

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΠΑΤΡΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΩΝ ΚΑΙ ΑΕΡΟΝΑΥΠΗΓΩΝ
ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ

Τομέας Ενέργειας, Αεροναυτικής και Περιβάλλοντος
Εργαστήριο Μηχανικής των Ρευστών και Εφαρμογών αυτής

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

Υπολογιστική Διερεύνηση Διφασικής Ροής Αέρα-Νερού σε
Στραγγαλιστικά Όργανα Μέτρησης Παροχής (Ακροφύσιο και
Σωλήνας Venturi) με Χρήση του CFD Κώδικα Fluent

ΒΟΥΡΗΣ ΠΕΤΡΟΣ / Α.Μ.:5434
ΣΜΥΡΝΙΩΤΑΚΗΣ ΒΑΣΙΛΕΙΟΣ / Α.Μ.:5526

Επιβλέποντες:

ΜΑΡΓΑΡΗΣ ΔΙΟΝΥΣΙΟΣ / Αναπληρωτής Καθηγητής
ΔΟΥΒΗ ΕΛΕΝΗ / Μεταπτυχιακή Φοιτήτρια

ΠΕΡΙΛΗΨΗ ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

Σκοπός της παρούσας διπλωματικής εργασίας είναι η υπολογιστική διερεύνηση της διφασικής ροής αέρα-νερού σε στραγγαλιστικά όργανα μέτρησης παροχής (ακροφύσιο και σωλήνας Venturi).

Τα ακροφύσια και οι σωλήνες Venturi είναι συσκευές μέτρησης παροχής των ρευστών. Μαζί με το διάτρητο διάφραγμα βρίσκονται στην κατηγορία των παροχόμετρων διαφοράς πίεσης (ή οργάνων στραγγαλισμού της ροής). Η βασική αρχή λειτουργίας τους στηρίζεται στην πτώση πίεσης που δημιουργούν, αφού αναγκάζουν το ρέον ρευστό να διέλθει μέσω μιας στένωσης. Πρέπει να αναφερθεί ότι ένα σημαντικό ποσό της πτώσης πίεσης παραμένει μη ανακτήσιμο, αφού η πίεση μετά το όργανο είναι πάντα μικρότερη αυτής πριν το όργανο.

Για την υπολογιστική ανάλυση της διφασικής ροής αέρα- νερού μέσα από τα προαναφερθέντα στραγγαλιστικά όργανα χρησιμοποιήθηκε το εμπορικό λογισμικό πακέτο FLUENT 6.3.26. Για την δημιουργία του πλέγματος χρησιμοποιήθηκε το σχεδιαστικό πρόγραμμα προεπεξεργασίας Gambit 2.4.6. Η επεξεργασία των αποτελεσμάτων της προσομοίωσης έγινε χρησιμοποιώντας το Microsoft Office Excel 2007.

Τα πλέγματα που χρησιμοποιήθηκαν για τις προσομοιώσεις είναι δομημένα στο μεγαλύτερο μέρος τους και σε κάποια σημεία του ακροφυσίου είναι αδόμητα. Δημιουργήθηκαν δύο διαφορετικά μοντέλα για κάθε στραγγαλιστικό μέσο. Στο πρώτο μοντέλο η μεταβολή της διαμέτρου είναι από τα 100mm στα 50mm ενώ στο δεύτερο από τα 100mm στα 70mm. Στο ακροφύσιο το πρώτο μοντέλο αποτελείται από 5200 κελιά ενώ το δεύτερο από 3750. Στο σωλήνα Venturi και τα δύο μοντέλα αποτελούνται από 10800 κελιά.

Στο λογισμικό πακέτο Fluent προσομοιώθηκε η διφασική ροή αέρα-νερού και εξετάστηκε σε διάφορες περιπτώσεις. Σε πρώτη φάση ορίστηκαν οι αρχικές συνθήκες της ροής και μελετήθηκαν τρεις διαφορετικές ταχύτητες ροής (5,10 και 15m/s). Για κάθε μία από αυτές καλύφθηκε κάθε πιθανό κλάσμα όγκου αέρα-νερού(0,1 έως 0,9 με ακρίβεια δεκαδικού) και εφαρμόστηκαν τρία διαφορετικά μοντέλα τύρβης (Eulerian k-ε, Mixture k-ε και Spallart-Allmaras).

Έχοντας τα αποτελέσματα παρατηρήθηκε ότι οι διαφορές μεταξύ των ποσοστών μίξης αέρα-νερού, για την ίδια ταχύτητα εισαγωγής του μίγματος, είναι πολύ μικρές. Όπως αναμενόταν, υπάρχει απότομη αύξηση της ταχύτητας στην είσοδο των στραγγαλιστικών οργάνων. Μετά την έξοδο του ακροφυσίου, στη διατομή με τη μικρή στένωση (5cm) φαίνεται ότι, η ταχύτητα στο εξεταζόμενο μήκος του ροϊκού πεδίου παραμένει σταθερή χωρίς να μειώνεται στο επίπεδο της αρχικής τιμής, ενώ στη διατομή με τη μεγάλη στένωση (7cm) μειώνεται και παραμένει σταθερή σε τιμές λίγο μεγαλύτερες από την αρχική. Αντίστοιχα, στο σωλήνα Venturi, η ταχύτητα στη διατομή με τη μικρή στένωση (5cm) μειώνεται καθώς το μίγμα αέρα-νερού απομακρύνεται από την έξοδο του σωλήνα Venturi και μένει σταθερή σε τιμές που είναι λίγο μεγαλύτερες από την αρχική, ενώ στη διατομή με τη μεγάλη στένωση (7cm), η ταχύτητα μειώνεται καθώς το μίγμα απομακρύνεται από την έξοδο του σωλήνα Venturi και παραμένει σταθερή και ίση με την αρχική. Επίσης παρατηρήθηκε μια απόκλιση, στις τιμές μεταξύ των μοντέλων τύρβης Eulerian,k-ε και Mixture,k-ε της τάξης του 3,99% για τη διατομή «10-5» και 0,34% για τη διατομή «10-7» στο ακροφύσιο, ενώ στο σωλήνα Venturi η απόκλιση ήταν της τάξης 1,21% και 0,28% αντιστοίχως. Μέσα από τη προσομοίωση παρατηρήθηκε ότι το μοντέλο τύρβης Mixture, Spallart-Allmaras δεν ήταν εφικτό να εφαρμοστεί λόγω των αντιστροφών ροής που υπήρχαν στα στραγγαλιστικά όργανα. Οι αντιστροφές ροής παρατηρήθηκαν στις εξόδους των στραγγαλιστικών οργάνων και σε μεγαλύτερο βαθμό στο ακροφύσιο εξαιτίας της γεωμετρίας του.

Ανακεφαλαιώνοντας αναφέρεται ότι στην εργασία αρχικά γίνεται εισαγωγή του θέματος και έπειτα αναλύονται στοιχεία θεωρίας για τη ροή των ρευστών(στρωτή και τυρβώδης), τα μοντέλα τύρβης που χρησιμοποιούνται, τη διφασική ροή και τα στραγγαλιστικά όργανα. Έστερα, περιγράφεται αναλυτικά η διαδικασία κατασκευής του πλέγματος και η διαδικασία επίλυσής του στο FLUENT. Τέλος, παρουσιάζονται τα αποτελέσματα της υπολογιστικής διαδικασίας και γίνεται αναλυτικός σχολιασμός τους.

ΛΕΞΕΙΣ ΚΛΕΙΔΙΑ:

Υπολογιστική διερεύνηση, Διφασική ροή, Στραγγαλιστικά όργανα, Ακροφύσιο, Σωλήνας Venturi

UNIVERSITY OF PATRAS
DEPARTMENT OF MECHANICAL ENGINEERING &
AERONAUTICS
DIVISION OF ENERGY, AERONAUTICS & ENVIRONMENT
FLUID MECHANICS LABORATORY

Diploma thesis
COMPUTATIONAL MODELLING OF TWO-PHASE AIR-WATER
FLOW IN PRESSURE DROP INSTRUMENTS FOR
FLOW MEASUREMENTS (NOZZLE AND VENTURI TUBE) BY
APPLYING THE CFD CODE FLUENT

VOURIS PETROS / ID: 5434
SMYRNIOTAKIS VASILEIOS / ID: 5526

Supervisors:

MARGARIS DIONYSIOS / Associate Professor

DOUVI ELENi / PhD Student

Abstract

The aim of this diploma thesis is the computational investigation of air-water two-phase flow in choke flow measuring instruments (nozzle and Venturi tube).

Nozzles and venturi tubes are devices for measuring the flow rate of fluids. With the orifice, they are in the category of differential pressure transducers (or choke flow instruments). Their basic principle of operation is based on the pressure drop they create, as they force the flowing fluid to pass through a constricted section. It should be noted that a significant amount of pressure drop remains unrecoverable, since the pressure after the instrument is always lower than that before it.

For the computational analysis of the air-water two-phase flow through the choke flow devices mentioned above, the commercial software package FLUENT 6.3.26 was used. For the creation of the mesh the pre-processing program Gambit 2.4.6 was utilized. The computational results processing was accomplished by Microsoft Office Excel 2007.

The meshes used for the simulations are structured in their biggest part and unstructured close to the nozzle. Two different models were created for each choke flow device. In the first model, the change in diameter is from 100mm to 50mm while in the second from 100mm to 70mm. The mesh of the first model for the nozzle consists of 5200 cells while the second from 3750 cells. For the Venturi tube both models consist of 10800 cells.

The air-water two-phase flow was simulated in Fluent software package and various cases were examined. Firstly, the initial conditions of the flow were defined, and three different flow velocities (5, 10 and 15m/s) were studied. For each case, every possible air-

water volume fraction was examined (0.1 to 0.9 to the nearest decimal place) and three different turbulence models were applied (Eulerian k-e, Mixture k-e and Spalart-Allmaras).

From the results it was observed that the differences between the air-water mixing rates are very small, for the same velocity inlet of the mixture. There is a sharp increase in velocity at the entrance of the choke flow devices, as it was expected. After the nozzle exit, at the cross-section with the small constriction (5cm) it appears that the velocity at the considered length of the flow field remains constant without decreasing to the level of the initial value, while at the cross-section with the large constriction (7cm) it decreases and remains constant at values slightly higher than the initial value. Respectively, in the Venturi tube, the velocity at the cross-section with the small constriction (5cm) decreases as the air-water mixture moves away from the Venturi tube outlet and remains constant at values slightly higher than the initial, while at the cross-section with the large constriction (7cm), the velocity decreases as the mixture moves away from the outlet of the Venturi tube and remains constant and equal to the initial value.

Moreover, a deviation of the values was observed between the turbulence models Eulerian, k-e and Mixture, k-e of the order of 3.99% for the section "10-5" and 0.34% for the section "10-7" in the nozzle, while in the Venturi tube the deviation was about 1.21% and 0.28% respectively. From the simulation it was observed that the turbulence model Mixture Spalart-Allmaras was not possible to apply due to the reverse flow that existed in the choke flow devices. The reverse flows were observed on the flow outlets of the instruments and in a greater degree in the nozzle, due to its geometry.

Summarizing, in this diploma thesis the topic is introduced at first and then follows the theory of fluid flows (laminar and turbulent), and analysis of the turbulence models that were used, the two-phase flow and the choke flow devices. The description of grid creation and simulation in Fluent follows next. Finally, the computational results are presented and discussed in detail.

Key Words:

Computational investigation, Two-phase Flow, Pressure drop instruments, Nozzle, Venturi tube