

**Agata Widuch**

**Development novel approaches for modeling  
dense granular flows**

**Doctoral dissertation**

Supervisor:

Prof. Ph. D. DSc Wojciech Adamczyk

Science discipline:

Environmental Engineering, Mining and Energy

*This research is supported by National Science Centre Poland within projects  
UMO-2018/31/B/ST8/02201. This help is gratefully acknowledged herewith.*

Silesian University of Technology

Gliwice, 2023

**Author**

Agata Widuch

Silesian University of Technology

Faculty of Energy and Environmental Engineering

Department of Thermal Technology

Konarskiego St. 22

44-100 Gliwice

Poland

e-mail: [agata.widuch@polsl.pl](mailto:agata.widuch@polsl.pl); [agataa.widuch@gmail.com](mailto:agataa.widuch@gmail.com)

Copyright ©2023 Agata Widuch

Department of Thermal Technology

Silesian University of Technology

L<sup>A</sup>T<sub>E</sub>X 2<sub>ε</sub>

## Abstrakt

### Nowatorskie podejścia do modelowania przepływów granularnych

**Słowa kluczowe:** przepływy wielofazowe, kolizje cząstek, uczenie maszynowe, sieci neuronowe, kocioł z cyrkulacyjną warstwą fluidalną, inteligentne sterowanie, komputerowa mechanika płynów, stanowisko eksperymentalne, walidacja symulacji, nowatorskie podejście, fluidyzacja

Przepływy granularne, cechują się dużym udziałem objętościowym fazy stałej. Jednym, przykładów takiego przepływu jest zjawisko fluidyzacji. Fluidyzacja jest zjawiskiem, gdzie pod wpływem przepływającego gazu, cząstki stałe są w ciągłym ruchu, co sprawia, iż zachowują się jak płyn. Zastosowanie tego zjawiska jest dość szerokie, a w ostatnich latach zyskuje na popularności. Zjawisko te wykorzystywane jest w przemysłach m.in. chemicznym, farmaceutycznym, spożywczym, energetycznym. Szczególnie w ostatnim z wymienionych przykładów, technologia ta ma liczne zastosowania ze względu na wiele zalet w porównaniu z tradycyjnymi konstrukcjami kotłów. Wszystko to głównie dzięki rosnącym zasobom obliczeniowym, które pozwalają na zastosowanie zaawansowanych modeli komputerowych do przewidywania zachowania fazy stałej.

W związku z dużą ilością cząstek charakteryzującą przepływy granularne, modelowanie ich nie jest trywialnym zadaniem. Duży udział objętościowy wpływa na bardzo dużą ilość złożonych oddziaływań między cząstkami. Aby zmniejszyć nakład finansowy towarzyszący podjętym próbom ulepszenia istniejących technologii, koniecznym jest wykorzystanie dokładnych modeli numerycznych pozwalających na odwzorowanie zjawisk występujących. Mimo dostępnych już technik obliczeniowych, nadal jest miejsce na próby ulepszenia ich lub wyciągnięcia z nich zalet, w celu połączenia ich w nowe podejście.

W pracy doktorskiej zaprezentowane zostały dwa różne podejścia. Jednym z nich jest wykorzystanie technik uczenia maszynowego, w celu usprawnienia wykrywania kolizji. Bazuje ono na połączeniu modelu Hybrydowego Eulera-Lagrange'a z modelem Discrete Element Method, poprzez zastosowanie modelu uproszczonego. Model uproszczony zostanie zintegrowany w symulacjach z użyciem modelu Hybrydowego, poprzez Funkcje Własne Użytkownika, aby w przypadku wykrycia kolizji został on wywołany, czym zastąpi dotychczasowe podejście oparte na kinetycznej Teorii Przepływów Granularnych. Wyniki obliczeń porównane zostaną z pomiarami eksperymentalnymi, przeprowadzonymi na stanowisku, które odwzoruje warunki przeprowadzanych symulacji. Drugie zaproponowane podejście wykorzystuje sieci neuronowe, w celu predykcji wartości polowych w modelu numerycznym kotła z cyrkulacyjną warstwą fluidalną. Podejście te jest częścią stworzonego systemu predykcji oraz preskrypcji, pozwalającego na inteligentne sterowanie kotłem z znajdującym się w elektrowni Łagisza w Będzinie.