejścia z czynnego do biernego stanu naprężenia. Analiza wykorzystująca stosunkowo prosty model ośrodka sprężystego oraz idealnie plastycznego wykazała możliwość zastosowania uproszczonej metody Janssena do wyznaczenia lokalizacji oraz wartości chwilowego wzrostu naporu związanego z przejściem z czynnego do biernego stanu naprężenia w trakcie procesu opróżniania zbiornika. Jest to zagadnienie bardzo ważne z praktycznego punktu widzenia. Wiąże się bezpośrednio z funkcjonalnością oraz bezpieczeństwem pracy silosów. Zagadnienie to nie zostało jeszcze do końca wyjaśnione i wymaga dalszych badań zarówno teoretycznych jak eksperymentalnych.

Kolejnym zagadnieniem podejmowanym przez Habilitantkę jest analiza pola przemieszczeń i prędkości przepływu materiału ziarnistego w modelu płaskiego zbiornika podczas centrycznego i niecentrycznego napełniania i opróżniania przy wykorzystaniu techniki DPIV. Istotną nowością pracy jest analiza porównawcza rozkładów prędkości ziaren ośrodka uwzględniająca niecentryczne napełnianie, generujące wstępne uporządkowanie punktów kontaktu ziaren, jak i niecentryczne opróżnianie zbiornika.

Tematyka wykorzystania techniki DPIV została znacznie poszerzona w kolejnej publikacji o elementy analitycznego opisu rozkładu prędkości. Autorka znalazła dobre przybliżenie rozkładu prędkości za pomocą sklejonych funkcji typu Gaussa. Zaproponowana metodologia badań wydaje się być pomocnym narzędziem uogólniania opisu rozkładu pola prędkości możliwym do zastosowania przy różnej geometrii zbiornika.

Istotnym krokiem na drodze do pełniejszego zrozumienia wpływu wstępnej struktury uporządkowania powinno być rozszerzenie zakresu badań doświadczalnych o pomiar rozkładu parcia w obu analizowanych wariantach napełniania i opróżniania. Szkoda, że tego elementu badań zabrakło w opublikowanych pracach.

Kolejne zagadnienie podejmowane przez Habilitantkę to wykorzystanie metody DEM do modelowania wpływu materiału ziarnistego ze zbiornika oraz parcia materiału na ściany. Istotnym elementem pracy jest kompleksowe porównanie wyników modelowania numerycznego metodą DEM z rozwiązaniem analitycznym oraz weryfikacja eksperymentalna obu przybliżeń. Bardzo trafny wydaje się wybór nasion grochu do badań. Kształt nasion zbliżony do kuli znacznie ułatwia modelowanie, zaś ich wielkość ułatwia pomiar w warunkach eksperymentu dostosowanego do aktualnych możliwości metody DEM. Szczególnie istotne informacje wnosi porównanie trzech wartości naporu: wyznaczonych metodą DEM, z równania Janssena oraz eksperymentalnej. Wartości eksperymentalne, leżące pomiędzy oszacowaniem DEM a równaniem Janssena, wskazują kierunki dalszych poszukiwań analitycznych i numerycznych.

Omówione publikacje, stanowiące dorobek naukowy Habilitantki, obejmują zagadnienia zające się mocno z tematyką rozwijaną w cyklu publikacji wydzielonym jako rozprawa habilitacyjna. Wszystkie kluczowe publikacje Habilitantki skoncentrowane są na zagadnieniach składowania i przemieszczania materiałów sypkich. Wąskość uprawianej tematyki badawczej pozwoliła Autorce z jednej strony na pogłębioną analizę podejmowanych zagadnień ale z drugiej stanowiła trudność jednoznacznego wydzielenia z dorobku odrębnej listy publikacji wskazanych jako rozprawa habilitacyjna. To zapewne sprawiło, że przesadnie dużo (9) bardzo dobrych prac, opublikowanych w czasopiśmie posiadającym Impact Factor, wydzielonych zostało jako rozprawa habilitacyjna, wobec czego bardzo mało prac z IF (2) pozostało jako dorobek publikacyjny. Jednakże dogłębność przeprowadzonych rekompensuje małą liczebność publikacji wykazanych w dorobku.

Działalność dydaktyczno-wychowawcza, organizacyjna i ekspercka

Dr inż. Irena Sielamowicz posiada znaczny dorobek dydaktyczny i organizacyjny. Była promotorem 7 prac dyplomowych. Uczestniczyła w pracach komisji rekrutacyjnych na uczelni, pełniła funkcję opiekuna praktyk studenckich. Jest współautorem 6 monografii i skryptów dydaktycznych. Była recenzentem dwóch rozpraw doktorskich na Politechnice w Madrycie oraz recenzentem publikacji w dwóch zagranicznych czasopismach naukowych.

Była członkiem Komitetu Inżynierii Lądowej i Wodnej PAN. Jest członkiem trzech towarzystw naukowych. Uczestniczyła w pracach komitetu organizacyjnego konferencji naukowej. W ramach współpracy z przemysłem i rolnictwem podejmuje liczne inicjatywy wprowadzenia na rynek polski nowoczesnych silosów wykonanych z tworzyw sztucznych. Jest autorem zgłoszenia patentowego z tego zakresu.

Na szczególne podkreślenie zasługuje działalność ekspercka Habilitantki w środowisku międzynarodowym i krajowym: w 7 Programie Ramowym UE, w projektach MNiSW, w programach strukturalnych MRR i PARP oraz w programach regionalnych.

Habilitantka systematycznie podnosi swoje kwalifikacje uczestnicząc w międzynarodowych szkoleniach oraz uzyskując dodatkowe uprawnienia w zakresie budownictwa.

Habilitantka została czterokrotnie wyróżniona nagrodami Rektora Politechniki Białostockiej za działalność naukową oraz pięciokrotnie za działalność dydaktyczną. W 2004 r. została wyróżniona nagrodą firmy DuPont „Assistance and recognition to excellent university teachers – DuPont Centre for Collaborative Research and Education”.

Wniosek końcowy

Dr inż. Irena Sielamowicz realizuje ważną, atrakcyjną naukowo oraz istotną z praktycznego punktu widzenia tematykę badawczą. Oryginalny dorobek naukowy Habilitanta dotyczy następujących grup zagadnień mechaniki materiałów granularnych:

- 1) wykorzystania metody DPIV do analizy pola prędkości ziaren ośrodka w płaskich modelach silosów,
- 2) matematycznego modelowania zachowania się materiału granularnego w silosach w ramach mechaniki kontinuum oraz metodą DEM.

Na podstawie przeprowadzonej analizy całokształtu dorobku naukowego, działalności dydaktyczno-wychowawczej, organizacyjnej i eksperckiej oraz dokonanej oceny rozprawy habilitacyjnej p.t. „Analiza płynięcia materiałów granularnych w modelach silosów” uważam, że publikacyjny dorobek naukowy dr inż. Ireny Sielamowicz spełnia wymagania ustawowe, a liczony łącznie (habilitacja + publikacje) ponad dwukrotnie przewyższa wymagania Rady Naukowej IPPT PAN co do liczby publikacji z IF: $(IF(\text{Habilitacja} + \text{dorobek}) = 9 + 2)$. Kandydatka posiada znaczne doświadczenie dydaktyczne oraz bardzo duże doświadczenie organizacyjne. Rozprawa habilitacyjna podejmująca wiele kluczowych aspektów przepływu materiałów granularnych w zbiornikach wnosi nowe, istotne informacje do aktualnego stanu wiedzy w tym zakresie.

Przedstawiona ocena dorobku naukowego i rozprawy habilitacyjnej jest dla mnie podstawą do stwierdzenia, że dr inż. Irena Sielamowicz spełnia wymogi Ustawy z dnia 14.03.2003 r. o stopniach naukowych i tytule naukowym. Wnioskuje zatem do Rady Naukowej Instytutu Podstawowych Problemów Techniki PAN w Warszawie o dopuszczenie dr inż. Ireny Sielamowicz do kolokwium i dalszych etapów przewodu habilitacyjnego.