

## Streszczenie rozprawy doktorskiej

„Badanie uproszczonych modeli matematycznych przepływu wody w zbiornikach”

Mgr. inż. Dzmitry Prybytak

Praca poświęcona jest badaniom modeli matematycznych stosowanych w hydraulicznej obliczeniowej do opisu przepływu wody w zbiornikach. Rozpatrzono trzy najpopularniejsze modele - model płaskiego przepływu potencjalnego, model cieczy Stokesa oraz opisany równaniami Naviera-Stokesa – model przepływu lepkiego płynu nieściśliwego. Do numerycznego rozwiązania dwóch pierwszych modeli w przypadku dwuwymiarowym, zaimplementowano własne programy komputerowe napisane w języku C++. Wykorzystano metodę różnic skończonych oraz metodę elementów brzegowych. Natomiast modelowanie przepływów opisanych równaniami Naviera-Stokesa wykonano za pomocą programu otwartoźródłowego OpenFOAM. W przypadku przepływu trójwymiarowego w modelu cieczy Stokesa zostały zastosowane obliczenia równoległe realizowane w technologii CUDA. W ten sposób np. rozwiązanie zagadnienia przepływu w sześciianie z poruszającą się ścianką boczną otrzymano o 333 razy szybciej niż w przypadku tradycyjnym.

Własne, napisane programy poddano weryfikacji na przykładach mających analityczne rozwiązanie: przepływ Poiseuille'a, przepływ Taylora-Couette'a oraz tradycyjny opływ walca w przepływie potencjalnym. Maksymalny błąd względny w każdym przypadku nie przekroczył 5%. W celu walidacji modeli wykonano pomiary laboratoryjne na dwóch stanowiskach badawczych: prostym odcinku kanału z bezodpływową odnogą w postaci prostokątnej kawerny (2D) oraz w modelu zbiornika ze swobodną powierzchnią o prostej geometrii (3D). Na końcu poddano analizie przepływ w rzeczywistym zbiorniku hodowlanym (3D).

# Research of simplified mathematical models of the water flow in reservoirs

MSc Dzmitry Prybytak

## **Abstract**

The paper is dedicated to the research of mathematical models used in computational hydraulics for describing water flow in reservoirs. The three most popular models were considered – potential flow, Stokes flow and a model described by Navier-Stokes equations of a viscous incompressible fluid flow. For the numerical solution of the first two above-mentioned models, our own computer programs in C++ were implemented, while the finite-difference method (FDM) and the boundary element method (BEM) were used for the two-dimensional case. The modeling of flows described by the Navier-Stokes equations was carried out by use of the OpenFOAM open-source program. Parallel computing implemented by the CUDA technology was applied for Stokes flow in the three-dimensional case. As a result, for the problem of Stokes flow in a cube with a moving wall, calculations were accelerated 333 times.

Our own programs were verified on examples with an analytical solution: Poiseuille flow, Taylor–Couette flow, potential flow around a cylinder. The maximum relative error did not exceed 5%. For model validation, laboratory measurements were carried out using two test stands – a straight channel sector with a no-run-off arm in the form of a rectangular cavern (2D) and a model of a simple geometry tank with a free surface (3D). Finally, the water flow in a rearing tank model was analyzed (3D).