

ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΤΕΧΝΙΚΩΝ ΑΡΙΘΜΗΤΙΚΗΣ ΑΝΑΛΥΣΗΣ ΓΙΑ ΤΗ ΛΥΣΗ ΤΗΣ ΡΟΪΚΗΣ ΣΥΝΑΡΤΗΣΗΣ ΚΑΙ ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΑΠΛΩΝ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΙΚΩΝ ΚΩΔΙΚΩΝ ΓΙΑ ΑΠΕΙΚΟΝΙΣΗ ΡΟΪΚΩΝ ΠΕΔΙΩΝ

Ανδρέας Ιων Ταμπάκης

A.M. 1051355

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Σε αυτή την εργασία έγινε υπολογιστική και θεωρητική μελέτη ρευστομηχανικής. Στο πρώτο κεφάλαιο έγινε μια εισαγωγή στις εξισώσεις που περιγράφουν την ροή ρευστών. Δίνονται αποδείξεις για τις εξισώσεις ενέργειας, ορμής και την εξίσωση συνέχειας σε διατηρητική και μη διατηρητική μορφή. Επίσης γίνεται ανάλυση στη σημαντικότητα των συνοριακών συνθηκών και στην κατηγοριοποίηση των μερικών διαφορικών εξισώσεων ανάλογα με τα φυσικά φαινόμενα που περιγράφουν.

Στο δεύτερο κεφάλαιο, έγινε ανάλυση της μεθόδου πεπερασμένων διαφορών και της μεθόδου πεπερασμένου όγκου. Ιδιαίτερη έμφαση δόθηκε στην περιγραφή της αστρόβιλης, ασυμπίεστης και χωρίς ιξώδες ροής η οποία περιγράφεται από την εξίσωση Laplace.

Στο τρίτο κεφάλαιο γίνονται όλες οι υπολογιστικές εφαρμογές. Κατασκευάστηκαν διάφορα προγράμματα στην γλώσσα Python για την προσομοίωση της ροής αστρόβιλου, ασυμπίεστου και χωρίς ιξώδες ρευστού. Η πρώτη εφαρμογή έγινε με βάση τις συνοριακές συνθήκες του προβλήματος που λύθηκε αναλυτικά στο προηγούμενο κεφάλαιο και τα αποτελέσματα ήταν πολύ ικανοποιητικά. Έγινε προσομοίωση της ροής σε μη ορθογώνιες γεωμετρίες σε ροές που είναι γνωστές και τα αποτελέσματα είναι πολύ ικανοποιητικά. Στην συνέχεια δημιουργήθηκαν μεγάλες πλεγματικές διατάξεις με ορθογώνια παραλληλόγραμμα σε διάφορους προσανατολισμούς και μεγέθη να παρεμβάλλονται στην ροή. Η ροή είχε τα

αναμενόμενα αποτελέσματα, τα οποία συγκρίθηκαν με γνωστά πειράματα. Στην συνέχεια των υπολογιστικών εφαρμογών μελετήθηκε η ροή ανάμεσα από 2 ορθογώνια παραλληλόγραμμα. Σε κάθε υπολογιστική εφαρμογή τα σχήματα είχαν διαφορετικό μέγεθος και αποστάσεις μεταξύ τους. Στην τελευταία εφαρμογή έγινε μελέτη της ροής ανάμεσα από 4 και 5 τετράγωνα σε διαφορετικές διατάξεις. Με βάση τις προηγούμενες προσομοιώσεις και τα αποτελέσματα είμαστε σε θέση να γνωρίζουμε ότι οι προσομοιώσεις σε φαράγγια δρόμου είναι σωστή.

Τέλος, στο πέμπτο κεφάλαιο έγινε μελέτη της ροής ρύπων μέσα σε φαράγγια δρόμων. Αυτή η μελέτη βασίστηκε στην εργασία CFD MODELLING OF AIR POLLUTION MOTION INSIDE A BUILDING BLOCK, η οποία δημοσιεύτηκε από μέλη του εργαστηρίου μηχανικής ρευστών. Σε αυτή την ανάλυση μελετήθηκε η ροή των ρύπων CO₂, CH₄, NO₂, για διαφορετικές ταχύτητες, με την χρήση του εμπορικού πακέτου Fluent.

Λέξεις κλειδιά

Υπολογιστική Ρευστοδυναμική, Ροή ρύπων, Αριθμητικές μέθοδοι, Μέθοδος πεπερασμένων διαφορών, εξίσωση Laplace

APPLICATION OF NUMERICAL ANALYSIS TECHNIQUES FOR THE SOLUTION OF THE STREAM FUNCTION AND DEVELOPMENT OF SIMPLE COMPUTATIONAL CODES FOR THE FLOW VISUALISATION OF THE FLOW FIELDS

Andreas Ion Tabakis

ABSTRACT

In this dissertation, computational and theoretical study of fluid mechanics was performed. In the first chapter an introduction was made to the equations describing the fluid flow. Complete proofs are given for the equations of energy, momentum and the equation of continuity in conservative and non-conservative form. There is also an analysis of the importance of boundary conditions and the categorization of partial differential equations according to the physical phenomena they describe.

In the second chapter, the finite difference methods and the finite volume method were analyzed. Emphasis was placed on the description of irrotational, incompressible and inviscid flow which is described by the Laplace equation.

In the third chapter computational simulations are done. Various programs have been developed in the Python programming language to simulate the flow of irrotational, incompressible inviscid fluid flow. The first application was made based on the boundary conditions of the problem that was solved analytically in the previous chapter and the results were very satisfactory. Then flows of famous experiments in non-orthogonal geometries simulated and

the results are very satisfactory. Large lattice mesh grids were created with rectangular rectangles in various orientations and sizes to be inserted into the flow. The flow had the expected results, which were compared with known experiments. Then the flow between 2 parallelograms was studied by the computer simulations. In each computer application the shapes had different sizes and distances from each other. In the last application, the flow between 4 and 5 squares in different arrangements was studied. Based on the previous simulations and the results we can know that the simulations in street canyons are correct.

Finally, in the fifth chapter we study the flow of pollutants through street canyons. This study was based on “CFD MODELLING OF AIR POLLUTION MOTION INSIDE A BUILDING BLOCK”, which was published by members of fluids mechanics laboratory, Mechanical Engineering and Aeronautics, University of Patras. In this analysis we studied, the flow of CO₂, CH₄, NO₂ pollutants for different speeds was studied, using the commercial package Fluent.

Key Words

Computational Fluid Dynamics, Pollutants flow, Numerical Methods, Finite difference method, Laplace equation