



ΕΘΝΙΚΟ
ΜΕΤΣΟΒΙΟ
ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ

ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ

Α.Π. : 61895
Αθήνα, 12/12/22

ΚΟΣΜΗΤΟΡΑΣ

Προς τα Μέλη ΔΕΠ της
Σχολής Μηχ/γων
Μηχ/κών

ΠΡΟΣΚΛΗΣΗ

Σας προσκαλούμε στην παρουσίαση της Διδακτορικής Διατριβής του Υ.Δ. κ. Μουλινού Ιωσήφ του Κωνσταντίνου, Διπλωματούχου Μηχανολόγου Μηχανικού του ΕΜΠ, την οποία εκπόνησε στον Τομέα Ρευστών. Η παρουσίαση θα πραγματοποιηθεί την Πέμπτη 22 Δεκεμβρίου ώρα 12:00 το μεσημέρι στο εργαστήριο Αεροδυναμικής της Σχολής διαδικτυακά στην πλατφόρμα Teams με ιδρυματικό κωδικό **1yrc79p**. Ο τίτλος της Διδακτορικής Διατριβής είναι ο εξής:

*«ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΙΚΗ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗ ΕΛΕΓΧΟΥ ΡΟΩΝ ΜΕ ΤΗ ΜΕΘΟΔΟ ΤΟΥ
ΕΜΒΑΠΤΙΣΜΕΝΟΥ ΟΡΙΟΥ»*

Ο Κοσμήτορας της Σχολής

N. Μαρμαράς
Καθηγητής Ε.Μ.Π.



Υπολογιστική προσομοίωση ελέγχου ροών με τη μέθοδο του εμβαπτισμένου ορίου

Ιωσήφ Μουλίνος

Επιβλέπων: Σωκράτης Τσαγγάρης, Ομ. Καθηγητής ΕΜΠ

Περίληψη

Ο έλεγχος ροής αποτελεί την απώτερη εφαρμογή της ρευστοδυναμικής. Μη παραμορφώσιμα και παραμορφώσιμα κινούμενα στερεά μέρη χρησιμοποιούνται σε πληθώρα τεχνικών ρύθμισης των παραμέτρων και των χαρακτηριστικών της ροής. Η υπολογιστική πρόλεξη ροών αυτού του είδους μέσω κλασσικών μεθόδων με προσαρμογή στο σώμα, απαιτεί την επαναγένεση του υπολογιστικού πλέγματος για κάθε νέο βήμα στο πεδίο του διακριτού χρόνου. Στον αντίποδα, οι μέθοδοι εμβαπτισμένου πλέγματος επιτυγχάνουν ολοκλήρωση στο χρόνο των εξισώσεων ροής για μεταβαλλόμενη στον χρόνο γεωμετρία χωρίου ρευστού, χρησιμοποιώντας ταυτόσημο υποκείμενο πλέγμα κατά τον υπολογισμό.

Στην προσέγγιση δομημένου πλέγματος, η κλάση των γεωμετρικών πεδίων στα οποία το πλέγμα είναι προσαρμόσιμο, επεκτείνεται σημαντικά για την οικογένεια των καμπυλόγραμμων πλεγμάτων εν συγκρίσει με εκείνη των Καρτεσιανών. Η προσαρμογή του υποκείμενου πλέγματος στο σταθερό τμήμα του ορίου του πεδίου ρευστού είναι επιθυμητό χαρακτηριστικό καθώς επιτρέπει την άμεση επιβολή των οριακών συνθηκών, επιτυγχάνοντας μειωμένη πολυπλοκότητα της διαδικασίας. Το προκύπτον σχήμα σε αυτή την περίπτωση παρουσιάζει επίσης αυξημένη ακρίβεια για μεθόδους εμβαπτισμένου ορίου που εφαρμόζουν σχήματα προσέγγισης στις εμβαπτισμένες επιφάνειες.

Στην παρούσα διατριβή εφαρμόζεται μία δομημένη, καμπυλόγραμμη μέθοδος εμβαπτισμένου ορίου, επεκτεταμένη με χαρακτηριστικά αλληλεπίδρασης ρευστού-στερεού, για την ανάλυση του ελέγχου ροής με μία πλειάδα τεχνικών:

- Μόνιμη και μη μόνιμη αποκολλημένη ροή σε αλληλεπίδραση με ενεργά και παθητικά κινούμενες επιφάνειες
- Περισταλτική κίνηση γενικευμένων Νευτώνειων ρευστών
- Παλμική ροή από ταλαντούμενη μεμβράνη.

Η έρευνα προσανατολίζεται στην κατεύθυνση των ερωτήσεων:

- Πώς μπορεί να μειωθεί το μήκος της αποκολλημένης ροής μέσω ενός κινούμενου τμήματος της επιφάνειας πάνω από την οποία το οριακό στρώμα είναι αποκολλημένο;
- Πόσο αποδοτικός είναι ο έλεγχος της ανακυκλοφορίας μέσω παθητικής μεμβράνης;
- Ποια είναι η επίδραση της ταχύτητας, του πλάτους και του πλήθους κορυφών του περισταλτικού κύματος στην αποδοτικότητα μεταφοράς;

- Πώς συμπεριφέρονται κατά την περίσταλη τα διατμητικά λεπτυνόμενα ρευστά σε σύγκριση με τα Νευτώνεια ρευστά;
- Πώς επηρεάζει το πλάτος ταλάντωσης της μεμβράνης την πίεση εξόδου αντλίας μπαλονιού;
- Ποιοι παράγοντες καθορίζουν την διαφορά φάσης μεταξύ των κυμάτων ρυθμού αλλαγής όγκου του μπαλονιού και πίεσης εξόδου;

Η μέθοδος εμβαπτισμένου ορίου που χρησιμοποιήθηκε προτείνεται ως κατάλληλη για την προσομοίωση των μεθόδων χειραγώγησης της ροής που μελετώνται. Η πρόλεξη με την μέθοδο εμβαπτισμένου ορίου, κατόπιν επέκτασης για γενικευμένα Νευτώνεια ρευστά, εμφανίζει υψηλό βαθμό σύμπτωσης με τα αποτελέσματα που λαμβάνονται από προσομοίωση με τις κλασσικές μεθόδους. Εισάγεται η ελαστική μεμβράνη για τον έλεγχο της αποκολλημένης ροής και αναλύεται η αλληλεπίδραση ρευστού - στερεού της μόνιμης και της μη μόνιμης ροής με το παθητικό μέσο. Παραμετρική διερεύνηση του πλήθους των αντιγράφων του κύματος συστολής για ευθύγραμμη περισταλτική αντλία αναδεικνύει τα πλεονεκτήματα της πολυκύλινδρης διάταξης. Ευάριθμα ρευστά ενδιαφέροντος, όπως το αίμα είναι μη Νευτώνεια. Ερευνάται η επίδραση της συμπεριφοράς διατμητικής λέπτυνσης στις χαρακτηριστικές άντλησης. Παρουσιάζεται η απόδοση ως προς την πίεση εξόδου και το χρονομεταβλητό πεδίο ροής για άντληση μέσω μπαλονιού σε ευθύγραμμη αρτηρία.