

Abstract teză

Teza reprezintă un studiu CFD bazat pe analiza numerică și experimentală a curgerii în regim vâscos tranzitoriu în jurul unui cilindru imersat într-un canal cu suprafață liberă. Scopul principal al lucrării este analiza și cuantificarea influenței suprafeței libere asupra: a) structurii curgerii în vecinătatea cilindrului, b) repartiției punctelor critice (punctele de impact și punctele de desprindere) pe cilindru, și c) valorilor coeficienților de rezistență la înaintare, portanță și de presiune. Curgerea vâscoasă studiată este tranzitorie-turbulentă, $5000 < Re < 10000$, și se încadrează în categoria regimurilor de mișcare cu suprafață liberă subcritice, $Fr < 1$.

Lucrarea conține două aplicații ale curgerii în jurul corpurilor imersate. Prima aplicație este curgerea în jurul cilindrului aflat într-un domeniu infinit, „*benchmark problem*”, considerată o problemă fundamentală de mecanica fluidelor. Scopul modelării numerice a fost alegerea modelului CFD corespunzător. Pentru asta s-au comparat rezultatele obținute numeric, și anume: spectrul curgerii, unghiurile la care se găsesc punctele critice pe cilindru, forța de rezistență la înaintare și forța portantă, distribuția coeficientul de presiune, cu rezultatele experimentale și numerice din literatura de specialitate.

Cea de-a doua aplicație este curgerea cu suprafață liberă în jurul corpurilor imersate. S-au realizat studii numerice și experimentale. În primul rând s-a modelat curgerea cu suprafață liberă în canal în prezența deversorului, folosindu-se tehnica vizualizărilor directe și procedura PIV. S-a urmărit alegerea corectă a modelului numeric prin compararea formei suprafeței libere cu cea obținută din vizualizările experimentale. Studiul principal a fost modelarea curgerii cu suprafață liberă în jurul corpurilor imersate în canal: cilindrul circular și deversor. În toate cazurile studiate, datele experimentale au fost însoțite de simulări numerice. Studiul numeric al curgerii cu suprafață liberă s-a realizat folosind codul FLUENT și modelul VOF pentru calculul suprafeței libere.

Simulările numerice s-au realizat pentru mai multe solve, condiții la limită și geometrii, respectiv discretizări ale domeniului de curgere. Alegerea procedurii optime de reprezentare și modelare a curgerii s-a realizat prin corelarea permanență a soluțiilor numerice cu investigațiile și măsurătorile experimentale. Prezenta teză se axează pe modelarea suprafeței libere dintre apă și aer și stabilirea interacțiunii dintre suprafața liberă și cinematica curgerii din vecinătatea cilindrului imersat. Se urmărește: (i) determinarea experimentală și numerică a punctelor de desprindere a stratului limită de pe cilindru, (ii) stabilirea spectrului curgerii aval de cilindru (analiza câmpurilor de viteze și de vorticitate din vecinătatea corpului) și (iii) influența pe care o au parametrii curgerii asupra coeficienților de rezistență la înaintare și presiune a cilindrului.

În final se propune o procedură CFD pentru analiza hidrodinamică a curgerilor dezvoltate în jurul corpurilor imersate aflate în apropierea suprafețelor libere.

Se consideră că rezultatele cercetării desfășurate au o importanță teoretică și un potențial aplicativ ridicat, cu precădere în domeniul interacțiunii fluid – structură, în special la construcțiile structurii platformelor marine, turbinelor marine, la barajele gonflabile, la turbinele hidraulice, prin determinarea forțelor de presiune, de rezistență la înaintare și portanță ce acționează asupra corpurilor imersate.

Thesis abstract

The thesis consists of a CFD study dedicated to the numerical modeling and experimental investigations of the free surface viscous flow around an immersed cylinder. The motion takes place in the transitory sub-critic regime with the characteristic Reynolds and Froude numbers in the following ranges: $5000 < Re < 10000$, respectively $Fr < 1$.

The main goals of the work is the analysis of the free surface influences on: a) the flow pattern in the vicinity of the cylinder, b) the distribution of the impact and separation critical points on the cylinder surface, c) the values of drag, lift and pressure coefficients.

The thesis contains two particular cases of the flow around immersed bodies. The first case is the flow around a cylinder in an finite 2D domain, in the absence of the free surface (a *benchmark problem* in fluid mechanics). The aim of the study was to test the capabilities of different FLUENT solvers and the influences of boundary conditions on the numerical results. The obtained solutions for the flow spectrum, location of critical points, drag and lift forces, distribution of pressure coefficient where compared and analyzed in the context of experimental and numerical simulations published in literature.

The principal application of the work consists in experimental and numerical studies of the flow around an immersed cylinder, in the presence of free surface. The experiments are performed in a 2D channel, the flow rate and the fluid (water) height up-stream the body being controlled by a weir. Have been performed qualitative direct visualizations of the flow patterns and quantitative PIV measurements of the velocity magnitude. The experiments at different Reynolds and Froude numbers are compared with the corresponding numerical solutions, one major aim of the study being the numerical reproducibility of the visualized free surface in vicinity of the cylinder.

Numerical simulations are performed with laminar and turbulent solvers implemented in FLUENT, using the VOF code for the calculation of the free surface geometry. Different meshes of 2D and 3D geometries are tested to find the optimum correlation between the numerical results, experiments and computation time. The target of the work is to establish the interaction between the free surface and the flow kinematics around the cylinder, in particular to determine: (i) the boundary layer profile and the location of critical points, (ii) the flow spectrum down-stream the cylinder (e.g. velocity, vorticity and turbulent intensity fields developed in the wake), (iii) the influence of computed flow parameters on the drag and pressure coefficients acts on the cylinder.

At the end, is proposed a complete CFD procedure to analyze the hydrodynamics of the flows developed around the immersed bodies in vicinity of free surface.

The numerical simulations are consistent with the experimental investigations, the present results proving the value of CFD analyses of complex flows, developed on the base of the permanent correlation and interaction between experiments and numerics. The thesis may be considered a novel contribution in Romania in the domain of fluid - structure interaction, with potential applications in the area of marine platforms, marine turbines, inflatable barrages, hydraulic turbines, by determination of the pressure, drag and lift force that take action on the immersed bodies.