



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΔΥΤΙΚΗΣ ΜΑΚΕΔΟΝΙΑΣ
ΠΟΛΥΤΕΧΝΙΚΗ ΣΧΟΛΗ
ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

(του τμήματος Μηχανολόγων Μηχανικών & Βιομηχανικού Σχεδιασμού – Μηχανολόγων Μηχανικών του πρώην ΤΕΙ Δυτικής Μακεδονίας)

Με τίτλο: ΤΟ ΦΑΙΝΟΜΕΝΟ COANDA

Των: ΛΑΜΤΣΓΙΑ ΜΠΡΙΣΙΑΝΤΑ-ΜΠΑΚΙΡΤΖΟΓΛΟΥ ΓΕΩΡΓΙΑ



Επιβλέπων Καθηγητής: ΣΙΔΕΡΙΔΗΣ ΓΕΩΡΓΙΟΣ

ΚΟΖΑΝΗ ΜΑΡΤΙΟΣ 2023

Ευχαριστίες

Θέλουμε να εκφράσουμε την ευγνωμοσύνη μας αρχικά στις οικογένειές μας που μας στήριξαν αυτά τα 4 χρόνια ψυχολογικά αλλά και οικονομικά ώστε να μπορέσουμε να επικεντρωθούμε στα μαθήματά μας και στις απαιτήσεις της σχολής, για την στήριξή τους σε κάθε μας επιλογή αλλά και για την υπομονή τους για τον δύσκολο καιρό που διανύουμε, αυτόν της πανδημίας.

Ευχαριστούμε πολύ τον επιβλέποντα καθηγητή για την αφιέρωση του πολύτιμου χρόνου ώστε να μπορέσει να ολοκληρωθεί η εργασία μας.

Είμαστε χαρούμενες και ευγνώμων που μπορέσαμε να συνεργαστούμε και να φέρουμε εις πέρας την εργασία αυτή. Υπήρξε καλή συνεννόηση μεταξύ μας και καταφέραμε να ανταπεξέλθουμε στις δυσκολίες που προέκυψαν με υπομονή και θέληση, ώστε να έχουμε ένα καλό αποτέλεσμα.

Περίληψη

Το φαινόμενο Coanda είναι πανταχού παρόν στην αεροδυναμική και πρόσφατα έχει λάβει νέα προσοχή για μια σειρά πιθανών χρήσεων, συμπεριλαμβανομένης της δημιουργίας παλμών ανύψωσης και ελιγμών για χρήση σε μη επανδρωμένα εναέρια οχήματα και Micro εναέρια οχήματα. Στην συγκεκριμένη πτυχιακή θα αναλυθεί πλήρως το φαινόμενο Coanda, ξεκινώντας από την γενική του περιγραφή, την ιστορική διαδρομή και ζωή του καθώς και τις πολλαπλές εφαρμογές του σε διάφορους τομείς. Ακόμα, θα αναλυθούν οι πολλαπλές του χρήσεις καθώς και ο έλεγχος ροής του γύρω από αεροτομές. Επιπλέον, θα αναλυθεί μια νέα αρχιτεκτονική αεροσκαφών. Στη πορεία θα αναπτυχθούν τα πλεονεκτήματα και τα μειονεκτήματα του φαινομένου Coanda και τέλος θα ακολουθήσει η ανάλυση του στα μη επανδρωμένα οχήματα και στα micro εναέρια οχήματα.

Abstract

The Coanda effect is ubiquitous in aerodynamics and has recently received renewed attention for a number of potential uses, including the generation of lift and maneuver pulses for use in unmanned aerial vehicles and micro aerial vehicles. In this particular thesis, the Coanda phenomenon will be fully analyzed, starting from its general description, its historical path and life as well as its multiple applications in various fields. Its multiple uses as well as its flow control around airfoils will also be analyzed. In addition, a new aircraft architecture will be analyzed. Along the way, the advantages, and disadvantages of the Coanda effect will be developed and finally its analysis in unmanned vehicles and micro aerial vehicles.

Περιεχόμενα

Ευχαριστίες	2
Περίληψη	3
Abstract.....	4
ΕΙΣΑΓΩΓΗ	8
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1° - Γενική περιγραφή του φαινομένου Coanda	9
1.1 Τι είναι το φαινόμενο Coanda.....	9
1.2 Μηχανισμός	10
1.3 Χαρακτηριστικά του φαινομένου	11
1.4 Όροι ύπαρξης.....	12
1.5 Επίδειξη του φαινομένου Coanda.....	13
1.6 Κατασκευή ενός δίσκου Coanda	14
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2° - Ιστορική αναδρομή.....	17
2.1 Η ζωή του Coanda	17
2.2 Ανακάλυψη του φαινομένου.....	19
2.3 Η σχέση μεταξύ Bernoulli – Coanda	22
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3° - Εφαρμογές του φαινομένου	25
3.1 Τεχνολογία φτερών ελέγχου κυκλοφορίας.....	25
3.2 Αντocar	26
3.3 Formula 1.....	27
3.4 Φωτοβολίδες.....	30
3.5 Αεροδυναμική.....	31
3.5.1 Έρευνα ελέγχου ροής με την χρήση της επίδρασης Coanda στις αεροτομές	33
3.5.1.1 Αριθμητικές έρευνες ελέγχου κυκλοφορίας σε αεροτομές με τροποποιημένο (τελικό) άκρο	35
3.6 Βιομηχανία.....	36
3.7 Ιατρική.....	38
3.8 Ναυτιλιακή Τεχνολογία	40
3.9 Άλλες Εφαρμογές	42
3.10 Εφαρμογή στην Αεροακουστική.....	45
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4° - Πολλαπλές χρήσεις το φαινομένου Coanda.....	48
4.1 Υδραυλική απόδοση των οθονών επίδρασης Coanda.....	48
4.2 Ρευστά στοιχεία βασισμένα στο φαινόμενο Coanda	49

ΦΑΙΝΟΜΕΝΟ COANDA

4.2.1 Ιστορία των ρευστών στοιχείων.....	49
4.2.2 Η συμβολή του Coanda στα ρευστά στοιχεία.....	50
4.2.3 Ερευνητικό μέρος.....	51
4.2.4 Ταξινόμηση των ρευστών.....	52
4.2.5 Κατασκευή στοιχείου.....	53
4.2.6 Η ανάπτυξη των ρευστών στοιχείων και οι συνέπειες.....	54
4.2.7 Ρουμανικό ερευνητικό πρόγραμμα.....	55
4.2.8 Συμπεράσματα.....	59
4.3 Η συμβολή του φαινομένου Coanda στους εκτοξευτήρες.....	59
4.3.1 Αδιάστατη φόρμα εξίσωσης μεταφοράς ρευστών.....	61
4.3.2 Αποτελέσματα.....	61
4.4 Μειονεκτήματα.....	62
4.4 Πλεονεκτήματα.....	62
Κεφάλαιο 5° - Μία νέα αρχιτεκτονική αεροσκαφών.....	64
5.1 Γενικά.....	64
5.2 Αρχιτεκτονικής ακριφυσίου ACHEON.....	66
5.3 Μοντελοποίηση του φαινομένου Coanda και των ακροφυσίων.....	67
5.4 Αεροσκάφη.....	68
Κεφάλαιο 6°-Μη επανδρωμένα εναέρια οχήματα.....	70
6.1 Coanda σε μη επανδρωμένα εναέρια οχήματα.....	70
6.2 Μη επανδρωμένα εναέρια οχήματα και micro εναέρια.....	72
6.2.1 Μη επανδρωμένο εναέριο Όχημα.....	72
6.2.2 Micro εναέρια οχήματα.....	73
6.3 Coanda Micro εναέρια οχήματα.....	74
6.4 Υπόβαθρο και εξέλιξη Coanda Micro αεροσκαφών.....	75
Συμπεράσματα.....	79
Βιβλιογραφία.....	80
Παραπομπές.....	86

Πίνακας Εικόνων

Εικόνα 1: Φαινόμενο coanda (a).....	9
Εικόνα 2: Διαγράμματα (1-5) που απεικονίζουν τον μηχανισμό που είναι υπεύθυνος για το φαινόμενο Coanda (2).....	11
Εικόνα 3: Ο ορισμός του φαινομένου Coanda (e)	12
Εικόνα 4: Πείραμα για την επιβεβαίωση του φαινομένου Coanda (9).....	13
Εικόνα 5: Δίσκοςcoanda (f)	14
Εικόνα 6: Χαρακτηριστικά του δίσκου Coanda (10).....	15
Εικόνα 7: Μικρός σταθεροποιητής τοποθετημένος κατά 120ο στα αριστερά και ο προσαρμογέας εξόδου αέρα στα δεξιά (10).....	15
Εικόνα 8: Αεροσκάφος Coandă-1910.....	18
Εικόνα 9: Αεροδρόμιο Henri Coanda	19
Εικόνα 10: Thomas Young (b).....	21
Εικόνα 11: Henri Coanda (c)	22
Εικόνα 12: Τρόπος ανύψωσης φτερού (d).....	23
Εικόνα 13: Boeing 707 (g).....	25
Εικόνα 14: Ιπτάμενος δίσκος Avrocar (k)	26
Εικόνα 15: Γωνία επίθεσης της Formula1 (11).....	27
Εικόνα 16: Αεροδυναμική αποτελεσματικότητα της ροής των καυσαερίων (11).....	28
Εικόνα 17: Φωτοβολίδα Coanda (i).....	30
Εικόνα 18: Οθόνη Coanda (l)	48
Εικόνα 19: Σχεδιασμός ρευστού στοιχείου (14).....	53
Εικόνα 20: Μεταλλικό μοντέλο (14)	56
Εικόνα 21: (14)	57
Εικόνα 22: Γεωμετρικές παράμετροι (14)	58
Εικόνα 23: Σχεδιαστικό λογισμικό AnsysFluent (m)	60
Εικόνα 24: Ταχύτητα στο X=0,0 m και στο X=0,55 m (13).....	62
Εικόνα 25: Η λειτουργία μιας αεροτομής (n)	34
Εικόνα 26: (α) Γενική γεωμετρία πλέγματος για ολόκληρο το πεδίο ροής και (β) Κατανομή πλέγματος κοντά στην αεροτομή. (p)	36
Εικόνα 27: Εξέλιξη του πεδίου ροής με γωνία προσβολής 6 μέσω του μοντέλου CNN-DCNN (q).....	36
Εικόνα 28: Πλέγμα γύρω από την αεροτομή (o)	36
Εικόνα 29: Το μικρότερο δίκινητήριο αεροπλάνο (r).....	64
Εικόνα 30: Λεπτομέρεια ακροφυσίουACHEON(5)	67
Εικόνα 31: Μοντέλο Cessna 402 (j)	69

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η πτυχιακή αυτή εργασία αποτελεί την κορύφωση των σπουδών μας στο Πανεπιστήμιο Δυτικής Μακεδονίας (πρώην Τ.Ε.Ι.) στην Κοζάνη, στην σχολή τεχνολογικών εφαρμογών και τμήμα Μηχανολόγων Μηχανικών και Βιομηχανικού Σχεδιασμού, με κατεύθυνση Μηχανολόγων Μηχανικών και αποτελεί εργασία έρευνας (κυρίως στο διαδίκτυο) και καταγραφής ,που περιγράφει αναλυτικά την λειτουργία του φυσικού φαινομένου Coanda και αναφέρει που έχει εφαρμογή το φαινόμενο αυτό.

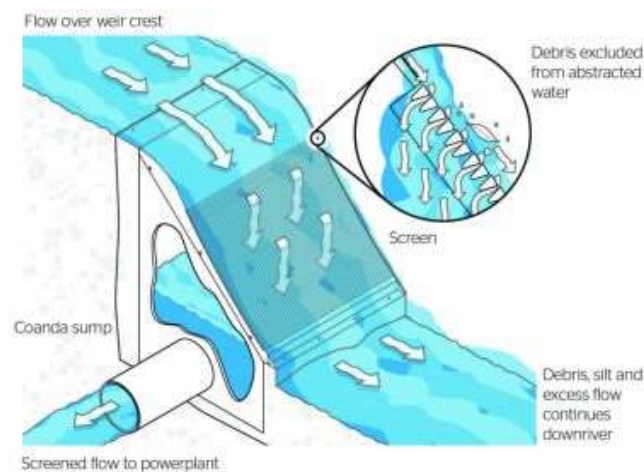
Ξεκινώντας, στο πρώτο κεφάλαιο εξηγείται τι είναι το φαινόμενο Coanda, παρουσιάζεται ο μηχανισμός με τον οποίο λειτουργεί και οι όροι που πρέπει να ισχύουν ώστε να υπάρξει αυτό. Επίσης γίνεται μια επίδειξη του φαινομένου καθώς και μια κατασκευή ενός δίσκου Coanda. Στο δεύτερο κεφάλαιο, περιγράφεται η ιστορική αναδρομή. Αρχικά αναφέρονται λίγα λόγια για την ζωή του Coanda και ακολουθεί η ανακάλυψη του φαινομένου. Ακόμα, γίνονται αναφορές και συγκρίσεις σχετικά με του φαινομένου Coanda με αυτό του Bernoulli. Στη συνέχεια, στο τρίτο κεφάλαιο αναφέρονται μερικές από τις εφαρμογές στις οποίες έχει επίδραση το Coanda. Στο τέταρτο κεφάλαιο καταγράφονται οι πολλαπλές χρήσεις του. Με δύο από αυτές θα ασχοληθούμε. Η πρώτη είναι η υδραυλική απόδοση των οθονών επίδρασης Coanda και η δεύτερη τα ρευστά στοιχεία. Επίσης αναφέρονται τα πλεονεκτήματα και τα μειονεκτήματα του φαινομένου. Στο πέμπτο κεφάλαιο παρουσιάζεται μια νέα αρχιτεκτονική των αεροσκαφών. Τέλος, στο έκτο κεφάλαιο αναλύεται το φαινόμενο Coanda σε μη επανδρωμένα και micro εναέρια οχήματα.

Η εργασία μας στηρίχτηκε σε επιστημονικά κείμενα, και ήταν κατά βάση στον μεγαλύτερο ποσοστό ξενόγλωσσα τα κείμενα. Θέλαμε να δώσουμε βάση και να αναλύσουμε με απλά λόγια το φαινόμενο, για αυτό το λόγο η εργασία μας περιέχει πειράματα, έτσι ώστε να μπορέσουμε να αποδώσουμε στο μέγιστο, τον τρόπο με τον οποίο λειτουργεί το φαινόμενο και φυσικά να γίνει πιο εύκολα κατανοητό.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1^ο - Γενική περιγραφή του φαινομένου Coanda

1.1 Τι είναι το φαινόμενο Coanda

Το φαινόμενο Coanda περιέγραψε ο Ρουμάνος φυσικός Henri- Marie Coanda στις αρχές του 20ου αιώνα. Παρατήρησε ότι ο ατμός αέρα τείνει να ακολουθήσει το σχήμα της κυρτής επιφάνειας από όπου και βγαίνει. Ουσιαστικά το φαινόμενο Coanda είναι η τάση ενός ρευστού πίδακα να παραμένει συνδεδεμένο σε μια κυρτή επιφάνεια. Η εφαρμογή του φαινομένου Coanda, παίζει τον κύριο ρόλο στον σχεδιασμό των απαιτητικών αεροδυναμικών εφαρμογών και θεωρείται ως ο πρωτοπόρος του αεριωθούμενου αεροπλάνου-jet. Επίσης ο Henri Coanda ήταν ο πρώτος που αναγνώρισε την πρακτική εφαρμογή του φαινομένου στο σχεδιασμό αεροσκαφών. [1,2]



Εικόνα 1: Φαινόμενο coanda (a)

Όμως αυτό που φαίνεται να είναι ασυνήθιστο για το φαινόμενο Coanda είναι το γεγονός ότι η ροή υγρού ή αερίου τραβιέται πολύ έντονα από μια καμπύλη επιφάνεια. Μια κοίλη καμπύλη θα ωθήσει φυσικά τη ροή, αλλά μια κυρτή θα αντιδρούσε πολύ έντονα στο υγρό ή το αέριο. Βέβαια αυτό είναι σχετικό και με τον σχεδιασμό του αεροσκάφους.[3]

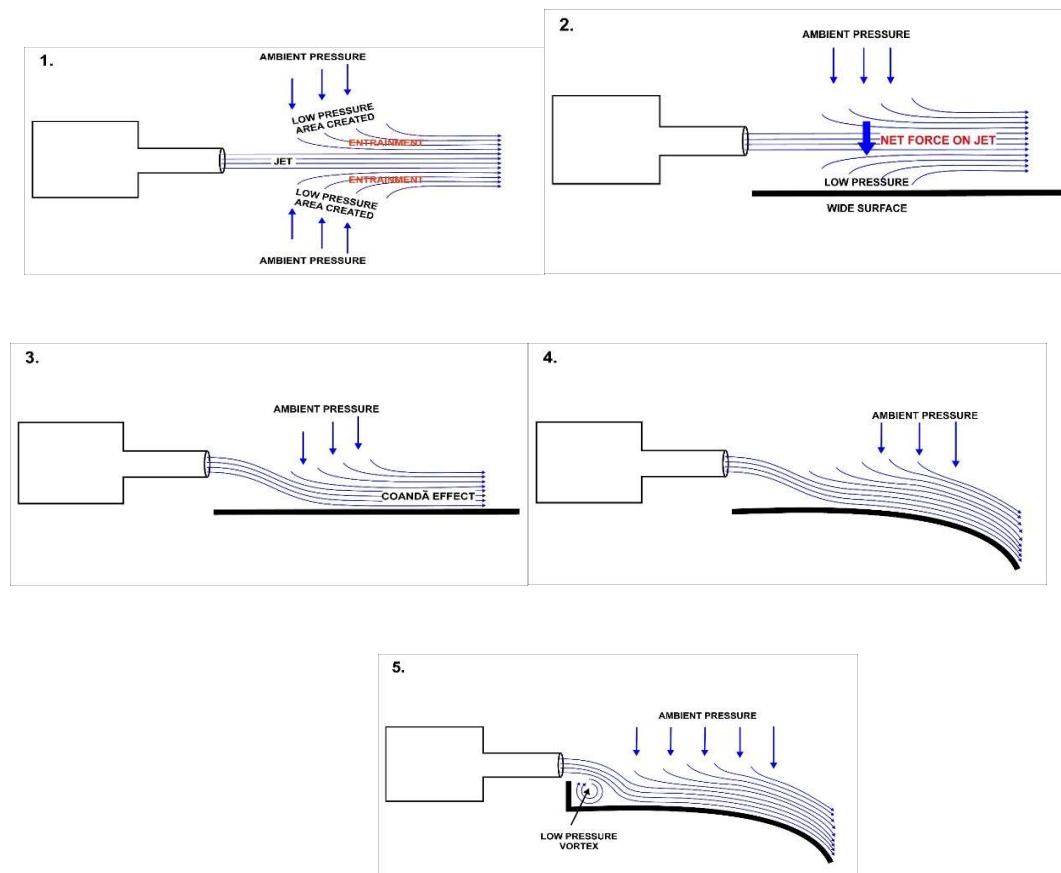
1.2 Μηχανισμός

Ο μηχανισμός με τον οποίο λειτουργεί το φαινόμενο Coanda περιγράφεται παρακάτω.

Ένας ελεύθερος πίδακας αέρα παγιδεύει μόρια αέρα από το άμεσο περιβάλλον του προκαλώντας έτσι έναν άξονα συμμετρικό «σωλήνα» ή «μανίκι» χαμηλής πίεσης γύρω από τον πίδακα (διάγραμμα 1). Οι προκύπτουσες δυνάμεις από αυτόν τον σωλήνα χαμηλής πίεσης καταλήγουν να εξισορροπούν οποιαδήποτε κάθετη αστάθεια ροής, η οποία σταθεροποιεί τον πίδακα σε ευθεία γραμμή. Ωστόσο, εάν μια συμπαγής επιφάνεια τοποθετηθεί κοντά, και περίπου παράλληλα με τον πίδακα (διάγραμμα 2), τότε η απομάκρυνση του αέρα μεταξύ της στερεάς επιφάνειας και του πίδακα προκαλεί μείωση της πίεσης του αέρα στην πλευρά του πίδακα που δεν μπορεί να εξισορροπηθεί τόσο γρήγορα όσο η περιοχή χαμηλής πίεσης στο "άνοιγμα" του τζετ. Η διαφορά πίεσης σε όλο το πίδακα προκαλεί την απόκλιση του πίδακα προς την κοντινή επιφάνεια και στη συνέχεια προσκολλάται σε αυτό (διάγραμμα 3). Ο πίδακας προσκολλάται ακόμα καλύτερα στις καμπύλες επιφάνειες (διάγραμμα 4), επειδή κάθε μικρή σταδιακή αλλαγή προς την κατεύθυνση της επιφάνειας επιφέρει τα αποτελέσματα που περιγράφονται για την αρχική κάμψη του πίδακα προς την επιφάνεια. Εάν η επιφάνεια δεν είναι πολύ απότομα κυρτή, ο πίδακας μπορεί, υπό τις κατάλληλες συνθήκες, να προσκολληθεί στην επιφάνεια ακόμα και αν ρέει 180° γύρω από μια καμπύλη επιφάνεια, πάει προς μια κατεύθυνση αντίθετη προς την αρχική. Οι δυνάμεις που προκαλούν αυτές τις αλλαγές προς την κατεύθυνση της ροής του πίδακα προκαλούν ίση και αντίθετη δύναμη στην επιφάνεια κατά μήκος της οποίας ρέει ο πίδακας.

Αυτές οι δυνάμεις που προκαλούνται από το φαινόμενο Coanda μπορούν να αξιοποιηθούν για να προκαλέσουν ανύψωση και άλλες μορφές κίνησης, ανάλογα με τον προσανατολισμό του πίδακα και την επιφάνεια στην οποία προσκολλάται αυτός. Ένα μικρό «χείλος» στην επιφάνεια όπου ο πίδακας αρχίζει να ρέει από πάνω (διάγραμμα 5) ενισχύει την αρχική απόκλιση της κατεύθυνσης ροής του πίδακα, και στη συνέχεια προσκολλάται στην επιφάνεια. Αυτό προκύπτει από το γεγονός ότι σχηματίζεται μια δίνη χαμηλής πίεσης πίσω από το χείλος, προωθώντας το πέσιμο του πίδακα προς την επιφάνεια. Το φαινόμενο Coanda μπορεί να προκληθεί σε οποιοδήποτε υγρό και, ως εκ τούτου, είναι εξίσου αποτελεσματικό στο νερό όπως και στον αέρα. Μια θερμαινόμενη κλίμακα μειώνει σημαντικά τη μεταφορά.[2]

ΦΑΙΝΟΜΕΝΟ COANDA



Εικόνα 2: Διαγράμματα (1-5) που απεικονίζουν τον μηχανισμό που είναι υπεύθυνος για το φαινόμενο Coanda (2)

1.3 Χαρακτηριστικά του φαινομένου

Το φαινόμενο Coanda έχει να κάνει με την αντανάκλαση των ρευστών γύρω από ένα αντικείμενο. Αν αναλύσουμε όλες τις δυνάμεις και την ατμοσφαιρική πίεση που ασκείται από την ατμόσφαιρα σε πτήση χαμηλής ταχύτητας, ο αέρας θεωρείται όχι μόνο ένα ρευστό, αλλά ένα ασυμπίεστο υγρό. Το ότι ο αέρας είναι ένα ασυμπίεστο υγρό σημαίνει ότι ο όγκος της μάζας του αέρα θα είναι πάντα σταθερός στο χρόνο. Επιπλέον κάτι σημαντικό που θα πρέπει να γνωρίζουμε είναι ότι οι ροές αέρα δεν διαχωρίζονται μεταξύ τους για να σχηματίσουν κενά.

Υπάρχουν πολλοί επιστήμονες που αρνούνται ότι το φαινόμενο Coanda εμφανίζεται στο νερό. Λέγεται ότι αυτή η απόκλιση από την πορεία του νερού όταν συγκρούεται με την επιφάνεια ενός στερεού σώματος οφείλεται στην επιφανειακή τάση. Ως εκ τούτου, μπορεί να ειπωθεί ότι το ελάττωμα Coanda δεν εφαρμόζεται σε όλους τους τύπους ρευστών, καθώς πρέπει επίσης να ληφθεί υπόψη η πυκνότητα και το

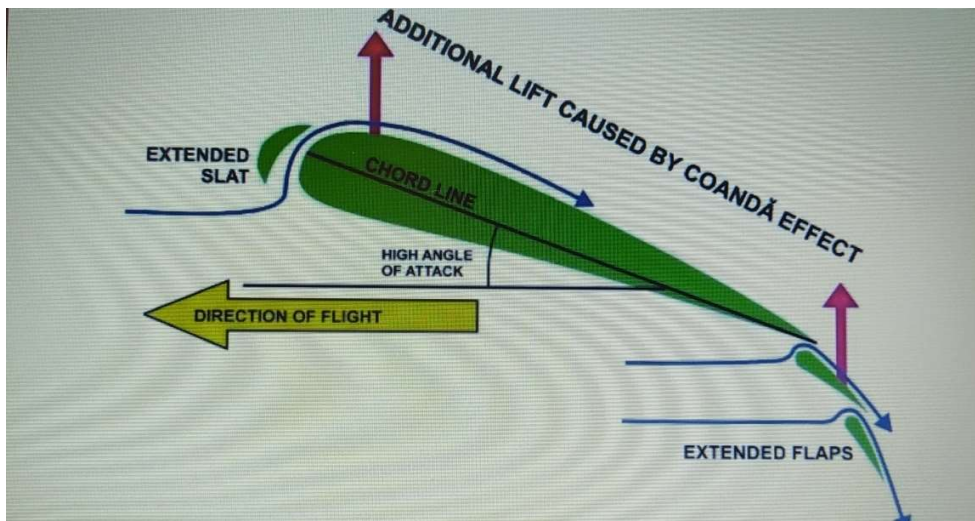
ΦΑΙΝΟΜΕΝΟ COANDA

ιξώδες του ίδιου. Γνωρίζουμε ότι ο αέρας έχει χαμηλό ιξώδες, οπότε το φαινόμενο Coanda εμφανίζεται με μεγαλύτερη ένταση. [9]

1.4 Όροι ύπαρξης

Δύο είναι οι όροι ύπαρξης του φαινομένου Coanda, εκ των οποίων θα πρέπει να ισχύει τουλάχιστον ο ένας έτσι ώστε να γίνει φανερό. Πρώτος όρος είναι η πλευρική πίεση που πρέπει να υπάρχει, η οποία διευκολύνει την καμπή ενός ρεύματος αέρα κοντά σε ένα εμπόδιο σύμφωνα με την άποψη του T.Young. Ο δεύτερος είναι η ύπαρξη ενός δισδιάστατου πίδακα τοίχου. Στον δεύτερο, θα πρέπει να υπάρχει ένας δισδιάστατος πίδακας τοίχου μεταξύ δύο παράλληλων επίπεδων τοίχων, όπου το "εμπόδιο" θα πρέπει να είναι ένα κυλινδρικό τμήμα μετά το επίπεδο-ορθογώνιο στόμιο, έτσι ώστε κανένα υγρό να μην επηρεάζεται από το περιβάλλον κατά μήκος του τοίχου, αλλά μόνο στην αντίθετη πλευρά σε ταραχώδη ανάμιξη με ατμοσφαιρικό αέρα.

Ο πρώτος όρος αντιπροσωπεύει ένα ελεύθερο τζετ που αναδύεται από ένα στόμιο και ένα εμπόδιο στο περιβάλλον. Περιλαμβάνει την τάση ενός ελεύθερου πίδακα που αναδύεται από ένα στόμιο να απορροφήσει υγρό από το περιβάλλον με περιορισμένη πρόσβαση, χωρίς να αναπτύξει περιοχή χαμηλότερης πίεσης όταν δεν υπάρχει εμπόδιο στο περιβάλλον, όπως συμβαίνει στην αντίθετη πλευρά, όπου η ταραχώδης ανάμειξη συμβαίνει υπό την πίεση του περιβάλλοντος.[2]



Εικόνα 3: Ο ορισμός του φαινομένου Coanda (e)

1.5 Επίδειξη του φαινομένου Coanda



Εικόνα 4: Πείραμα για την επιβεβαίωση του φαινομένου Coanda (9)

Αν πραγματοποιήσουμε το παραπάνω πείραμα, μπορούμε να δούμε ότι ο αέρας τείνει να ακολουθεί την καμπύλη διαδρομή της φιάλης αντί να αποκλίνει προς τις πλευρές. Αν ρίξουμε μια μπάλα του τένις πάνω στο μπουκάλι του κρασιού, βλέπουμε ότι η τροχιά της μπάλας θα αλλάξει, αλλά δεν θα είναι παράλληλη με το περίγραμμα του μπουκαλιού. Αυτό μας βοηθά να εξαγάγουμε τις απαραίτητες πληροφορίες για να γνωρίζουμε ότι ένα υγρό θα ακολουθήσει το μονοπάτι γύρω από ένα στερεό.

Με απλά λόγια, το ιξώδες του υγρού είναι ο κύριος παράγοντας για να συμβεί το φαινόμενο Coanda. Όταν το υγρό προσκρούει για πρώτη φορά σε ένα σώμα που έχει ένα ομαλό, καμπύλο περίγραμμα, το ιξώδες του υγρού είναι αυτό που προκαλεί τα σωματίδια να τείνουν να προσκολλώνται στην επιφάνεια του στερεού. Έτσι δημιουργείται ένα ομοιόμορφο και παράλληλο φύλλο γύρω από το σώμα του στερεού. Θα μπορούσε κανείς να συγκρίνει αυτή την τάση να σχηματίζει ένα είδος φύλλου γύρω από το περίγραμμα του σώματος σαν να ήταν πλαστελίνη.

ΦΑΙΝΟΜΕΝΟ COANDA

Όλα τα σωματίδια στο υγρό, στην περίπτωση αυτή ο αέρας, επηρεάζει το σώμα και δημιουργεί νέα στρώματα παράλληλα με το αρχικό. Αυτός είναι ο τρόπος με τον οποίο δημιουργείται μια απόκλιση στη διαδρομή του ρευστού. [9]

1.6 Κατασκευή ενός δίσκου Coanda

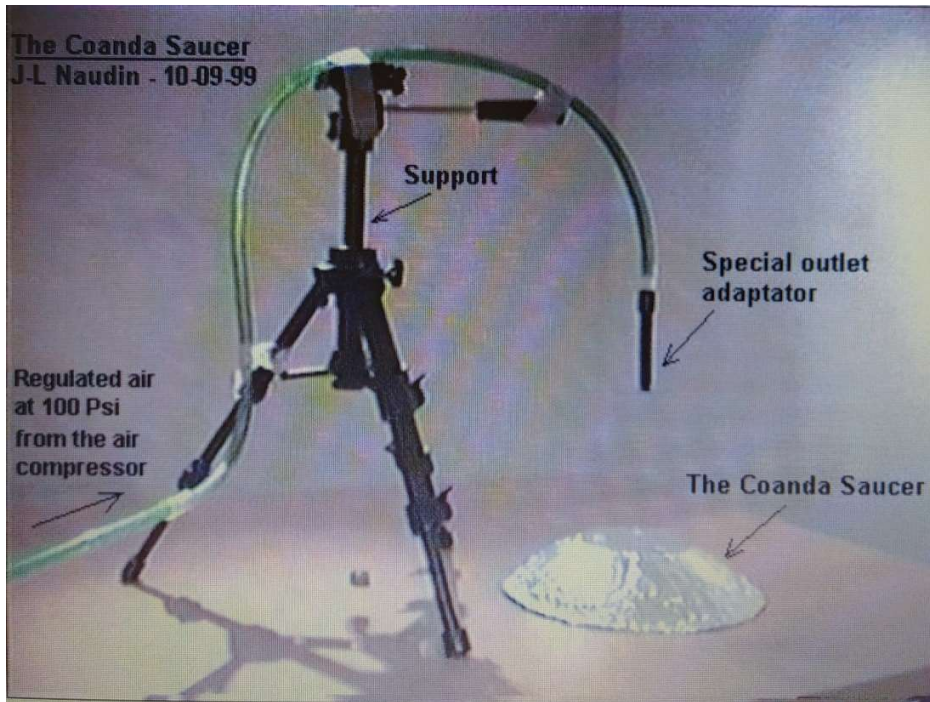


Εικόνα 5: Δίσκος coanda (f)

Η διαδικασία κατασκευής και τα αποτελέσματα των δοκιμών παρουσιάζονται παρακάτω:

Τα χαρακτηριστικά από τον δίσκο Coanda που έγινε το πείραμα είναι: διάμετρος 250 mm και ύψος 45 mm και έχει κατασκευαστεί με φύλλο αλουμινίου. Η επιφάνεια δεν χρειάζεται να είναι ομαλή. Αντιθέτως η παρουσία ορισμένων επιφανειακών ανωμαλιών μπορεί να βοηθήσει στη βελτίωση της ροής, λόγω του ότι δημιουργούνται μικροσκοπικές δίνες κατά μήκος της τοξοειδούς επιφάνειας. Μια επίπεδη επιφάνεια (110mm) πρέπει να τοποθετηθεί στην κορυφή από το δίσκο, η οποία ονομάζεται περιοχή επέκτασης της ακτινικής ροής αέρα. Τέλος, γίνεται η στερέωση τριών μικρών σταθεροποιητών από χαρτόνι στην κορυφή από το δίσκο.

ΦΑΙΝΟΜΕΝΟ COANDA



Εικόνα 6: Χαρακτηριστικά του δίσκου Coanda (10)

Ο "ειδικός προσαρμοστής εξόδου" (φαίνεται ακριβώς πάνω από τον δίσκο) που χρησιμοποιείται για την παραγωγή του φαινομένου Coanda είναι ένας απλός πλαστικός σωλήνας (εσωτερική διάμετρος: 9mm, μήκος: 90mm) με έναν απλό πλαστικό δίσκο (50mm, με μια οπή 9mm στη μέση) κολλημένο σε αυτόν τον σωλήνα. Αυτός ο προσαρμογέας επιτρέπει στη ροή του αέρα να επεκταθεί κατά μήκος της επάνω επιφάνειας από τον δίσκο. Ο πράσινος σωλήνας χρησιμοποιείται για τη ρυθμιζόμενη ροή αέρα που παράγεται από τον ηλεκτρο-συμπιεστή.



Εικόνα 7: Μικρός σταθεροποιητής τοποθετημένος κατά 120ο στα αριστερά και ο προσαρμογέας εξόδου αέρα στα δεξιά (10)

ΦΑΙΝΟΜΕΝΟ COANDA

Όταν αποστέλλεται ο πεπιεσμένος αέρας, παίρνουμε τον δίσκο Coanda και το πλησιάζουμε στην έξοδο του αέρα. Θα παρατηρήσουμε ότι, παρά την έξοδο ροής υψηλής πίεσης, ο δίσκος Coanda παραμένει κολλημένος πάνω από την επιφάνεια.

Το φαινόμενο Coanda μπορεί επίσης να χρησιμοποιηθεί σε μια συσκευή Ήλεκτρο-Υδροδυναμικής (EHD). Σε αυτή την περίπτωση, η συσκευή θα χρησιμοποιεί υψηλή τάση με ηλεκτρόδια ειδικού σχήματος. Η διαφορική πίεση στο μέσο (αιθέρας) μεταξύ της άνω επιφάνειας και της εσωτερικής επιφάνειας δημιουργεί μια μηχανική δύναμη που ωθεί τη συσκευή προς μία κατεύθυνση.

Το πιο ενδιαφέρον πράγμα που πρέπει να παρατηρήσουμε είναι ότι υπάρχει άμεση μετατροπή της ηλεκτροστατικής ενέργειας σε κινητική ενέργεια χωρίς κινούμενα μέρη. [10]

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2^ο - ΙΣΤΟΡΙΚΗ ΑΝΑΔΡΟΜΗ

2.1 Η ζωή του Coanda

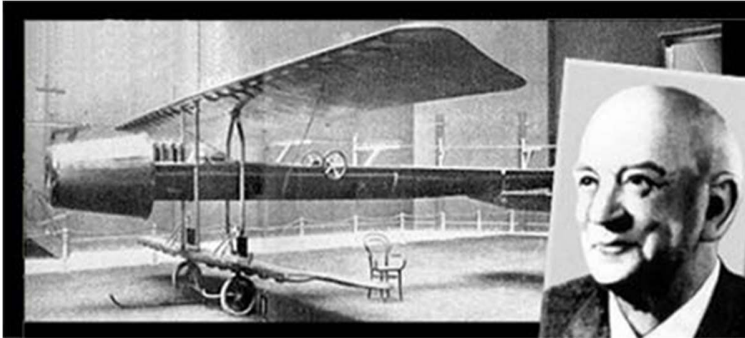
Ο Henri Marie Coanda ήταν Ρουμανός εφευρέτης, πρωτοπόρος της αεροδυναμικής και κατασκευαστής ενός πειραματικού αεροσκάφους, του Coanda -1910 που περιγράφηκε από τον ίδιο στα μέσα της δεκαετίας του 1950 ως το πρώτο τζετ στον κόσμο, ένας αμφιλεγόμενος ισχυρισμός που αμφισβητήθηκε από μερικούς και υποστηρίχθηκε από άλλους. Γεννημένος στο Βουκουρέστι τις 7 Ιουνίου του 1886, ήξερε από μικρή ηλικία ότι ήταν γοητευμένος από το θαύμα του ανέμου.

Ο πατέρας του επιθυμούσε μια στρατιωτική καριέρα για αυτόν, καθώς ήταν και ο ίδιος στρατιωτικός, τον μετέφερε στο Στρατιωτικό Λύκειο στο Ιάσιο από όπου ολοκλήρωσε το λύκειο το 1903 και συνέχισε τις σπουδές του στη Σχολή Πυροβολικού, Στρατού και Ναυπηγικής Μηχανικής στο Βουκουρέστι. Στάλθηκε με σύνταγμα πυροβολικού στη Γερμανία (1904) και κατατάχθηκε στο Technische Hochschule στο Σάρλοτενμπουργκ του Βερολίνου.

Το 1905 κατασκεύασε ένα πύραυλο-αεροπλάνο για τον Ρουμανικό Στρατό. Συνέχισε τις σπουδές του (1907–08) στο Ινστιτούτο Μοντεφιόρε της Λιέγης του Βελγίου από όπου και γνώρισε τον Gianni Caproni. Το 1908 ο Coandă επέστρεψε στη Ρουμανία για να υπηρετήσει ως ενεργός αξιωματικός στο Δεύτερο Σύνταγμα Πυροβολικού. Η επιθυμία του να γίνει εφευρέτης τον έκανε να λάβει άδεια να εγκαταλείψει το στρατό και έτσι έκανε ένα μακρύ ταξίδι οδικός στο Ισφαχάν, την Τεχεράνη και το Θιβέτ.

Το 1910, στο εργαστήριο του Gianni Caproni, σχεδίασε και κατασκεύασε ένα αεροσκάφος γνωστό ως Coanda -1910, το οποίο παρουσίασε δημόσια στο δεύτερο Διεθνές Αεροναυτικό Σαλόνι στο Παρίσι την ίδια χρονιά. Για την κατασκευή χρησιμοποίησε έναν τετρακύλινδρο εμβολοφόρο κινητήρα για να τροφοδοτήσει έναν περιστροφικό συμπιεστή που προοριζόταν να προωθήσει το σκάφος με συνδυασμό αναρρόφησης μπροστά και ροής αέρα προς τα πίσω αντί να χρησιμοποιήσει έλικα.

ΦΑΙΝΟΜΕΝΟ COANDA



Εικόνα 8: Αεροσκάφος Coandă-1910

Παρά τις πολλές αμφιβολίες για το αν τελικά το αεροσκάφος πέταξε, ο Coanda αρνούνταν τις κατηγορίες. Μεταξύ 1911 και 1914, εργάστηκε ως τεχνικός διευθυντής της Bristol Aeroplane Company στο Ηνωμένο Βασίλειο, όπου σχεδίασε αρκετά αεροπλάνα γνωστά ως Bristol-Coanda Monoplanes. Το 1912 ένα από αυτά τα αεροσκάφη κέρδισε βραβείο στον Βρετανικό Διαγωνισμό Στρατιωτικών Αεροπλάνων.

Το 1915 επέστρεψε στη Γαλλία όπου, δουλεύοντας κατά τη διάρκεια του Α΄ Παγκοσμίου Πολέμου για την Delaunay-Belleville στο Saint-Denis, σχεδίασε και κατασκεύασε τρία διαφορετικά μοντέλα ελικοφόρων αεροπλάνων, συμπεριλαμβανομένου του Coanda -1916, με δύο έλικες τοποθετημένες κοντά στην ουρά. Το σχέδιο αυτό επρόκειτο να επαναληφθεί στη δεκαετία του 1950 στο μεταγωγικό αεροπλάνο Sud Aviation Caravelle, για το οποίο ο Coanda ήταν τεχνικός σύμβουλος.

Στα χρόνια του Μεσοπολέμου, συνέχισε να ταξιδεύει και να εφευρίσκει. Το 1934 του χορηγήθηκε γαλλικό δίπλωμα ευρεσιτεχνίας σχετικά με το φαινόμενο Coanda. Στις αρχές του 1930 χρησιμοποίησε την ίδια αρχή ως βάση για το σχεδιασμό ενός δισκοειδούς αεροσκάφους που ονομάζεται Aerodina Lenticulară (αεροδίνη σε σχήμα φακού), ένα αεροσκάφος σε σχήμα «ιπτάμενου δίσκου» που χρησιμοποιούσε μια απροσδιόριστη πηγή αερίων υψηλής πίεσης για να ρέει μέσω ενός συστήματος εξαερισμού σε σχήμα δακτυλίου. Το 1936 ο Coanda υπέβαλε αίτηση για δίπλωμα ευρεσιτεχνίας για το σχέδιό του.

Πέρασε τον Δεύτερο Παγκόσμιο Πόλεμο στην κατεχόμενη Γαλλία, όπου εργάστηκε για τους Ναζί για να βοηθήσει την πολεμική τους προσπάθεια αναπτύσσοντας το σύστημα κίνησης turbopropulseur (turbopropeller). Η έρευνα του Coanda σχετικά με το φαινόμενο Coanda είχε

ΦΑΙΝΟΜΕΝΟ COANDA

ενδιαφέρον μεταπολεμικά και αποτέλεσε τη βάση για αρκετές έρευνες σχετικά με την παρασυρόμενη ή επαυξημένη ροή.

Πέθανε στο Βουκουρέστι στις 25 Νοεμβρίου 1972 σε ηλικία 86 ετών και είναι θαμμένος στο νεκροταφείο Bellu. Προς τιμή του, σε απόσταση 16.5 χιλιομέτρων βόρεια από το κέντρο του Βουκουρεστίου, στην πόλη Otopeni βρίσκεται το αεροδρόμιο 'Henri Coanda'. [8]



Εικόνα 9: Αεροδρόμιο Henri Coanda

2.2 Ανακάλυψη του φαινομένου

Το φαινόμενο ανακαλύφθηκε και δοκιμάστηκε από τον Coanda σε ένα αεροπλάνο. Μελέτησε τα αεροσκάφη του για περισσότερα από 20 χρόνια, για να αποδείξει ότι ο αέρας κατά μήκος της πτέρυγας του αεροπλάνου θα εκτρέπεται προς τα κάτω λόγω του σχήματος του φτερού. Ο αέρας αφήνει το φτερό, σπρώχνοντας το αεροπλάνο προς τα πάνω. [3]

Εκατό χρόνια αργότερα, ο Henri Coanda κατά τη διάρκεια πειραμάτων με το αεροσκάφος Coanda-1910, βρήκε μια εφαρμογή και τοποθέτησε στο αεροσκάφος ασυνήθιστο κινητήρα που σχεδίασε ο ίδιος. Ο μηχανοκίνητος στρόβιλος έσπρωξε τον θερμό αέρα προς τα πίσω και παρατήρησε ότι η ροή του αέρα προσέκλυσε τις κοντινές επιφάνειες. Το 1934 ο Coanda απέκτησε δίπλωμα ευρεσιτεχνίας στη Γαλλία για μια «μέθοδο και συσκευή απόκλισης ενός υγρού σε άλλο υγρό». Το αποτέλεσμα περιγράφηκε ως η «απόκλιση ενός απλού πίδακα ενός υγρού που διεισδύει σε ένα άλλο υγρό κοντά σε ένα κυρτωμένο τοίχωμα». Τα πρώτα επίσημα έγγραφα στα οποία αναφέρεται το φαινόμενο Coanda ήταν δύο διπλώματα ευρεσιτεχνίας του Henri Coanda το 1936. Το όνομα

ΦΑΙΝΟΜΕΝΟ COANDA

αυτό έγινε αποδεκτό από τον αεροδυναμικό Theodore von Κάρμάν, ο οποίος είχε επιστημονική σχέση με τον Coanda για τα αεροδυναμικά προβλήματα.[2]

Ο Coanda είχε χρησιμοποιήσει αρχικά τη συσκευή (κινητήρα) για έναν τελείως διαφορετικό σκοπό: ως μέσο για την εκτροπή της εξάτμισης ενός ακτινικού εμβολοφόρου κινητήρα μακριά από μια ξύλινη άτρακτο αεροσκάφους. Κατά τη διάρκεια της πρώτης πτήσης τους, αυτές οι πλάκες θωράκισης παρασύραν την καυτή ροή καυσαερίων προς τα μέσα, αναφλέγοντας και καταστρέφοντας το αεροσκάφος.

Έχει παρατηρηθεί ότι σε πολλές περιπτώσεις του Coanda, ο ίδιος ευθυγραμμίζει τα βήματα οξείας γωνίας προς μια πλευρά του ακροφυσίου, για να εκτρέψει τον πίδακα σε αυτή την πλευρά και να παρασύρει μεγάλες μάζες ρευστού από την αντίθετη πλευρά. Σκοπός είναι τα διακριτικά βήματα και οι γωνίες να παράγουν μια ροή στροβίλου σε κάθε γωνία, και έτσι να ενισχύουν την ανάμιξη εκεί.[6]

Ο πρώτος που περιέγραψε το φαινόμενο αυτό ήταν ο Thomas Young σε μια διάλεξη που δόθηκε στη Βασιλική Εταιρεία το 1800.

Ανέφερε πως η πλευρική πίεση που προτρέπει τη φλόγα ενός κεριού προς το ρεύμα του αέρα από μια φυσούνα είναι πιθανώς ακριβώς παρόμοια με εκείνη την πίεση που διευκολύνει την καμπή ενός ρεύματος αέρα κοντά σε ένα εμπόδιο. Σαν παράδειγμα έθεσε ένα λεπτό ρεύμα αέρα που δημιουργείται από το λακκάκι στην επιφάνεια του νερού. Εάν φέρουμε σε επαφή ένα κυρτό σώμα με την πλευρά του ρεύματος, τότε από το λακκάκι θα φανεί ότι το ρεύμα εκτρέπεται προς το σώμα. Με αυτόν τον τρόπο εάν το σώμα είναι ελεύθερο να κινηθεί προς κάθε κατεύθυνση, θα κληθεί προς το παρόν.[2]



Εικόνα 10: Thomas Young (b)

Συνήθως ένας ελεύθερος πίδακας υγρού παρασύρει και αναμιγνύεται με το περιβάλλον του καθώς ρέει μακριά από ένα ακροφύσιο. Το κλειδί για το φαινόμενο Coanda είναι ότι όταν ο πίδακας αέρα πλησιάζει σε μια καμπύλη επιφάνεια, παραμένει κοντά στην καμπυλότητα ακόμη και αν η επιφάνεια είναι καμπύλη μακριά από την αρχική κατεύθυνση του πίδακα υγρού. Αυτό το εφέ μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να αλλάξετε την κατεύθυνση μιας ροής. Με αυτόν τον τρόπο, ο ρυθμός με τον οποίο τα μείγματα τζετ συχνά αυξάνονται σημαντικά σε σύγκριση με αυτόν ενός ισοδύναμου ελεύθερου τζετ. Όταν το υγρό αυξάνεται σε ταχύτητα, η πίεση μειώνεται και αυτή η ανισορροπία πίεσης έχει ως αποτέλεσμα η ροή να ωθείται στην επιφάνεια από την ατμόσφαιρα. Αυτό σημαίνει ότι ακόμη και αν η επιφάνεια καμπυλώνει μακριά από την κατεύθυνση της ροής, η ροή συνεχίζει να κολλάει σε αυτήν επειδή η ατμόσφαιρα «εφαρμόζει» πίεση έτσι ώστε το υγρό να κολλάει στην επιφάνεια. Αυτό συνεχίζεται μέχρι να επιβραδυνθεί η ροή και να αναμιχθεί με τον αέρα του περιβάλλοντος αφαιρώντας τη διαφορά πίεσης. Αυτό το αποτέλεσμα είναι αρκετά διαδεδομένο στις εφαρμογές του, από αεροπλάνα έως πλυντήρια παρμπρίζ σε αυτοκίνητα και ακόμη και σε σχέδια μονάδων κλιματισμού και στην τοποθέτησή τους. [18]



Εικόνα 11: Henri Coanda (c)

2.3 Η σχέση μεταξύ Bernoulli – Coanda

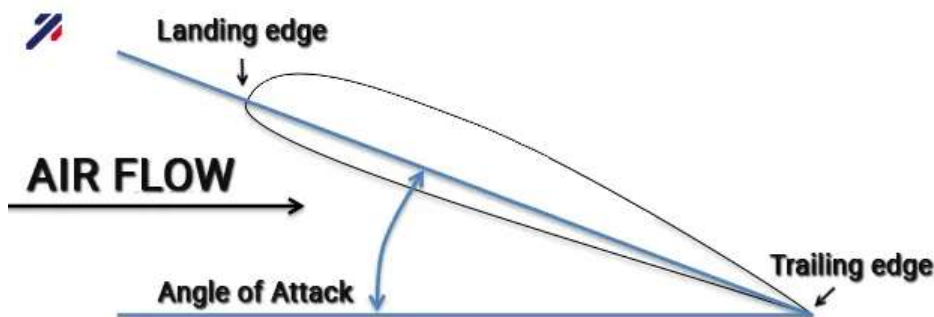
Αρχή Μπερνούλι και φαινόμενο Coanda: Η συμβολή τους στην πτήση

Ο Daniel Bernoulli (1700-1782) ανακάλυψε ένα φαινόμενο που πήρε το όνομά του από τον εαυτό του πριν από περισσότερα από 300 χρόνια που ονομάζεται Αρχή του Bernoulli. Σε αυτό το φαινόμενο, ο αέρας συμπεριφέρεται σαν υγρό και όταν ο αέρας κινείται, η πίεση γύρω από το δέμα αέρα μειώνεται. Ανακάλυψε ότι αν μπορεί να μετακινηθεί αέρας κατά μήκος μιας επιφάνειας, η πίεση σε αυτή την πλευρά της επιφάνειας θα είναι μικρότερη από την πίεση στην άλλη πλευρά της. Αυτός ο εντολέας χρησιμοποιείται για την ανύψωση των πτερυγίων του αεροπλάνου στα αεροσκάφη. Η αρχή Bernoulli περιγράφει τον τρόπο με τον οποίο πετούν τα αεροπλάνα. Τα φτερά των αεροσκαφών έχουν καμπύλες επάνω πλευρές και οι πυθμένες είναι σχετικά επίπεδες. Όταν κινείται το αεροπλάνο, ο αέρας χτυπά το μπροστινό άκρο της πτέρυγας προκαλώντας έτσι μέρος του αέρα να κινηθεί προς τα πάνω, πάνω από τα φτερά και το υπόλοιπο να κινηθεί κάτω από τα φτερά. Καθώς ο αέρας που κινείται προς τα πάνω πρέπει να ακολουθεί την καμπυλότητα της πτέρυγας και ταξιδεύει πιο μακριά από τον αέρα που κινείται κάτω από την πτέρυγα, για να φτάσει ταυτόχρονα στην πίσω άκρη, η πίεση του αέρα στην κορυφή της πτέρυγας μειώνεται σύμφωνα με την αρχή του Bernoulli. Η προκύπτουσα υψηλότερη πίεση κάτω από την πτέρυγα, ανυψώνει το αεροσκάφος. Αυτό το εφέ ανύψωσης ωθεί την πτέρυγα προς τα πάνω και κρατά το αεροσκάφος σε πτήση.

ΦΑΙΝΟΜΕΝΟ COANDA

Αν και η αρχή του Bernoulli είναι μια σημαντική πηγή ανύψωσης σε μια πτέρυγα αεροσκάφους, ο Ρουμάνος πρωτοπόρος μηχανικός αεροδυναμικής, ο Henri Coanda (1885-1972), ανακάλυψε ένα άλλο αποτέλεσμα που βοηθά επίσης στην παραγωγή ανύψωσης. Ο Henri Coanda, κατασκεύασε το πρώτο αεριωθούμενο αεροσκάφος στις 16 Δεκεμβρίου 1910 με τον συνεργάτη του Gianni Caproni (άλλος αεροπόρος). Το αεροπλάνο, που ονομάζεται Coanda-1910, ήταν ένας 4-κύλινδρος εμβολοφόρος κινητήρας που χρησιμοποιήθηκε για την τροφοδοσία ενός περιστροφικού συμπιεστή. Εκτέθηκε στο Παρίσι στη Δεύτερη Διεθνή Αεροναυτική Έκθεση και, σε αντίθεση με όλα τα άλλα αεροπλάνα εκείνη την εποχή, το Coanda-1910 δεν είχε έλικα. Η μηχανοκίνητη τουρμπίνα του ειδικά σχεδιασμένου αεροσκάφους του αναρροφούσε τον αέρα μέσω της τουρμπίνας, ενώ η εξάτμιση έβγαινε από πίσω. Αυτός ο σχεδιασμός οδήγησε το αεροπλάνο προς τα εμπρός με πρόωση. Ο Coanda παρατήρησε ότι η ροή του αέρα προσελκύστηκε σε κοντινές επιφάνειες. Το 1934, ο Coanda απέκτησε δίπλωμα ευρεσιτεχνίας στη Γαλλία για μια «μέθοδο και συσκευή απόκλισης ενός υγρού σε άλλο υγρό». Το φαινόμενο περιγράφηκε ως η «απόκλιση ενός απλού πίδακα ενός υγρού που διεισδύει σε ένα άλλο υγρό κοντά σε ένα κυρτό τοίχωμα». Τα πρώτα επίσημα έγγραφα που αναφέρουν ρητά το φαινόμενο Coanda ήταν δύο διπλώματα ευρεσιτεχνίας του 1936 από τον Henri Coanda. (Φαινόμενο Coanda, Ανακτήθηκε από τη Βικιπαίδεια στις 12 Δεκεμβρίου 2018). Δυστυχώς, η πρώτη πτήση κατέληξε σε ατύχημα και δεν μπόρεσε να συγκεντρώσει αρκετά χρήματα για να συνεχίσει την έρευνά του.

Όπως και το φαινόμενο Bernoulli, έτσι και το φαινόμενο Coanda περιγράφει επίσης τον τρόπο με τον οποίο ανυψώνεται το φτερό ενός αεροπλάνου. Η διαφορά είναι ότι το φαινόμενο Coanda περιγράφει τη γωνία επίθεσης, η οποία είναι η γωνία μεταξύ της πτέρυγας και της κατεύθυνσης της ροής του αέρα, όπως φαίνεται στο ακόλουθο διάγραμμα:



Εικόνα 12: Τρόπος ανύψωσης φτερού (d)

ΦΑΙΝΟΜΕΝΟ COANDA

Η γωνία επίθεσης δείχνει την κλίση της πτέρυγας σε σχέση με τον επερχόμενο αέρα. Για να σηκώσει την πτέρυγα, ο τρίτος νόμος του Νεύτωνα λέει ότι πρέπει να υπάρχει μια ίση δύναμη που ενεργεί προς την αντίθετη κατεύθυνση. Αν μπορούμε να ασκήσουμε μια δύναμη στον αέρα έτσι ώστε να κατευθύνεται προς τα κάτω, ο αέρας θα ασκήσει ανοδική δύναμη πίσω στην πτέρυγα. Καθώς η γωνία επίθεσης αυξάνεται, το ίδιο συμβαίνει και με τον ανελκυστήρα. Εάν η γωνία επίθεσης είναι πολύ μεγάλη, η ροή του αέρα θα σταματήσει να ακολουθεί την καμπύλη του πτερυγίου και με αυτόν τον τρόπο δημιουργείται ένα μικρό κενό πίσω από το φτερό προκαλώντας κραδασμούς και μειώνει την απόδοση του πτερυγίου. Η απόδοση του φτερού είναι σημαντική επειδή κατευθύνει τη ροή του αέρα προς τα κάτω και σπρώχνει προς τα πάνω το φτερό για να παράγει ανύψωση. Εάν η επιφάνεια δεν είναι πολύ έντονη καμπύλη, ο πίδακας αέρα μπορεί να ακολουθήσει την επιφάνεια. Οι δυνάμεις που προκαλούν αυτές τις αλλαγές στην κατεύθυνση της ροής προκαλούν ίση και αντίθετη δύναμη στην επιφάνεια κατά μήκος της οποίας ρέει ο πίδακας. Αυτές οι δυνάμεις του φαινομένου Coanda προκαλούν ανύψωση ανάλογα με τον προσανατολισμό του πίδακα και την επιφάνεια στην οποία προσκολλάται ο πίδακας. Αυτή η επίδραση μπορεί να προκληθεί σε οποιαδήποτε υγρά, συμπεριλαμβανομένου του νερού.[18]

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3^ο - Εφαρμογές του φαινομένου

Είναι πολλές οι εφαρμογές στις οποίες μπορούμε να συναντήσουμε το φαινόμενο Coanda. Μερικές από αυτές περιγράφονται παρακάτω.

Επιπλέον από τις αναφερόμενες, άλλες εφαρμογές στις οποίες εμφανίζεται το φαινόμενο είναι οι εξής:

- a) Στα σύγχρονα αεροσκάφη
- b) Στα Air Knife (Μαχαίρια αέρα)
- c) Στον πεπιεσμένο αέρα
- d) Στα Jet Attachment (αεριωθούμενα αεροπλάνα)

3.1 Τεχνολογία φτερών ελέγχου κυκλοφορίας

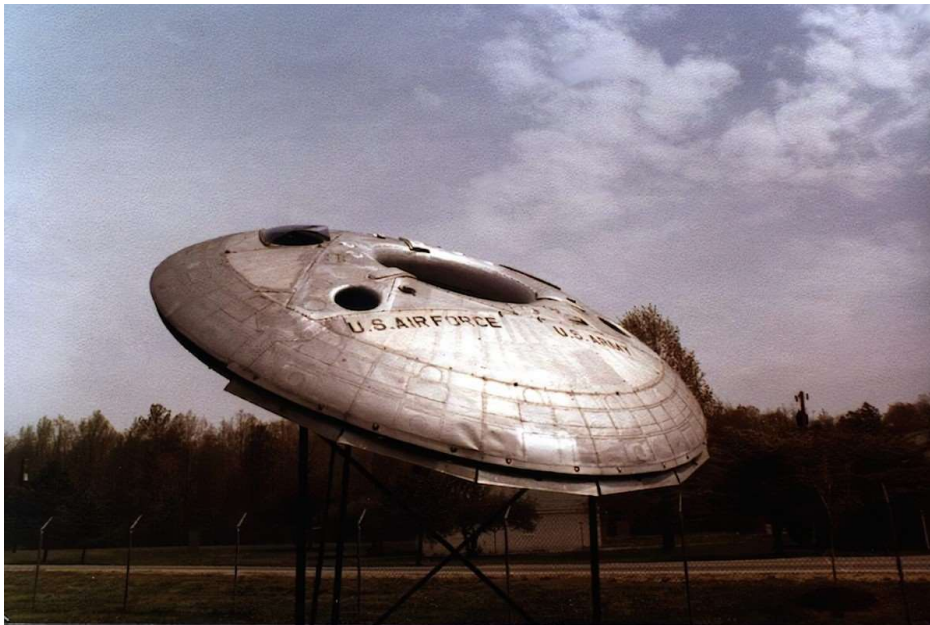
Μια άλλη σημαντική εφαρμογή Coanda είναι στην τεχνολογία φτερών ελέγχου κυκλοφορίας. Μια επιφάνεια Coanda σχηματίζεται από τη σύντομη, επίπεδη επιφάνεια μιας συσκευής αιώρησης. Ο στόχος της τεχνολογίας φτερών ελέγχου κυκλοφορίας είναι να χρησιμοποιήσει την επιφάνεια και την αυλάκωση που φυσούν για να αντικαταστήσει τις συσκευές ανελκυστήρων στις άκρες ενός φτερού. Η πρώτη χρήση αυτής της εφαρμογής ήταν σε ένα Boeing 707.[3]



Εικόνα 13: Boeing 707 (g)

3.2 Avrocar

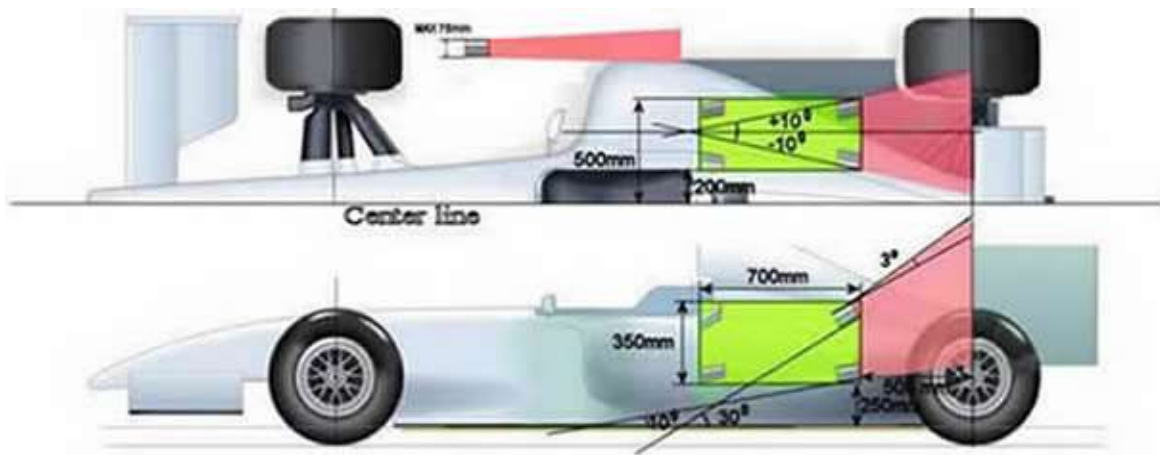
Το Avro Canada VZ-9 ήταν ένα αεροσκάφος σε σχήμα δίσκου που αναπτύχθηκε από την Avro Canada στον στρατό των ΗΠΑ από τον Jack Frost, στα πρώτα χρόνια του πολέμου. Σκοπός της κατασκευής αυτής, ήταν να εκμεταλλευτεί το φαινόμενο Coanda για να παραχθεί ανύψωση και ώθηση από έναν μόνο κινητήρα. Το περιστατικό του Ρόσγουελ συνέβη το 1947, προαναγγέλλοντας την πεποίθηση ότι μας επισκέπτονταν ή ακόμα και μας καταδίωκαν εξωγήινα όντα. Υπήρξαν έξι αναφερόμενες θεάσεις μόνο στο Οντάριο μεταξύ 1951 και 1957 πολλές από τις οποίες ταξινομήθηκαν ως φάρσες. Το 1959 ένας ιπτάμενος δίσκος πέταξε γύρω από το αεροδρόμιο Malton στο Τορόντο. Παρατηρήθηκε και φωτογραφήθηκε από πολλούς ανθρώπους και η πτήση του χαρακτηρίστηκε ως ποιοτική ταινία. Δεν ήταν κάποια φάρσα αλλά ο ιπτάμενος δίσκος δεν ήταν από το διάστημα. Σχεδιάστηκε και κατασκευάστηκε στην εταιρία A.V. Roe Aircraft Limited (AVRO). [16,17]



Εικόνα 14: Ιπτάμενος δίσκος Avrocar (k)

3.3 Formula 1

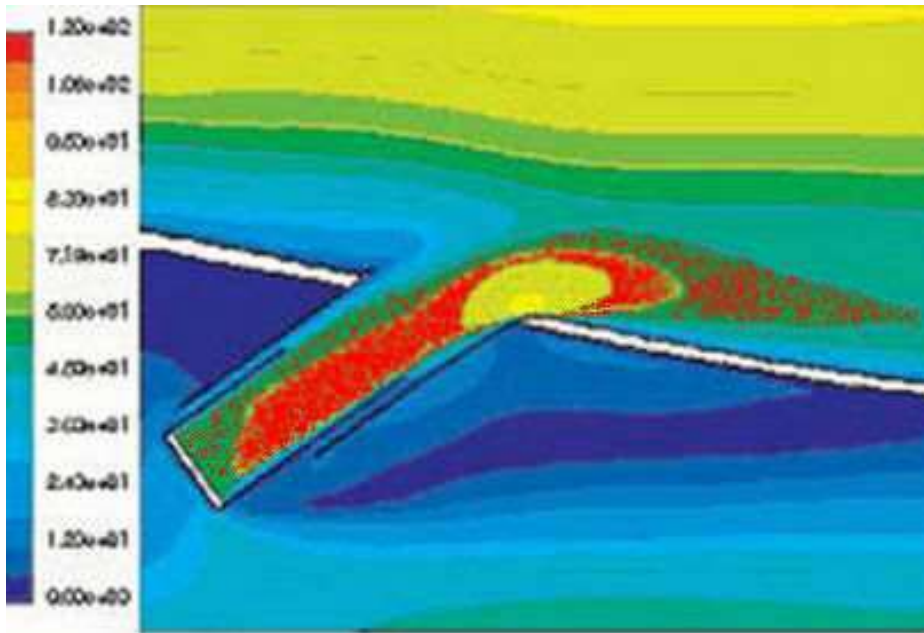
Στην περίπτωση της Formula 1 χρησιμοποιούνται διπλά ή περισσότερα πτερύγια στοιχείων ή σχισμών τα οποία επιτρέπουν την διασύνδεση της άνω επιφάνειας στην κάτω επιφάνεια του επόμενου πτερυγίου, ενεργοποιώντας τη ροή. Αυτό αυξάνει την ταχύτητα της ροής κάτω από την πτέρυγα με αποτέλεσμα την αύξηση τη αεροδυναμικής πίεσης και την μείωση του διαχωρισμού οριακής ροής. Αν κοιτάξουμε μια πτέρυγα της F1 πριν από μερικά χρόνια, βλέπουμε τα φτερά πολλαπλών στοιχείων να δημιουργούν τεράστιες ποσότητες αεροδυναμικής πίεσης και μικρό διαχωρισμό ροής αέρα ακόμη και στα πτερύγια με εξαιρετικά υψηλή γωνία επίθεσης.



Εικόνα 15: Γωνία επίθεσης της Formula1 (11)

Ο αέρας που κινείται πάνω από την πτέρυγα μπορεί να "λυγίσει" χρησιμοποιώντας πτερύγια πάνω από την καμπύλη επιφάνεια της κορυφής της πτέρυγας. Η κάμψη της ροής έχει ως αποτέλεσμα την επιτάχυνσή της και ως αποτέλεσμα της βασικής πίεσης του Bernoulli μειώνεται και αυξάνεται η αεροδυναμική ανύψωση ή η αεροδυναμική πίεση.

ΦΑΙΝΟΜΕΝΟ COANDA



Εικόνα 16: Αεροδυναμική αποτελεσματικότητα της ροής των κανσαερίων (11)

Το κύριο πρόβλημα του φαινομένου Coanda είναι ότι το ρεύμα του αέρα γίνεται ταραχώδες και αποσπάται από την επιφάνεια, έτσι σταματά ένα φτερό. Η έλξη του περιβάλλοντος αέρα προκαλεί αναταράξεις, σύρτετε από την επιφάνεια και από τον ατμοσφαιρικό αέρα.

Το φαινόμενο Coanda χρησιμοποιείται σε ένα σύγχρονο μονοθέσιο της Formula 1 για την καθοδήγηση και τον κλιματισμό της ροής του αέρα σε ένα μέρος, ως μέσο μεγιστοποίησης της αεροδυναμικής πίεσης σε άλλο. Για παράδειγμα, το πίσω μέρος ενός σύγχρονου μονοθέσιου της Formula 1 είναι σφιχτά κωνικό μεταξύ των πίσω τροχών, όπως ο λαιμός και οι ώμοι μιας φιάλης οπτάνθρακα. Μέσω του φαινομένου Coanda, ο αέρας που ρέει κατά μήκος των πλευρών των πλευρικών ποδιών προσκολλάται στα περιγράμματα στο πίσω μέρος και η ροή του αέρα εδώ επιταχύνεται, δημιουργώντας χαμηλότερη πίεση. Από μόνο του αυτό το εγκάρσιο διαφορικό πίεσης και στις δύο πλευρές του αυτοκινήτου ακυρώνεται και δεν δημιουργεί καθαρή δύναμη. Ωστόσο, η επιταχυνόμενη ροή αέρα μεταξύ των πίσω τροχών και πάνω από την κορυφή του διάχυτη αυξάνει την ταχύτητα του αέρα που εξέρχεται από εκεί. Επιπλέον, η κάμψη του αέρα μακριά από τα πίσω ελαστικά συμβάλλει στη μείωση της οπισθέλκουσας.

Το φαινόμενο Coanda χρησιμοποιείται επίσης από τις φορτηγίδες, αεροδυναμικά εξαρτήματα που συνήθως βρίσκονται μεταξύ του οπίσθιου άκρου των μπροστινών τροχών και του μπροστινού άκρου των πλευρικών ποδιών. Οι φορτηγίδες χρησιμοποιούνται για να καθοδηγούν τον τυρβώδη

ΦΑΙΝΟΜΕΝΟ COANDA

αέρα από την αφύπνιση της μπροστινής πτέρυγας, μακριά από τη ζωτική ροή αέρα κάτω από το αυτοκίνητο. Επιπλέον, το κάτω οπίσθιο άκρο μιας σανίδας δημιουργεί μια δίνη που ταξιδεύει κάτω από το εξωτερικό κάτω άκρο του sidepod βοηθώντας στη σφράγιση της περιοχής χαμηλότερης πίεσης κάτω από το αυτοκίνητο.

Στα τέλη του 2011 οι διαχυτήρες καυσαερίων απαγορεύονταν από τη FIA. Έχουν τεθεί αυστηρές απαιτήσεις για τη θέση της εξόδου των καυσαερίων και επιβάλλονται περιορισμοί χαρτογράφησης του κινητήρα για την εξάλειψη της άντλησης του πίδακα εξάτμισης εκτός πεταλούδας. αυτά μετακινούν την έξοδο της εξάτμισης σε τουλάχιστον 500 mm μπροστά από τη γραμμή του πίσω άξονα και 250 mm πάνω από το επίπεδο αναφοράς κάτω από το αυτοκίνητο. Η έξοδος της εξάτμισης πρέπει επίσης να έχει κλίση προς τα πάνω κατά τουλάχιστον 10 μοίρες. Ως εκ τούτου, δεν θα είναι πλέον δυνατό να φυσάμε την εξάτμιση απευθείας μεταξύ της εξωτερικής άκρης του διαχύτη και της εσωτερικής όψης του περιστρεφόμενου πίσω τροχού. Επιπλέον, θα είναι παράνομη η τοποθέτηση οποιουδήποτε αναρτημένου αμαξώματος σε κωνικό σχήμα, ευθυγραμμισμένο με την έξοδο εξάτμισης, που αποκλίνει στις 3 μοίρες και καταλήγει στη γραμμή του πίσω άξονα.

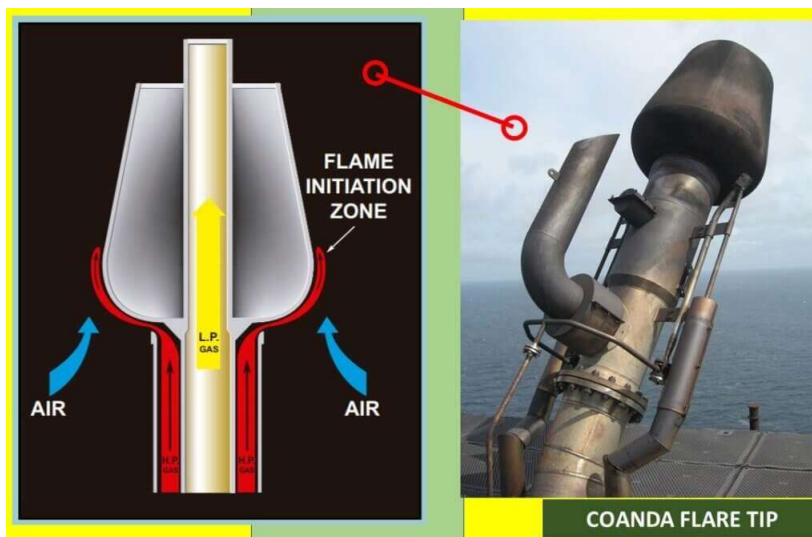
Η νέα τοποθέτηση των εξόδων και των περιορισμών των σωλήνων εξάτμισης φαίνεται στην παρακάτω εικόνα. Οι εξοδοί του σωλήνα μπορούν να τοποθετηθούν μέσα σε πράσινο κουτί με την εξάτμιση στραμμένη προς τα πάνω. Αλλά αυτό δεν ήταν αρκετό για την εξάλειψη των διαχυτών εξάτμισης. Το πρώτο πράγμα που πρέπει να σημειωθεί είναι ότι δεν είναι δυνατόν να στραφεί η έξοδος εξάτμισης προς τα κάτω στον διαχύτη με τον ίδιο τρόπο όπως πριν. Αυτό δεν εμποδίζει απαραίτητα τον ίδιο τον πίδακα εξάτμισης να φυσήξει προς αυτή την κατεύθυνση. Όταν ένας πίδακας εξαγωγής εξέρχεται σε ένα διασταυρούμενο ρεύμα καθαρού αέρα, ο πίδακας εξαγωγής κάμπτεται με το ρεύμα αέρα, εφέ που ονομάζεται "Downwash". Εάν η έξοδος εξάτμισης τοποθετηθεί στο ίδιο επίπεδο στην οπίσθια όψη των πλευρικών ποδιών που σαρώνουν προς τα κάτω σε μια αρκετά απότομη γωνία, τότε η ροή αέρα ελεύθερης ροής θα μπορούσε να εκτρέψει τον πίδακα εξαγωγής προς τα κάτω προς την κατεύθυνση του διαχύτη. Ο βαθμός εκτροπής του πίδακα καθορίζεται από την αναλογία μεταξύ της ταχύτητας του πίδακα και της ταχύτητας της ροής του εγκάρσιου ρεύματος. Όσο μικρότερη είναι η αναλογία, τόσο περισσότερο εκτρέπεται ο πίδακας. Αυτό το φαινόμενο είναι καλά τεκμηριωμένο και συχνά ονομάζεται "πίδακας σε διασταυρούμενη ροή". Στόχος είναι η σωστή και ακριβής διαδρομή για τα αέρια να ρέουν προς τα

ΦΑΙΝΟΜΕΝΟ COANDA

κάτω προς την κατεύθυνση του διαχύτη. Έτσι το αποτέλεσμα της εμφύσησης διαχύτη δεν θα είναι τόσο ισχυρό όσο πριν, αλλά με έξυπνο σχεδιασμό και βελτιστοποίηση μπορεί να πάρει λίγα τοις εκατό περισσότερο από τη λήψη. Με αυτή τη ρύθμιση, το λοφίο εξάτμισης καμπυλώνεται προς τα κάτω τόσο από το σχήμα του αμαξώματος πίσω από την απόληξη της εξάτμισης (Coanda) όσο και από τη ροή του αέρα που διέρχεται πάνω από το siderod (downwash). [11]

3.4 Φωτοβολίδες

Σε εξωτερικά προφίλ Coanda, η ενέργεια πίεσης μέσα στο αέριο υψηλής πίεσης και χρησιμοποιείται για να προκαλέσει αρκετές φορές τον δικό της όγκο αέρα. Το αέριο αποβλήτων προσκολλάται στο προφίλ Coanda, παράγοντας μια άκαπνη χαμηλή φλόγα ακτινοβολίας. Η φλόγα ξεκινά εξίσου γύρω από την έκλαμψη, με αποτέλεσμα την εξαιρετική σταθερότητα του ανέμου, επειδή τουλάχιστον το ήμισυ της βάσης φλόγας προστατεύεται από τους ανέμους. Η φλόγα διαδίδεται από έξω, διατηρώντας πάντα ένα στρώμα αερίου που προστατεύει το σώμα από εξαιρετικά υψηλές θερμοκρασίες και 'επιτρέπει' στο υλικό της φωτοβολίδας να είναι κράματα από ανοξείδωτο χάλυβα χωρίς πυρίμαχα προστασία. [4]



Εικόνα 17: Φωτοβολίδα Coanda (i)

Οι φωτοβολίδες Coanda λειτουργούν υπό ηχητικές συνθήκες σε αυξημένες πιέσεις με τουλάχιστον 10 PSIG για την επίτευξη άκαπνης καύσης. Οι υγρές αναλογίες μεταφοράς φτάνουν έως και 25% Wt/g και μπορούν να καούν χωρίς πτώση. Μερικές από αυτές τις ηχητικές εκλάμψεις Coanda διαθέτουν μεταβλητό λαιμό

ΦΑΙΝΟΜΕΝΟ COANDA

σχισμής για να αυξήσουν την άκαπνη στροφή. Η φλόγα είναι ακτινοβόλα με εξαιρετικά χαμηλή θερμότητα κατά μέσο όρο 0,1 για το κλάσμα της θερμότητας που ακτινοβολείται. Η φλόγα είναι μικρότερη από ό,τι στις συμβατικές εκλάμψεις, σταθερή και ανθεκτική στους ισχυρούς ανέμους.[4]

3.5 Αεροδυναμική

Το φαινόμενο Coanda, το οποίο χρησιμοποιείται ευρέως σε πολλά αεροδυναμικά πλαίσια λόγω της κατάστασής του ως ενός από τα πιο αποτελεσματικά μέσα για την παραγωγή υψηλότερης ανύψωσης, τα τελευταία αρκετά χρόνια, για παράδειγμα, έχει γίνει σημαντικός όγκος εργασίας για τη βελτιστοποίηση της απόδοσης αεροπλάνων αλλάζοντας τα σχήματα των φτερών και των άκρων φτερών τους. Οι συμβατικές αεροτομές ανυψώνονται από την κυκλοφορία που δημιουργείται από τη διαφορά πίεσης που υπάρχει μεταξύ της κάτω και της άνω επιφάνειας της αεροτομής και συχνά έχουν χαρακτηριστικά ανύψωσης που είναι κατώτερα. Αντίθετα, μια αεροτομή ελέγχου κυκλοφορίας, γνωστή και ως CCA, δημιουργεί ανύψωση χρησιμοποιώντας επιφάνειες Coanda σε συνδυασμό με εμφύσηση με σχισμή. Όταν ένας συμπαγής πίδακας υψηλής ταχύτητας περνά πάνω από το στρογγυλεμένο άκρο έλξης μιας αεροτομής, δημιουργείται κυκλοφορία και, επομένως, ανύψωση. Λόγω του στρογγυλεμένου περιγράμματος της αεροτομής, το φαινόμενο Coanda ενισχύεται και το σημείο διαχωρισμού ροής στο πίσω άκρο της αεροτομής μετακινείται χαμηλότερα. Αυτό έρχεται σε αντίθεση με το περίγραμμα των συμβατικών αεροτομών, το οποίο είναι κεκλιμένο. Η ταχύτητα του πίδακα εμφύσησης είναι ο μόνος παράγοντας που μπορεί να καθορίσει τη μετατόπιση. Έχει αποδειχθεί από τους Simpson [40], Lubert [41] και άλλους ότι τα φτερά ελέγχου κυκλοφορίας (CCW) είναι αποτελεσματικά στην παροχή σημαντικής ενίσχυσης ανύψωσης σε σύγκριση με τις συμβατικές αεροτομές. Ωστόσο, ένα σημαντικό μειονέκτημα αυτής της μεθόδου είναι ότι απαιτεί πρόσθετες βοηθητικές μονάδες ισχύος (APU's) ή χωρητικότητα κινητήρα προκειμένου να τροφοδοτηθεί ο αέρας εξαέρωσης για την εμφύσηση της σχισμής. Οι Wong και Kontis [42] ανέφεραν ότι ένα αερονόμο με οπίσθιο άκρο Coanda έδειξε βελτιωμένη σταθερότητα στο άκρο της ακμής. Ο Cook [43] περιέγραψε έναν ενεργοποιητή ελέγχου ροής που χρησιμοποιεί μια κινητή επιφάνεια Coanda που επιτρέπει το σχηματισμό άνω και κάτω σχισμών, δίνοντας αμφίδρομο έλεγχο αντί για τον τυπικό μονοκατευθυντικό έλεγχο που προσφέρει η τυπική (μονή) σταθερή σχισμή. Και οι δύο αυτές έρευνες διεξήχθησαν σε συνδυασμό το ένα με το άλλο. Ως εκ τούτου, μια συσκευή ελέγχου κυκλοφορίας για την αύξηση της ανύψωσης ενός πτερυγίου αεροσκάφους μπορεί να δημιουργηθεί

ΦΑΙΝΟΜΕΝΟ COANDA

με το να φυσήξει το πίσω άκρο του φτερού πάνω από μια επιφάνεια Coanda. Αυτή η συσκευή παρέχει το ίδιο επίπεδο ελέγχου με μια συσκευή που έχει συμβατικό πτερύγιο, αλλά δεν έχει πτερύγιο και επομένως αναφέρεται ως "flapless!".

Η αρχή Coanda μπορεί επίσης να χρησιμοποιηθεί για να εξηγήσει την έννοια της διανυσματικής ώθησης, η οποία αναφέρεται στην ικανότητα ενός αεροπλάνου (ή άλλου οχήματος) να κατευθύνει την ώση των καυσαερίων από τον κύριο κινητήρα του προς μια κατεύθυνση που δεν είναι παράλληλη με την κατεύθυνση του οχήματος. Επιτρέπει στα αεροσκάφη να αναλαμβάνουν ορισμένες λειτουργίες που διαφορετικά δεν θα ήταν εφικτές, όπως το VTOL, που σημαίνει "κάθετη απογείωση και προσγείωση" ή STOL, που σημαίνει "σύντομη απογείωση και προσγείωση". Η ιδέα ότι η ενισχυμένη ανάμειξη που προκαλείται από το φαινόμενο Coanda οδηγεί σε αυξημένη ώθηση είναι ευρέως αναγνωρισμένη και έχει συζητηθεί από πολλούς ανθρώπους, συμπεριλαμβανομένου του Busemann [44], μεταξύ άλλων. Μια περαιτέρω δυσκολία προκύπτει από την παρουσία υπερηχητικών πίδακων, όπως αυτά που παρατηρούνται στα αεροπλάνα. Αυτοί οι πίδακες έχουν ένα δίκτυο κρουστικών κυμάτων που περιέχονται μέσα στο ίδιο το πίδακα. Η επαφή του πίδακα με αυτά τα κρουστικά κύματα έχει τη δυνατότητα να λειτουργήσει ως παράγοντας καθίζησης στον διαχωρισμό της ροής του πίδακα από τη στερεά επιφάνεια. Μία από τις λίγες έρευνες για υπερηχητικούς πίδακες Coanda πραγματοποιήθηκε από τον Bevilaqua και LEE [45] και σκοπός της ήταν να προσπαθήσει να ενισχύσει τη διάνυση ώσης δημιουργώντας ένα υπερηχητικό ακροφύσιο στο οποίο το φαινόμενο Coanda θα μπορούσε να χρησιμοποιηθεί για να εκτρέψει τον πίδακα εξάτμισης του κινητήρα. Στα επόμενα βήματα, ο Cornelius και ο Lucius [46] διεξήγαγαν μια πειραματική έρευνα μιας δισδιάστατης υποδιαστελλόμενης υπερηχητικής ροής πίδακα Coanda γύρω από έναν κυκλικό κύλινδρο. Διαπίστωσαν ότι η μελέτη που έγινε από τον Bevilaqua ήταν ακριβής και κατέληξαν στο συμπέρασμα ότι η χρήση ενός ακροφυσίου συγκλίνουσας-αποκλίνουσας μπορεί να καθυστερήσει πολύ τη διαδικασία διαχωρισμού της ροής πίδακα. Ο Sawada και ο Asami [47] διεξήγαγαν μια αριθμητική έρευνα σε ένα προεκτεταμένο υπερηχητικό πίδακα Coanda που κινούνταν γύρω από έναν κυκλικό κύλινδρο ως μέρος άλλης εργασίας που συνδέθηκε με αυτό το θέμα.

Ο Wing [49] πραγματοποίησε μια στατική εξέταση δύο διαφορετικών προσεγγίσεων για διάνυση ώθησης, η μία εκ των οποίων έκανε χρήση της αρχής Coanda. Το πείραμα διεξήχθη χρησιμοποιώντας ένα τυπικό δισδιάστατο ακροφύσιο συγκλίνουσας-αποκλίνουσας. Η έγχυση

ΦΑΙΝΟΜΕΝΟ COANDA

ενός δευτερεύοντος φύλλου αέρα κατά μήκος ενός κυρτού πτερυγίου πλευρικού τοιχώματος ήταν η ιδέα πίσω από αυτό το σχέδιο. Χρησιμοποιώντας συμπαράσυρση, ο κύριος πίδακας θα έλκεται προς την ίδια κατεύθυνση με τον εκτοξευόμενο πίδακα, το οποίο θα παρέχει διάνυσμα ώθησης εκτροπής. Δυστυχώς, αυτό αποδείχθηκε αποτυχία σε σημαντική κλίμακα. Σε χαμηλές αναλογίες πίεσης ακροφυσίου (NPR), όταν η ορμή του κύριου πίδακα ήταν αμελητέα κοντά στα πτερύγια του πλευρικού τοιχώματος, δημιουργήθηκαν οι υψηλότερες γωνίες ώθησης. Αυτό συνέβη επειδή τα πτερύγια του πλευρικού τοιχώματος ήταν πιο κοντά στο ακροφύσιο. Λόγω της αύξησης του NPR, η κλίση πίεσης, η οποία παίζει ουσιαστικό ρόλο στο φαινόμενο Coanda, εξαλείφθηκε. Ο Wing υπέθεσε ότι ο μεγάλος λόγος διαστάσεων του ακροφυσίου μπορεί να παρεμπόδιζε την έννοια της αποτελεσματικότητας του διανύσματος ώσης.

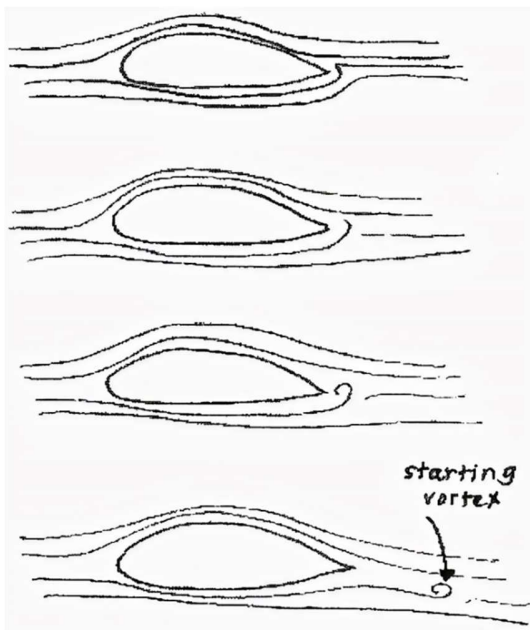
3.5.1 Έρευνα ελέγχου ροής με την χρήση της επίδρασης Coanda στις αεροτομές

Για τον έλεγχο ροής γύρω από αεροτομές γίνονται αριθμητικές έρευνες, σε συνδυασμό με το φαινόμενο Coanda, με βάση τις εξισώσεις RANS(Οι εξισώσεις RANS(Navier-Stokes) είναι χρονικά μέσες εξισώσεις κίνησης για ροή υγρών. Η ιδέα πίσω από τις εξισώσεις είναι η αποσύνθεση του Reynolds, με την οποία μια στιγμιαία ποσότητα αποσυντίθεται στις χρονικά μέσες και κυμαινόμενες ποσότητές της, μια ιδέα που προτάθηκε για πρώτη φορά από τον Osborne Reynolds). Ο έλεγχος κυκλοφορίας χρησιμοποιεί το εφαιπτόμενο αεριοθούμενο αεροπλάνο στην επάνω επιφάνεια της αεροτομής, κοντά στο οπίσθιο άκρο με τη στρογγυλεμένη ή τροποποιημένη επίπεδη επιφάνεια. Τα φάσματα πεδίου ροής γύρω από τέτοιες διαμορφώσεις, που περιλαμβάνουν την καθυστέρηση του διαχωρισμού ροής, λαμβάνονται και αναλύονται με μεθόδους CFD (CFD είναι η ανάλυση των υγρών που ρέουν, χρησιμοποιώντας μεθόδους αριθμητικών λύσεων. Με αυτή τη μέθοδο αναλύονται σύνθετα προβλήματα που περιλαμβάνουν αλληλεπίδραση υγρού-υγρού, ρευστού-στερεού ή ρευστού αερίου). Με αυτόν τον τρόπο γίνεται να προσδιοριστεί η βέλτιστη περιοχή των παραμέτρων της γεωμετρικής ροής και της ροής πίδακα, στην οποία θα πρέπει να χρησιμοποιηθεί αυτή η μέθοδος ελέγχου ροής.

Μία από τις πιο σημαντικές αεροδυναμικές επιλογές κατά τον σχεδιασμό ενός πτερυγίου αεροπλάνου ή πτερυγίων προπέλας είναι αυτή της κατάλληλης αεροτομής, βέλτιστη πρώτα απ' όλα για τη φάση της πτήσης κρουαζιέρας ή τον ονομαστικό τρόπο λειτουργίας. Ωστόσο, για άλλες φάσεις λειτουργίας (όπως η απογείωση), είναι απαραίτητο να αποκτηθούν υψηλότερα χαρακτηριστικά ανύψωσης ή ακόμα καλύτερα υψηλότερος λόγος ανύψωσης/έλξης. Υπάρχουν

ΦΑΙΝΟΜΕΝΟ COANDA

αρκετές μέθοδοι για την επίτευξη αυτών των επιδόσεων. Εάν οι συμβατικές μέθοδοι, οι οποίες περιλαμβάνουν πηχάκια ή πτερύγια με σχισμή στην πίσω ακμή ή στην πρόσοψη του πτερυγίου, υπάρχει σημαντικό μειονέκτημα που σχετίζεται με τη μηχανική πολυπλοκότητας και συνεπώς αυξάνοντας το βάρος, μπορούν να χρησιμοποιηθούν τα λεγόμενα συστήματα υψηλής ανύψωσης χωρίς κενά, με το φύσημά οπισθοπορείας, επωφελούμενοι από τα πλεονεκτήματα του φαινομένου Coanda για την καθυστέρηση του διαχωρισμού της ροής.



Εικόνα 18: Η λειτουργία μιας αεροτομής (n)

Αυτή η μέθοδος είναι μία από τις μεθόδους ενεργού ελέγχου ροής και ακόμη και όταν χρησιμοποιείται ένα μικρό ποσοστό της ροής του ψυχρού κινητήρα, υπάρχει καλή αποτελεσματικότητα απόκτησης του απαραίτητου συντελεστή υψηλής ανύψωσης για τη φάση της πτήσης απογείωσης ή προσγείωσης. Ο έλεγχος κυκλοφορίας γύρω από μια αεροτομή επιτυγχάνεται με επαπτόμενο φύσημα ενός πίδακα μικρού πάχους πάνω από τη στρογγυλεμένη οπίσθια ακμή. Ως αποτέλεσμα, το φύλλο πίδακα παραμένει προσκολλημένο και εκτρέπεται σε μεγαλύτερο τμήμα της καμπύλης επιφάνειας, χωρίς διαχωρισμό της ροής.

Αυτός είναι ο λόγος για τον οποίο απαιτούνται αριθμητικές έρευνες και αναλύσεις χρησιμοποιώντας τη μέθοδο CFD για την αξιολόγηση των πλεονεκτημάτων και των ορίων αυτής της τεχνολογίας ελέγχου κυκλοφορίας για αεροτομές.

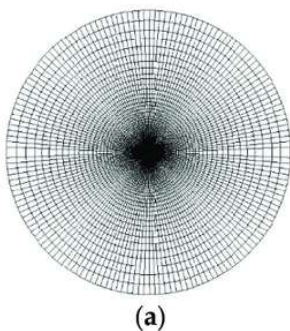
ΦΑΙΝΟΜΕΝΟ COANDA

Τρεις διαμορφώσεις σε συνδυασμό με το φαινόμενο Coanda έχουν ερευνηθεί αριθμητικά με βάση την επίλυση RANS. Για όλες τις περιπτώσεις παρατηρείται η απόδοση φυσήματος σε μια καμπύλη επιφάνεια (επιφάνεια Coanda), σε σύγκριση με τις περιπτώσεις αναφοράς χωρίς αεριοθούμενο αεροπλάνο. Με βάση αυτόν τον τύπο ελέγχου κυκλοφορίας, λαμβάνονται ίσοι ή μεγαλύτεροι συντελεστές ανύψωσης που απ' ό,τι για τα κλασικά συστήματα ανύψωσης. Ωστόσο, πρέπει να ληφθεί υπόψη ότι αυτή η αύξηση της ανύψωσης συνοδεύεται από αύξηση της οπισθέλκουσας. Είναι προφανές ότι αυτός ο τύπος ελέγχου κυκλοφορίας πρέπει να χρησιμοποιείται εκτός από άλλες μεθόδους ελέγχου ροής, προκειμένου να ληφθούν οι βέλτιστες παράμετροι για όλες τις φάσεις λειτουργίας. Πρέπει να ολοκληρωθούν και να συγκριθούν μελλοντικές περαιτέρω έρευνες για τη βελτίωση αυτών των μεθόδων και να συγκριθούν με πειραματικές έρευνες.[15]

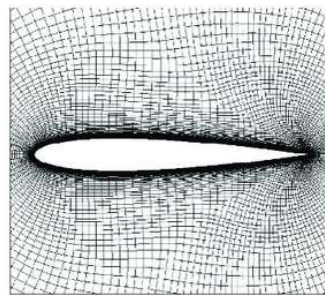
3.5.1.1 Αριθμητικές έρευνες ελέγχου κυκλοφορίας σε αεροτομές με τροποποιημένο (τελικό) άκρο

Τα τελευταία χρόνια έχουν γίνει πολλά πειράματα και αριθμητικές προσομοιώσεις για να διερευνηθούν και να δείξουν ότι υπάρχουν καλές προϋποθέσεις για τη χρήση του φαινομένου Coanda για τον έλεγχο της ροής γύρω από τα φτερά του αεροπλάνου ή τις λεπίδες turbomachine. Για τις αριθμητικές έρευνες επιλέχθηκε η 17% κρίσιμη αεροτομή ελεγχόμενης κυκλοφορίας γενικής αεροπορίας (GACC) με στρογγυλό άκρο.

Για έναν πίδακα χαμηλής ορμής, η εξωτερική ροή στην άνω πλευρά της αεροτομής θα είναι γρήγορα ξεχωριστή. Όταν αυξάνεται ο συντελεστής ορμής πίδακα, ο διαχωρισμός συμβαίνει υπό γωνία που υπερβαίνει τις 90 μοίρες προς την κατεύθυνση του αρχικού πίδακα, δημιουργώντας μια εικονική πλάκα.



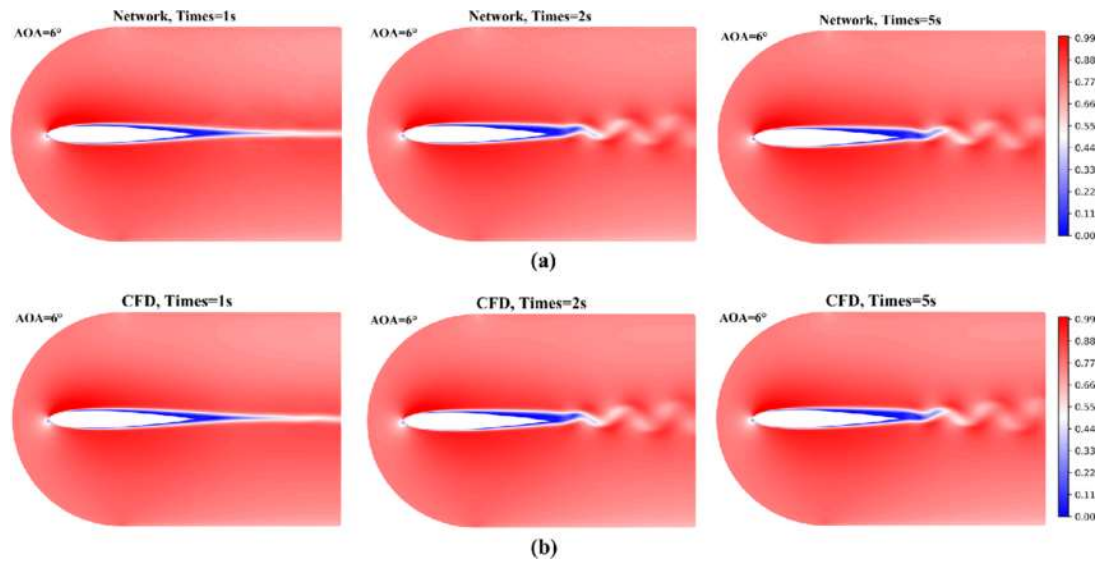
(a)



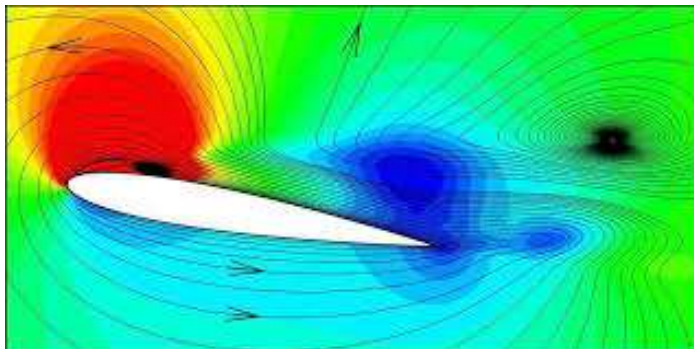
(b)

ΦΑΙΝΟΜΕΝΟ COANDA

Εικόνα 19: (α) Γενική γεωμετρία πλέγματος για ολόκληρο το πεδίο ροής και (β) Κατανομή πλέγματος κοντά στην αεροτομή. (ρ)



Εικόνα 20: Εξέλιξη του πεδίου ροής με γωνία προσβολής 6 μέσω του μοντέλου CNN-DCNN (q)



Εικόνα 21: Πλέγμα γύρω από την αεροτομή (o)

Τα αποτελέσματα των αριθμητικών προσομοιώσεων με $V_{jet} \geq 9$ m/s τονίζουν ότι ο πίδακας είναι προσαρτημένος στην κυλινδρική επιφάνεια του άκρου, με τιμή γωνίας θ_{jet} υψηλότερη από 90°. Αυτό μπορεί να έχει αντίστροφη επίδραση, δηλαδή μείωση του ρυθμού απόδοσης ανύψωσης, λόγω της συντόμευσης του τμήματος αναρρόφησης στην κάτω πλευρά της αεροτομής. [15]

3.6 Βιομηχανία

Οι κύριοι τομείς όπου η αρχή Coanda έχει χρησιμοποιηθεί με μεγάλη επίδραση σε βιομηχανικές εφαρμογές είναι οι τουρμπίνες αντίδρασης, οι ψεκαστίρες στροβιλισμού και οι τεχνικές

ΦΑΙΝΟΜΕΝΟ COANDA

γαλβανισμού, η ψύξη των κυλίνδρων και οι συσκευές λογικής ρευστών. Σε καθεμία από αυτές τις εφαρμογές, η αρχή Coanda οδήγησε σε σημαντικές βελτιώσεις. Η ροπή παράγεται από τους στροβίλους αντίδρασης ανταποκρινόμενοι στην πίεση ή τη μάζα του αερίου ή του ρευστού που περιστρέφεται. Το ρευστό, το αέριο καύσης ή ο ζεστός αέρας εκτοξεύεται μέσω ακροφυσίων σε έναν περιστρεφόμενο κοίλο άξονα σε έναν νέο τύπο στροβίλου αντίδρασης [48]. Μετά από αυτό, ανακατευθύνεται κατά μήκος των γειτονικών λεπίδων που είναι καμπυλωμένες προς την αντίθετη κατεύθυνση. Το σύστημα κινείται από την προς τα εμπρός δύναμη αντίδρασης που δημιουργεί. Το ρευστό σε έναν στροβίλο απόκρισης δεν ρέει σε ένα κανάλι όπως συμβαίνει σε άλλους τύπους στροβίλων. Αντίθετα, ρέει πάνω από την κυρτή επιφάνεια μιας λεπίδας, η οποία επιτρέπει στην κοίλη επιφάνεια να κρυώσει.

Προκειμένου να ψύχονται αποτελεσματικά οι κυκλικοί κύλινδροι, είναι συνήθως απαραίτητο να τοποθετούνται οι κύλινδροι μέσα σε ένα απεριόριστο, ομοιόμορφο, παράλληλο ρεύμα αέρα που έχει μικρή ποσότητα αναταράξεων στο κύριο ρεύμα. Τοποθετώντας τον κύλινδρο έτσι ώστε να είναι συμμετρικός μέσα στον διαστάτο πίδακα πεπερασμένου πλάτους, είναι δυνατό να παρασχεθεί βελτιωμένη ψύξη [50]. Λόγω του φαινομένου Coanda, ο πίδακας αναγκάζεται να κολλήσει στον κύλινδρο. Ως αποτέλεσμα, ο ρυθμός μεταφοράς θερμότητας μεταξύ των δύο επιφανειών μπορεί να ενισχυθεί έως και 20%.

Ένα υγρό μπορεί να διασπαστεί σε μικρότερα σταγονίδια χρησιμοποιώντας μια συσκευή γνωστή ως ψεκαστήρας στροβιλισμού. Η γεωργική συσκευή ψεκασμού και οι φούρνοι με πετρέλαιο είναι δύο κοινά παραδείγματα τυπικών χρήσεων. Ο σχηματισμός των σταγονιδίων οφείλεται στο ότι το υγρό φύλλο σπάει ως συνέπεια της επίδρασης των αναταράξεων που εμφανίζονται μέσα στο υγρό. Ενώ συμβαίνει αυτό, ο αέρας διοχετεύεται μέσω του ανοίγματος του ακροφυσίου στο κέντρο και το υγρό περνάει πάνω από το χείλος του ακροφυσίου. Σύμφωνα με την έρευνα του Klein [51], ο ψεκασμός αποδεικνύεται ανεπαρκής όταν χρησιμοποιείται ένα χείλος με αιχμηρή άκρη. Ωστόσο, όταν χρησιμοποιείται ένα χείλος με κυρτή άκρη, το φαινόμενο Coanda διασφαλίζει ότι θα συμβεί εξαιρετική ψεκασμός. Όταν προσπάθησε να εφαρμόσει μια γαλβανιστική επίστρωση σε μια μεταλλική λωρίδα, οι Lee [52] εξέτασαν τον αντίκτυπο που θα είχε η χρήση ενός ακροφυσίου Coanda αντί ενός τυπικού. Αυτό έγινε για να μπορούν να συγκρίνουν τα αποτελέσματα. Όταν χρησιμοποιείτε ένα τυπικό ακροφύσιο, η λωρίδα θα έχει "πιτσίλισμα" και ως αποτέλεσμα ένα ανομοιόμορφο στρώμα. Η χρήση ενός ακροφυσίου Coanda, από την άλλη πλευρά, οδηγεί σε

ΦΑΙΝΟΜΕΝΟ COANDA

αύξηση της διαμητικής τάσης του τοιχώματος λόγω της εκτροπής του πίδακα που προκαλείται από το φαινόμενο Coanda καθώς εξέρχεται από το ακροφύσιο. Αυτό, με τη σειρά του, προκαλεί τη μετατόπιση της πιθανής ζώνης πιτσιλίσματος μακρύτερα προς τα κάτω.

3.7 Ιατρική

Το φαινόμενο Coanda είναι ένα πολύ γνωστό φυσικό φαινόμενο ροής υγρών που μπορεί να παρατηρηθεί σε ποικίλες εφαρμογές στον τομέα της ιατρικής. Ένα από αυτά είναι ο τομέας της καρδιολογίας. Μια υγιής καρδιά θα έχει έναν πίδακα που βρίσκεται σε κοντινή απόσταση από την αριστερή πνευμονική αρτηρία. Κατά τη διαδικασία εξώθησης της δεξιάς κοιλίας, ο πίδακας του πόρου προσκολλάται στο αριστερό τοίχωμα της κύριας πνευμονικής αρτηρίας. Η πνευμονική ατρησία είναι ένα εξαιρετικά ασυνήθιστο είδος συγγενούς καρδιοπάθειας στην οποία η πνευμονική βαλβίδα δεν σχηματίζεται σωστά κατά την ανάπτυξη. Αυτή η κατάσταση επηρεάζει μόνο τα βρέφη. Στη δεξιά πλευρά της καρδιάς υπάρχει ένα άνοιγμα που μοιάζει με πτερύγιο γνωστό ως βαλβίδα. Αυτή η βαλβίδα ελέγχει τη ροή του αίματος προς και από τους πνεύμονες. Όταν ένα άτομο εμφανίζει πνευμονική ατρησία, σχηματίζεται ένα συμπαγές φύλλο ιστού εκεί που πρέπει να είναι το άνοιγμα της βαλβίδας και δεν υπάρχει εξώθηση της δεξιάς κοιλίας. Αυτό εμποδίζει την άντληση αίματος από τη δεξιά κοιλία. Ως αποτέλεσμα αυτής της συγγενούς ανωμαλίας, το αίμα που κανονικά ρέει από τη δεξιά πλευρά της καρδιάς στους πνεύμονες δεν το κάνει. Σύμφωνα με τους Guntheroth και Miyaki-Hull [53], το φαινόμενο Coanda είναι υπεύθυνο για την πίδακα που ρέει κάτω από το δεξί τοίχωμα της πνευμονικής αρτηρίας προς την πνευμονική βαλβίδα, όπου στη συνέχεια αντιστρέφει την κατεύθυνση και διατηρεί μια παράλληλη στήλη πίσω προς τη διακλάδωση. Είναι πιθανό η διάγνωση της πνευμονικής ατρησίας να παραλειφθεί εάν η ροή προς την αντίθετη κατεύθυνση θεωρηθεί ότι είναι εξώθηση από τη δεξιά κοιλία.

Η απεικόνιση με τη χρήση χαρτογράφησης ροής έγχρωμου Doppler είναι μια μέθοδος που έχει βρει ευρεία εφαρμογή σε θεραπευτικά περιβάλλοντα. Επειδή επιτρέπει την παρακολούθηση των αναγωγών της βαλβίδας και άλλων ανώμαλων ροών, χρησιμοποιείται συχνά για την αξιολόγηση της σοβαρότητας τέτοιων βλαβών. Από την άλλη πλευρά, η Ginghina [54] υποστηρίζει ότι το φαινόμενο Coanda μπορεί να αλλάξει την ερμηνεία των έγχρωμων εικόνων Doppler. Αυτό συμβαίνει επειδή το φαινόμενο Coanda επηρεάζει το μέγεθος του πίδακα και την κωδικοποίηση χρώματος, με αποτέλεσμα μικρότερες περιοχές πίδακα Doppler, αυξημένη διακύμανση και

ΦΑΙΝΟΜΕΝΟ COANDA

κωδικοποίηση αντίστροφης ταχύτητας. Σύμφωνα με τον Gingham, είναι επιτακτική ανάγκη να ληφθεί υπόψη αυτός ο αντίκτυπος προκειμένου να πραγματοποιηθεί «...μια ακριβής ηχοκαρδιογραφική αξιολόγηση της παλινδρόμησης της βαλβίδας και άλλων ανώμαλων ροών».

Η διαδικασία προσομοίωσης της φυσικής αναπνοής είναι γνωστή ως τεχνητή αναπνοή. Η φυσική αναπνοή επιτρέπει την πλήρη ανταλλαγή αερίων στο σώμα μέσω του πνευμονικού αερισμού, της εξωτερικής αναπνοής και της εσωτερικής αναπνοής. Η τεχνητή αναπνοή είναι η πράξη προσομοίωσης της φυσικής αναπνοής. Όταν δεν μπορεί να δημιουργηθεί μια ενδοφλέβια (IV) γραμμή, ένας ενδοτραχειακός σωλήνας χρησιμεύει ως εφεδρικό σύστημα χορήγησης για πολλά διαφορετικά φάρμακα. Χρησιμοποιείται επίσης για τον έλεγχο των αεραγωγών και τη μηχανική αναπνοή. Η τραχεία του ασθενούς ανοίγεται με την εισαγωγή του σωλήνα στην τραχεία προκειμένου να αποφευχθεί η απόφραξη του αεραγωγού και να επιτραπεί στον αέρα να φτάσει στους πνεύμονες. Ωστόσο, η πίεση που ασκείται από τις περιχειρίδες που περιέχονται στους σωλήνες αερισμού έχει τη δυνατότητα να προκαλέσει σοβαρή βλάβη στον βλεννογόνο που επενδύει την τραχεία. Ο Jackson [55] πρότεινε έναν ενδοτραχειακό σωλήνα με αυτο-φουσκωτό περιβραχιόνιο, στον οποίο «...το φαινόμενο Coanda, με το οποίο ένα στρωτό ρεύμα ροής αέρα τείνει να αγκαλιάζει και να ακολουθεί την κατεύθυνση μιας επιφάνειας, μπορεί να χρησιμοποιηθεί πλεονεκτικά για να οδηγήσει τον αέρα μέσα στην μανσέτα για λόγους φουσκώματος» (το φαινόμενο Coanda προκαλεί ένα ρεύμα αέρα να τείνει να αγκαλιάζει και να ακολουθεί την κατεύθυνση μιας επιφάνειας).

Μια συσκευή λογικής ρευστού είναι ένα σύστημα εξ ολοκλήρου υγρού που λειτουργεί με βάση την αρχή ότι ένας ελεύθερος πίδακας που ρέει σε ένα αποκλίνον κανάλι μπορεί να προσκολληθεί σε έναν από τους δύο τοίχους και ότι μπορεί να εξαναγκαστεί να διαχωριστεί από τον ένα τοίχο και να συνδεθεί στον άλλο μέσω του Φαινόμενο Coanda χρησιμοποιώντας μικρούς βοηθητικούς πίδακες που ρέουν μέσα από τρύπες στους τοίχους. Αυτό αλλάζει αποτελεσματικά την περιοχή χαμηλής πίεσης σε μια περιοχή σχετικά υψηλής πίεσης. Η ικανότητα παροχής ελέγχου χρησιμοποιώντας το φαινόμενο Coanda αντί της χρήσης μηχανικών στοιχείων αποτελεί μια σημαντική ευκαιρία στον τομέα της ιατρικής. Ένας στατικός αναπνευστήρας εφευρέθηκε από τον Baumont [56] για χρήση στην τεχνητή αναπνοή. Αποτελείται από δύο μικρές πνευματικές μονάδες που αποτελούνται ως επί το πλείστον από κεραμικό γυαλί (ένας μονοσταθερός ενισχυτής ρευστού και ένας δισταθής ενισχυτής ρευστού). Πιο πρόσφατα, ο Phuc [57] δημιούργησε έναν τεχνητό

ΦΑΙΝΟΜΕΝΟ COANDA

αναπνευστήρα υψηλής συχνότητας που είναι τόσο αποτελεσματικός όσο και μικρός. Χρησιμοποιεί συσκευές ελέγχου ρευστού που βασίζονται στο φαινόμενο Coanda, παρόμοιες με αυτές που αναφέρονται στην προηγούμενη παράγραφο.

Ωστόσο, παρά το γεγονός ότι η αρχή Coanda έχει πολλές εφαρμογές που είναι χρήσιμες στον ιατρικό τομέα, όπως αναφέρθηκε προηγουμένως, είναι σημαντικό να γνωρίζουμε ότι υπάρχουν ορισμένες περιπτώσεις στις οποίες μπορεί να είναι επιβλαβής. Το φαινόμενο Coanda, το οποίο λαμβάνει χώρα στην τραχεία, μπορεί, για παράδειγμα, να οδηγήσει σε ανομοιόμορφο φύσκωμα των πνευμόνων κατά τη διάρκεια του τεχνητού αερισμού σε έναν ασθενή που είναι παράλυτος και διασωληνωμένος και ο οποίος λαμβάνει θεραπεία με τραχειακό σωλήνα ενός αυλού. Η εμφάνιση δυναμικά παραπλανητικών φαινομένων ως αποτέλεσμα της αρχής Coanda θα πρέπει επίσης να αποφεύγεται καθώς μπορεί να οδηγήσει σε λανθασμένη διάγνωση καρδιακών ανωμαλιών. Αυτό είναι κάτι που πρέπει να αποφευχθεί πάση θυσία.

3.8 Ναυτιλιακή Τεχνολογία

Στον τομέα της θαλάσσιας μηχανικής, υπάρχουν πολλά διαφορετικά σενάρια στα οποία μπορεί να χρησιμοποιηθεί το φαινόμενο Coanda για τη βελτίωση της απόδοσης. Ένα από τα πιο συνηθισμένα παραδείγματα αυτού είναι οι ελιγμοί του πλοίου χαμηλής ταχύτητας και η δυναμική τοποθέτηση. Ωστόσο, σύμφωνα με το English [58], υπάρχουν πολυάριθμες περιπτώσεις που το βιώνουν σκάφη που είτε επιπλέουν είτε βυθίζονται όταν «...η παρουσία του συχνά μειώνει την απόδοση».

Μια χρήση του φαινομένου Coanda που έχει τη δυνατότητα να έχει δυσμενή αποτελέσματα είναι η πρόωση σκαφών. Για παράδειγμα, το Haynes [59] περιγράφει ένα σύστημα θαλάσσιας πρόωσης που είναι κατάλληλο για χρήση σε σκάφη που απαιτείται να λειτουργούν αποτελεσματικά σε διάφορες ταχύτητες, συμπεριλαμβανομένων των χαμηλών και υψηλών. Τα προβλήματα με το οριακό επίπεδο φαινόμενο Coanda είναι κοινά σε αυτούς τους τύπους συστημάτων. Ο Haynes προτείνει μια μέθοδο anti-Coanda για τον διαχωρισμό τόσο του πεδίου ροής του νερού πίδακα όσο και του πεδίου ροής του ωκεανού νερού υποστήριξης από το κύτος του σκάφους. Αυτό επιτυγχάνεται τροποποιώντας τις φέρουσες ιδιότητες του κύτους προκειμένου να μετατραπεί από μια άνωση σε μια υδροδυναμική επιφάνεια. Ο στόχος αυτής της μεθόδου είναι να προσπαθήσει να μειώσει το ποσό των απωλειών ώθησης που προκαλούνται από το φαινόμενο Coanda. Όταν ο

ΦΑΙΝΟΜΕΝΟ COANDA

χειρισμός ενός πλοίου γίνεται με χαμηλή ταχύτητα, εμφανίζεται ένα πρόβλημα που μοιάζει αρκετά με το προηγούμενο. Σε αυτό το σενάριο, όταν το πλοίο κάνει ελιγμούς για να πάει πίσω, η μη συμμετρική ροή και η πίεση στο κύτος μπορεί να δημιουργήσουν το φαινόμενο Coanda, το οποίο με τη σειρά του παράγει μια στιγμή στροφής στο πλοίο που μπορεί να μην αναμένεται. Λόγω της μειωμένης συμπαράταξης που παρατηρείται όταν συμβαίνει το φαινόμενο Coanda σε ένα ρεύμα που κινείται παράλληλα με ένα άλλο ρεύμα, η πρόσκρουση θα μειωθεί καθώς αυξάνεται η ταχύτητα του πλοίου.

Λόγω της αντίστασης που παρουσιάζει το υγρό, η υποβρύχια εξερεύνηση δεν ήταν πολύ επιτυχημένη μέχρι αυτό το σημείο, επειδή είναι δύσκολο να σπρώξετε σωστά ένα κύτος που είναι βυθισμένο στο νερό. Ωστόσο, οι Beese [60] συζητούν το σχεδιασμό και τη δοκιμή ενός υποβρύχιου οχήματος που ονομάζεται "Hydrorod". Αυτό το όχημα εκμεταλλεύεται το φαινόμενο Coanda για να μειώσει την ποσότητα αντίστασης υγρού που τοποθετείται στο κύτος του. Ένα περιφερειακό ακροφύσιο που βρίσκεται στο μπροστινό μέρος αυτού του υποβρυχίου με αεροδυναμικό σχήμα διώχνει το υγρό και το φαινόμενο Coanda κάνει αυτόν τον πίδακα να προσκολλάται και να περιβάλλει το σώμα. Αυτό επιτυγχάνει δύο στόχους ταυτόχρονα: μειώνει την ποσότητα αντίστασης του υγρού που βιώνει το κύτος και δημιουργεί ώθηση προς τα εμπρός μέσω της μεταφοράς μάζας. Σύμφωνα με τα αποτελέσματα πολλών δοκιμών, οι υποβρύχιοι συσκευές που κάνουν χρήση του φαινομένου Coanda προσφέρουν ορισμένα πλεονεκτήματα σε σχέση με τα συμβατικά μέσα πρόωσης όσον αφορά την ευελιξία τους και την ικανότητά τους να μειώνουν την αντίσταση..

Επιπρόσθετα, τα ημι-βυθιζόμενα σχέδια με προωστήρες αζιμουθίου υπό κλίση υπόκεινται σε προβλήματα αλληλεπίδρασης μεταξύ των εκροών πίδακα (επίσης γνωστά ως ολισθαίνοντα ρεύματα ή πλύσεις με προωθητή) και της δομής του σκάφους, εάν δεν ληφθούν μέτρα για την αποφυγή ή τον έλεγχό τους. Αυτά τα προβλήματα μπορεί να προκύψουν ακόμη και όταν ελέγχονται οι εκροές πίδακα. Έχει αναφερθεί από τον English [29] ότι «...πολλές περιπτώσεις του φαινομένου Coanda έχουν παρατηρηθεί κατά τη διάρκεια πειραματισμού με μοντέλα πλοίων και ημι-υποβρυχίων...» και υποστηρίζει ότι παρόμοια αποτελέσματα θα παρατηρηθούν σε πλοία πλήρους μεγέθους, σημειώνοντας ότι πρέπει να ληφθούν μέτρα όπως η τοποθέτηση πλάκας anti-Coanda (για τον περιορισμό της πρόσκρουσης του ολισθητικού ρεύματος).

ΦΑΙΝΟΜΕΝΟ COANDA

Τα ευρήματα ορισμένων φυσικών μοντέλων που πραγματοποιήθηκαν από τον English [58] υποδηλώνουν ότι «...οι αλληλεπιδράσεις που προκύπτουν από το φαινόμενο Coanda δεν περιορίζονται στις έλικες και το κύτος των μεμονωμένων πλοίων, αλλά μπορούν να παρατηρηθούν από πλοία που αλληλοεπιδρούν μεταξύ τους και με σταθερές δομές. ." (...οι αλληλεπιδράσεις που προκύπτουν από το φαινόμενο Coanda δεν περιορίζονται στις έλικες και στο κύτος των μεμονωμένων πλοίων). Για παράδειγμα, κατά τη ρυμούλκηση πλοίων μέσω ποταμών με περιορισμούς ή όταν ελλιμενίζονται τεράστια πλοία κοντά σε προβλήτες με συμπαγή τοιχώματα, είναι εξαιρετικά σημαντικό να δίνετε προσοχή στην κατεύθυνση στην οποία επικεντρώνεται η πλύση από την προπέλα του πλοίου. Το φαινόμενο Coanda μπορεί να δημιουργήσει μια απροσδόκητη στροφή στην πορεία ενός πλοίου, εάν είναι στραμμένο σε ρηχή γωνία σε άλλο σκάφος ή σε συμπαγή τοίχο. Αυτό μπορεί να προκαλέσει τη μετατόπιση της κατανομής πίεσης στο κύτος, κάτι που με τη σειρά του μπορεί να προκαλέσει τη στροφή του πλοίου.

3.9 Άλλες Εφαρμογές

Εκτός από τις πιο εμφανείς τεχνικές χρήσεις που αναλύθηκαν στις προηγούμενες ενότητες, το φαινόμενο Coanda έχει εφαρμοστεί πολύ αποτελεσματικά σε μια μεγάλη ποικιλία άλλων πεδίων, όπως το φιλτράρισμα της βροχής και των καταιγίδων. Η εκκένωση μιας σημαντικής ποσότητας νερού μέσω ενός καναλιού, όπως ένα στόμιο ή μια απορροή στην άκρη του δρόμου, είναι ο θεμελιώδης στόχος αυτών των ειδών συστημάτων διαχείρισης νερού. Ωστόσο, το νερό συχνά περιέχει λάσπη, άμμο, φύλλα και άλλα είδη υλικού που μπορούν να δημιουργηθούν μέσα στους αγωγούς, περιορίζοντας την απόδοση και, τελικά, αχρηστεύοντάς τους. Αυτό μπορεί να συμβεί επειδή το νερό μεταφέρεται συνήθως από ποτάμια. Ως αποτέλεσμα, έχει γίνει σημαντικός όγκος εργασίας για την αντιμετώπιση αυτού του ζητήματος. Επειδή μόνο το νερό μπορεί να ανακατευθυνθεί, πολλές από τις λύσεις περιλαμβάνουν τη χρήση του φαινομένου Coanda για τον διαχωρισμό του νερού από τα συντρίμια, κάτι που είναι απαραίτητο δεδομένου ότι μόνο το νερό μπορεί να ανακατευθυνθεί [61].

Το πιο διαδεδομένο θέμα της διήθησης του όμβριου νερού έχει συζητηθεί, για παράδειγμα, από τους Esmond [61], οι οποίοι προτείνουν να εξοπλιστεί μια είσοδος στο κράσπεδο σε μια αποχέτευση καταιγίδας με μια οθόνη Coanda και να τοποθετηθεί μεταξύ μιας ακατέργαστης

ΦΑΙΝΟΜΕΝΟ COANDA

λεκάνης εισόδου και μιας λεκάνης εξόδου. Αυτή η λύση είναι μόνο μία από τις πολλές που έχουν προταθεί. Το νερό που έχει φιλτραρισθεί αφήνεται να ταξιδέψει πάνω από την οθόνη και στη συνέχεια να πέσει μέσω αυτής στη λεκάνη εξόδου πριν συνεχίσει το ταξίδι του μέσω ενός σωλήνα εξόδου. Τα υπολείμματα και τα σκουπίδια που έχουν αιχμαλωτιστεί τοποθετούνται σε ένα καλάθι συγκράτησης, το οποίο μπορεί να αφαιρεθεί από την είσοδο στο κράσπεδο όταν είναι γεμάτο, ώστε να μπορεί να αδειάσει. Άλλες πρακτικές μέθοδοι που χρησιμοποιούν το φαινόμενο Coanda για τον καθαρισμό της απορροής των όμβριων υδάτων περιλαμβάνουν ένα συρμάτινο φίλτρο εκροής που δημιουργήθηκε από την Coanda.

Η επεξεργασία των λυμάτων είναι άλλος ένας τομέας στον οποίο έχει εφαρμοστεί με επιτυχία το φαινόμενο Coanda. Απαιτείται ο διαχωρισμός του εύπεπτου οργανικού υλικού από το άμμο και άλλα ορυκτά υλικά που παραδίδονται με τα λύματα προκειμένου να ενισχυθεί η λειτουργική αξιοπιστία των εγκαταστάσεων επεξεργασίας λυμάτων. Το τρίξιμο είναι ένας τύπος ορυκτής ουσίας. Ενώ είναι σημαντικό να αφαιρέσετε όσο το δυνατόν περισσότερο ορυκτό υλικό, είναι επίσης σημαντικό να διατηρηθεί το υψηλότερο δυνατό επίπεδο οργανικής περιεκτικότητας στα λύματα. Η καθίζηση με βαρύτητα (κανάλια άμμου) ή η φυγόκεντρη δύναμη (κυκλικές και στροβιλιστικές παγίδες) είναι οι δύο μέθοδοι που χρησιμοποιούνται για τον διαχωρισμό του κόκκου και στη συνέχεια απορρίπτεται ο μολυσμένος κόκκος από τη μονάδα επεξεργασίας λυμάτων, γεγονός που έχει ως αποτέλεσμα σημαντικό κόστος, σημαντική ταλαιπωρία και σπατάλη φυσικών πόρων. Από την άλλη πλευρά, πρόσφατα ανακαλύφθηκε μια νέα τεχνική που χρησιμοποιεί την αρχή Coanda και χάρη σε αυτήν, η άμμος μπορεί πλέον να καθαρίζεται και να ανακυκλώνεται για άλλους σκοπούς, όπως η στρωμή δρόμου. Χρησιμοποιώντας τη μείωση της ροής που συνδέεται με το φαινόμενο Coanda, τα στερεά στη ροή, τα οποία αποτελούνται σε μεγάλο βαθμό από σωματίδια κόκκων και οργανικά υπολείμματα, διαχωρίζονται από τα λύματα. Μετά από αυτό το βήμα, ο κόκκος πλένεται για να αφαιρεθούν τυχόν περαιτέρω οργανικά υπολείμματα που μπορεί να έχουν προσκολληθεί στα σωματίδια ορυκτού κόκκου. Τέλος, το τρίμμα που έχει καθαριστεί αφυδατώνεται στατικά πριν ξαναχρησιμοποιηθεί.

Το φαινόμενο Coanda μπορεί επίσης να χρησιμοποιηθεί σε διαδικασίες πλύσης και στεγνώματος ως διαφορετική εφαρμογή της θεωρίας. Είναι σημαντικό να καθαρίζετε και να στεγνώνετε τις ρομποτικές συσκευές που χρησιμοποιούνται σε κατασκευαστικές εργασίες που χρειάζονται εξαιρετικά υψηλούς βαθμούς καθαριότητας (για παράδειγμα, παραγωγή γκοφρετών ημιαγωγών).

ΦΑΙΝΟΜΕΝΟ COANDA

Χρησιμοποιώντας την αρχή Coanda, οι Talley και Atkins [62] περιγράφουν ένα εργαλείο καθαρισμού και στεγνώματος για ρομποτικούς τελικούς τελεστές που μειώνει τον χρόνο που χρειάζεται η διαδικασία, την ποσότητα του υγρού διεργασίας που χρησιμοποιείται και το μέγεθος του αποτυπώματος του.

Τα αυτόματα συστήματα πλύσης και στεγνώματος μηχανοκίνητων οχημάτων χρησιμοποιούν συχνά στεγνωτήρια που περιλαμβάνουν ένα ή περισσότερα ακροφύσια. Αυτά τα ακροφύσια μπορεί να ταλαντώνονται ή να παραμένουν ακίνητα, ανάλογα με το σχεδιασμό του στεγνωτηρίου. Εάν ταλαντώνονται, συχνά το κάνουν σε ένα μεγάλο εύρος γωνίας, το οποίο αναγκάζει το νερό να διοχετεύεται στο κέντρο του οχήματος και στη συνέχεια κάτω από το μπροστινό και το πίσω μέρος της κατασκευής. Ο Jones [63] είχε την ιδέα για ένα στεγνωτήριο που είχε τρία ακροφύσια που έδειχναν προς τα κάτω από την οροφή. Η ταλάντωση των ακροφυσίων συντονίζεται, με τα δύο πλευρικά ακροφύσια να ταλαντώνονται σε περιορισμένη εμβέλεια, το ένα στην πλευρά του συνοδηγού και το άλλο στην πλευρά οδήγησης του οχήματος, αντίστοιχα. Το νερό οδηγείται κατά μήκος των περιγραμμάτων της επιφάνειας του οχήματος και κάτω από τις πλευρές του οχήματος από τα πλαϊνά ακροφύσια, τα οποία βρίσκονται μεταξύ του κεντρικού ακροφυσίου και των δύο πλευρικών ακροφυσίων. Το κεντρικό ακροφύσιο, το οποίο βρίσκεται ανάμεσα στα δύο πλευρικά ακροφύσια, ταλαντώνεται σε μεγαλύτερο εύρος για να εκμεταλλευτεί το φαινόμενο Coanda.

Παραδοσιακά, ένας αναμικτήρας με λεπίδες ανάδευσης ή ροή πίδακα χρησιμοποιήθηκε για την εφαρμογή μιας επιφανειακής επίστρωσης (είτε λειτουργικής είτε προστατευτικής) σε κονιοποιημένο υλικό όπως σωματίδια, σφαιρίδια ή μικροσκοπικές ίνες. Αυτό έγινε για να επιτευχθεί το επιθυμητό αποτέλεσμα. Ωστόσο, είναι δύσκολο να εφαρμοστούν αυτές οι διαδικασίες σε κονιοποιημένα υλικά τάξης μικρομέτρων ή υπό-μικρών, επειδή τα λεπτά υλικά έχουν την τάση να σχηματίζουν μια συνολική μάζα ως αποτέλεσμα της δευτερογενούς πήξης, καθιστώντας αδύνατη τη χρήση αυτών των μεθόδων. Μετά από αυτό, ο όγκος μπορεί να σπάσει εύκολα ως αποτέλεσμα της αναγκαστικής μηχανικής ανάμειξης. Επιπλέον, το κονιοποιημένο υλικό και το υλικό επικάλυψης έχουν την τάση να κολλούν στο τοίχωμα της συσκευής επίστρωσης ενώ η διαδικασία επίστρωσης είναι σε εξέλιξη. Στην έρευνά τους, οι Horii και Sawazaki [64] προσφέρουν μια προσέγγιση που περιλαμβάνει την έγχυση του κονιοποιημένου υλικού σε μια σπειροειδή ροή Coanda, η οποία στη συνέχεια επεξεργάζεται με την ουσία επικάλυψης. Αυτή είναι μια προσπάθεια παράκαμψης των προκλήσεων που περιγράφονται παραπάνω.

ΦΑΙΝΟΜΕΝΟ COANDA

Ένα δίκτυο αεραγωγών χρησιμοποιείται συχνά για την παροχή αερισμού σε σήραγγες αυτοκινητοδρόμων. Ωστόσο, ένα σύστημα εκτίναξης πίδακα που φυσά κατά μήκος μέσα από τη σήραγγα είναι μια απλούστερη προσέγγιση που μπορεί να χρησιμοποιηθεί. Ωστόσο, αυτή η μέθοδος μπορεί να χρησιμοποιηθεί μόνο σε πολύ μικρές σήραγγες που έχουν δύο σωλήνες, καθένας από τους οποίους μεταφέρει μονόδρομη κυκλοφορία. Συνιστάται ο αερισμός να γίνεται στην ίδια κατεύθυνση με τη ροή της κυκλοφορίας. Ωστόσο, εάν υπάρχει ισχυρός άνεμος, μπορεί να χρειαστεί να αεριστείτε προς την αντίθετη κατεύθυνση του ανέμου. Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι οι μικρότερες σήραγγες είναι πιο ευαίσθητες στις επιπτώσεις του ανέμου από το περιβάλλον. Ως συνέπεια αυτού, σε τέτοιες σήραγγες απαιτείται να έχει εγκατασταθεί ένα δευτερεύον σύστημα εκτίναξης. Ο Etkin [65] παρουσίασε έναν τρόπο για να απαλλαγείτε από έναν από τους ανεμιστήρες χρησιμοποιώντας το φαινόμενο Coanda για να ανακατευθύνει το κύριο φύλλο αέρα (jet) προς τη σωστή κατεύθυνση. Αυτό θα τους επέτρεπε να καταργήσουν τον ανεμιστήρα. Το Nishimura [66] έχει κάνει πειραματική εργασία παρόμοιας φύσης στη σήραγγα οχημάτων που εκτείνεται κάτω από το κανάλι Welland στον Καναδά. Τα ευρήματά του αποκάλυψαν ότι «...η εφαρμογή του φαινομένου Coanda για αερισμό με αντλία πίδακα είναι πρακτική και ελκυστική». Ακόμη περαιτέρω χρήσεις του φαινομένου Coanda περιλαμβάνουν τη δημιουργία αεροτομών μείωσης οπισθέλκουσας για βαρέα οχήματα (HGV's) και ουρητήρια κατά του πιτσιλίσματος. Και οι δύο αυτές εφαρμογές χρησιμοποιούν την καμπύλη επιφάνεια του φαινομένου Coanda.

3.10 Εφαρμογή στην Αεροακουστική

Εξαιτίας των αυξημένων επιπέδων αναταράξεων που προσφέρουν γενικά οι συσκευές που χρησιμοποιούν αυτό το εφέ σε σύγκριση με τις συμβατικές ροές πίδακα, το φαινόμενο Coanda χρησιμοποιείται ή φιλοδοξείτε να χρησιμοποιηθεί σε μια μεγάλη ποικιλία αεροναυτικών και αεροδιαστημικών εφαρμογών. Αυτές οι εφαρμογές περιλαμβάνουν μια μεγάλη ποικιλία αεροσκαφών, καθώς και διαστημικών σκαφών. Ωστόσο, στις περισσότερες περιπτώσεις, τέτοιες βελτιώσεις δεν μπορούν να επιτευχθούν χωρίς προηγουμένως να παρατηρηθεί σημαντική αύξηση στην ποσότητα της σχετικής ακουστικής ακτινοβολίας. Λόγω αυτής της σαφώς αρνητικής παρενέργειας, τα πιθανά πλεονεκτήματα του φαινομένου Coanda δεν έχουν ακόμη πλήρως αξιοποιηθεί σε πολλές περιπτώσεις. Αυτό είναι ατυχές γιατί το φαινόμενο Coanda έχει πολλές εφαρμογές. Για παράδειγμα, στην επιχείρηση πετρελαίου, υπάρχουν πολλές καταστάσεις που

ΦΑΙΝΟΜΕΝΟ COANDA

προκύπτουν στις οποίες είναι επιθυμητό να απαλλαγούμε από μια τεράστια ποσότητα αερίου με τον πιο πρόσφορο και αποτελεσματικό τρόπο. Αυτό επιτυγχάνεται χρησιμοποιώντας μια τεχνική γνωστή ως flaring, η οποία περιλαμβάνει την καύση της βενζίνης.

Αρχικά, χρησιμοποιήθηκαν αυτά που είναι σήμερα γνωστά ως φωτοβολίδες σωλήνων. Ωστόσο, η ανάγκη για χαρακτηριστικά όπως η καύση χωρίς καπνό σε ένα ευρύ φάσμα ροών και περιστάσεων βενζίνης, η αξιοπιστία της ανάφλεξης της φωτοβολίδας από εξωτερικούς πιλότους και η σταθερότητα της φλόγας οδήγησαν γρήγορα στην εφεύρεση διαφορετικών τύπων φωτοβολίδων. Η εφαρμογή μιας θεμελιώδους ιδέας που είναι γνωστή ως το φαινόμενο Coanda, η οποία εφαρμόστηκε στο σχεδιασμό της έκλαμψης, ήταν ένα σημαντικό στάδιο στην ανάπτυξη αυτής της τεχνολογίας. Λόγω της ικανότητάς τους να αντλούν σημαντικές ποσότητες αέρα, οι φωτοβολίδες που χρησιμοποιούν το φαινόμενο Coanda έχουν τη δυνατότητα να προσφέρουν οφέλη που δεν είναι διαθέσιμα με άλλους τύπους φωτοβολίδων [67]. Αυτά τα οφέλη περιλαμβάνουν καύση χωρίς καπνό, αυξημένη απόδοση καύσης και μειωμένη θερμική ακτινοβολία. Επιπλέον, σε σύγκριση με άλλες φωτοβολίδες, μειώνουν σημαντικά την ποσότητα της ρύπανσης και του θορύβου που εκπέμπεται..

Παρά το γεγονός ότι οι φωτοβολίδες Coanda προσφέρουν μια σχετική βελτίωση όσον αφορά την ηχορύπανση, εξακολουθούν να αποτελούν πηγή σημαντικής ποσότητας ακουστικής ακτινοβολίας που δεν είναι επιθυμητή. Είναι γνωστό εδώ και πολύ καιρό ότι η ηχορύπανση είναι επιζήμια για τους βιομηχανικούς εργαζόμενους, τόσο ως προς την υγεία όσο και ως προς την παραγωγικότητά τους. Στις μέρες μας, η ηχορύπανση θεωρείται εξίσου μεγάλος βιομηχανικός κίνδυνος με την ατμοσφαιρική ρύπανση. Ως άμεσο αποτέλεσμα αυτού, υπάρχει νομοθεσία που ρυθμίζει τη μέγιστη ποσότητα θορύβου που μπορούν να υποστούν οι βιομηχανικοί εργαζόμενοι. Αν και αυτό οδήγησε στη διεξαγωγή πολλών μελετών σχετικά με τις πολλές διαφορετικές μορφές θορύβου που εκλύονται από βιομηχανικά μηχανήματα, έχει γίνει πολύ μικρή εργασία για την εκπομπή θορύβου που προκαλείται από το φαινόμενο Coanda.

Στην πραγματικότητα, το μεγαλύτερο μέρος των μελετών McMurray και Pratley [68] αυτού του είδους έχει επικεντρωθεί στη χρήση ασπίδας ή σάβανου προκειμένου να εκτραπεί ο θόρυβος. Αναπτύχθηκε μια θεωρία για την πρόβλεψη του TMN που εκπέμπεται από τον μοναδιαίο όγκο τύρβης διατμητικής στρώσης τύπου πίδακα κοντά σε ένα άκαμπτο επίπεδο και επεκτάθηκε σε ένα επίπεδο δισδιάστατο πίδακα τοίχου, ως μέρος μιας εναλλακτικής προσέγγισης στην οποία ο

ΦΑΙΝΟΜΕΝΟ COANDA

στόχος είναι η κατανόηση και η αλλαγή των θεμελιωδών μηχανισμών παραγωγής θορύβου υψηλής συχνότητας που σχετίζονται με τις ροές Coanda [69]. Αυτοί οι μηχανισμοί αναφέρονται ως Turbulent Mixing Noise (TMN) και Shock-Associated Noise (SAN). Αυτό το μοντέλο επεκτάθηκε στη συνέχεια για να προβλέψει τα αεροακουστικά χαρακτηριστικά μιας τρισδιάστατης τυρβώδους ροής πάνω από μια συγκεκριμένη επιφάνεια Coanda [70]. Αυτό έγινε αφού η πλειονότητα των ροών που έχουν πρακτική σημασία είναι τρισδιάστατες και η επιφάνεια είναι συχνά καμπύλη. Η θεωρία επεκτείνεται προς το παρόν σε επιφάνειες Coanda που παρατηρούνται πιο συχνά και οι συγκρίσεις με πειραματικά δεδομένα βρέθηκαν θετικές.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4^ο - Πολλαπλές χρήσεις το φαινομένου Coanda

4.1 Υδραυλική απόδοση των οθονών επίδρασης Coanda

Παρουσιάζεται ένα θεωρητικά βασισμένο υπολογιστικό μοντέλο για την πρόβλεψη της υδραυλικής απόδοσης οθονών Coanda. Αυτές χρησιμοποιούν ένα πλαίσιο οθόνης με κεκλιμένο σύρμα, σφηνωμένο σύρμα για την αφαίρεση λεπτών στρωμάτων ροής υψηλής ταχύτητας από το κάτω άκρο μιας υπερκρίσιμης ροής. Τα τυπικά ανοίγματα σχισμών είναι 1 mm ή λιγότερο και οι οθόνες είναι αυτοκαθαριζόμενες χωρίς κινούμενα μέρη. Τα χαρακτηριστικά εκ φόρτισης πολλών υλικών πλέγματος αξιολογήθηκαν σε εργαστηριακές δοκιμές και αναπτύχθηκε μια σχέση για τον υπολογισμό της εκκένωσης μέσω μιας επιφάνειας κεκλιμένων καλωδίων ως συνάρτηση του αριθμού Froude, της ειδικής ενέργειας και των αριθμών Reynolds και Weber. Ένα μοντέλο για την απόδοση πλήρων δομών οθόνης με αποτέλεσμα Coanda, προβλέπει το μήκος της τριφασικής οριακής γραμμής της οθόνης που απαιτείται για την αποδοχή μιας δεδομένης ροής. Οι προβλέψεις από το μοντέλο συγκρίνονται ευνοϊκά με τα αποτελέσματα από εργαστηριακές δοκιμές καθαρού νερού πολλών διαφορετικών δομών οθόνης μεγέθους πρωτοτύπου. Το μοντέλο θα επιτρέψει στους σχεδιαστές να διαστασιολογούν με ακρίβεια τις οθόνες και να αξιολογούν εναλλακτικές λύσεις σχεδίασης.[12]



Εικόνα 22: Οθόνη Coanda (1)

4.2 Ρευστά στοιχεία βασισμένα στο φαινόμενο Coanda

4.2.1 Ιστορία των ρευστών στοιχείων

Η κύρια ιδέα ήταν η χρήση ρευστών στοιχείων για τον έλεγχο συστημάτων και συσκευών σε όλες τις τεχνολογίες που περιλαμβάνουν τη χρήση υγρών. Τα στοιχεία ήταν απλά στην κατασκευή, είχαν σταθερά εξαρτήματα, η τιμή κατασκευής ήταν ελκυστική και μπορούσαν να τροφοδοτηθούν από σχεδόν οποιαδήποτε πηγή του υγρού υπό πίεση. Ένα ουσιαστικό πλεονέκτημα ήταν ότι τα ρευστά συστατικά ήταν σε θέση να εργαστούν πολύ χρόνο υπό ακραίες περιβαλλοντικές συνθήκες (παρουσία ηλεκτρομαγνητικών ή πυρηνικών ακτινοβολιών) και έχοντας ακίνητα μέρη. Οι αλλαγές στο χρόνο της λειτουργίας δεν ήταν σημαντικές.

Μετά από μια περίοδο έντονης ανάπτυξης στις δεκαετίες του '60 και του '70, όταν αναπτύχθηκαν πολλές επιστημονικές εργασίες και στοιχεία, πραγματοποιήθηκαν ετήσια συνέδρια, υπήρξε μια μακρά περίοδος σιωπής και κατά συνέπεια τα κύρια επιτεύγματα στον τομέα του αυτόματου ελέγχου έγιναν με τη χρήση υπολογιστών και ηλεκτρικών συσκευών. Τώρα, μετά από πολλά χρόνια τα ρευστά στοιχεία αρχίζουν και πάλι να προωθούνται, αυτή τη φορά σε συγκεκριμένες εφαρμογές όπως οι ηλεκτρικές συσκευές και μπορούν να αντικατασταθούν σύμφωνα με την τιμή και τις συνθήκες εργασίας.

Αυτή η τεχνολογία χρησιμοποιείται σε εφαρμογές όταν ο κύριος παράγοντας είναι υγρό ή άλλο υγρό υπό πίεση και σε περίπτωση που τα συστήματα λειτουργούν με αέρα, η τεχνολογία ονομάζεται χρονική πνευμονική. Οι κύριες εφαρμογές των ρευστών χρησιμοποιούνται ως ειδικά στοιχεία σε: συστήματα αεροσκαφών, πυραύλους και διαστημόπλοια ή πυρηνικά πεδία . Γενικά, η ταξινόμηση των ρευστών στοιχείων γίνεται μετά τις λειτουργίες που εκτελούνται και κυρίως με βάση τα φαινόμενα λειτουργίας που χρησιμοποιούνται. Με βάση τη λειτουργία οι δύο κύριες κατηγορίες ρευστών στοιχείων είναι: αναλογικά και ψηφιακά. Τα ψηφιακά ή λογικά στοιχεία λειτουργούν με ψηφιακή λογική και η κατάσταση στην έξοδο των στοιχείων είναι "0" ή "1". Στα αναλογικά στοιχεία το υγρό που ρέει από την παροχή πίεσης μπορεί να ελεγχθεί αναλογικά σε ορισμένα όρια μεταβάλλοντας τα χαρακτηριστικά της ρευστής εισόδου και έτσι επιτυγχάνεται συνεχής συσχέτιση μεταξύ της εισόδου και της εξόδου.

4.2.2 Η συμβολή του Coanda στα ρευστά στοιχεία

Η λειτουργία αυτών των στοιχείων βασίζεται στο φαινόμενο Coanda που διατηρεί την προσάρτηση του κύριου πίδακα από τη ροή τροφοδοσίας στον τοίχο, παράγοντας ροή εξόδου στο τέλος της συσκευής. Με την αλλαγή της ροής ή της πίεσης ελέγχου, είναι δυνατόν να βασίζεται ο κύριος πίδακας της ροής στην άλλη έξοδο της συσκευής και να επιτυγχάνεται ξανά σταθερή λειτουργία. Η διαδικασία του εξαρτήματος αεριοθούμενων αεροπλάνων δεν είναι τόσο απλή και οι μέθοδοι για να αλλάξουν τα κύρια αεριοθούμενα αεροπλάνα μελετώνται σε πολλά έγγραφα.

Η κατασκευή του στοιχείου είναι απλή, γενικά το στοιχείο γίνεται σε μια πλάκα στην οποία χαράσσεται η αεροδυναμική διαμόρφωση. Μια άκαμπτη πλάκα επιπέδου στερεωμένη με βίδες τοποθετείται σε αυτή την πλάκα και στην εξωτερική της πλευρά υπάρχουν ορισμένα συγκεκριμένα στοιχεία που εξασφαλίζουν τις συνδέσεις με την παροχή αέρα και τις ρευστές εισόδους και εξόδους. Το κύριο αεριοθούμενο αεροπλάνο προκαλεί μια περιοχή χαμηλής πίεσης αποκαλούμενη «φυσαλίδα προσκόλλησης» κοντά στην καμπύλη επιφάνεια του τοίχου και ο πίδακας προσκολλάται στην καμπύλη επιφάνεια και παραμένει σε σταθερή κατάσταση. Εάν μια έγχυση υγρού αέρα εφαρμόζεται από το αντίθετο μέρος από έναν πίδακα ή έστω μια αλλαγή στην πίεση, έχει ως αποτέλεσμα ο κύριος πίδακας να αιωρείται από το δεξί τοίχωμα στον άλλο συμμετρικό τοίχο και προσκολλάται σε αυτή τη νέα θέση. Αφού περάσει την κύρια συμμετρική κεντρική γραμμή των στοιχείων, η κύρια ροή θα προσκολληθεί στο αντίθετο και ο πίδακας ελέγχου μπορεί να σταματήσει, με τη νέα θέση να είναι σταθερή. Μια κατηγορία ρευστών λογικών στοιχείων με βάση το φαινόμενο Coanda μελετήθηκε και αναπτύχθηκε στο Πανεπιστήμιο Politehnica του Βουκουρεστίου.

Το πρώτο ρευστό λογικό στοιχείο που παρέχεται με αέρα σε χαμηλή πίεση με βάση το φαινόμενο Coanda υπολογίστηκε, υλοποιήθηκε και με βάση ορισμένα πειράματα αναπτύχθηκε μια μεθοδολογία για τη χρήση αυτών των στοιχείων.

4.2.3 Ερευνητικό μέρος

Στις επιστημονικές εργασίες του Dumitrache Ion αναπτύσσεται μια ειδική θεωρία για τις αναλύσεις και τις συνθέσεις των λογικών ρευστών συστημάτων με βάση τον προσαρτημένο πίδακα, συμπεριλαμβανομένων γενικών μοντέλων για τη λογική συνάρτηση. Το πρώτο ρευστό λογικό στοιχείο που τροφοδοτείται με αέρα σε χαμηλή πίεση με βάση το φαινόμενο Coanda υπολογίστηκε και πραγματοποιήθηκε και με βάση ορισμένα πειράματα αναπτύχθηκε μια μεθοδολογία για τη χρήση αυτών των στοιχείων.[14]

Οι έρευνες για τα αεριοθούμενα αεροπλάνα με την συμβολή του φαινομένου Coanda πραγματοποιήθηκαν μεταξύ 1970-1973 στα ινστιτούτα IMFA και INCREST. Επίσης, πολλές τεχνικές εκθέσεις και ειδικές συσκευές που χρησιμοποιούσαν το εξάρτημα αεριοθούμενων αεροπλάνων πραγματοποιήθηκαν την ίδια χρονική περίοδο. Οι μελέτες έγιναν από τους Σαβουλέσκου Στέφαν, Ζαγκανέσκου Φλορίν και Ντουμιτρέσκου Χορία και το γενικό έργο ξεκίνησε και διεξήχθη προσωπικά για κάποιο χρονικό διάστημα από τον Χένρι Κοάντα.

Η ερευνητική ομάδα Ρευστό-μηχανικής του Πολυτεχνείου της Κλουζ-Ναπόκα έχει αναπτύξει από τη δεκαετία του '80, έναν σημαντικό αριθμό ερευνητικών έργων σχετικά με τη χρήση των ρευστών στοιχείων στην αυτοματοποίηση μιας ψυκτικής εγκατάστασης που παράγεται από την Tehnofrig Cluj-Napoca. Ο κύριος στόχος ήταν ο σχεδιασμός και η κατασκευή ενός διστακτικού ρευστού ενισχυτή που θα λειτουργούσε σε ένα διαφασικό καθεστώς: με λάδι για την παροχή και αέρα.

Τα έγγραφα που έκαναν τα τελευταία χρόνια οι Cotetiu A., Cotetiu M. και Alexandrescu M. παρουσιάζουν μια νέα λύση σχετικά με την εφαρμογή των ρευστών ψηφιακών συσκευών στον πιεστικό έλεγχο αντοχής ενός πνευματικού περιστρεφόμενου τρυπανιού σφυριού. Το μονοσταθερό στοιχείο, που σχεδιάζεται και προτείνεται από αυτήν την ομάδα είναι μια πρόσθετη συσκευή, με ένα ασυμπιεστο ρευστό ως κύριο αεριοθούμενο και συμπιεσμένο ρευστό ως αεριοθούμενο αεροπλάνο εντολών. Εδώ επισημαίνονται μόνο μια προκαταρκτική ανασκόπηση των κύριων επιστημονικών έργων που πραγματοποιήθηκαν στη Ρουμανία σχετικά με τα ρευστά που χρησιμοποιούνται στο φαινόμενο Coanda. Βέβαια, ο τομέας των έργων είναι πιο ανεπτυγμένος και μπορεί να περιλαμβάνει πολλές μελέτες.

ΦΑΙΝΟΜΕΝΟ COANDA

Οι προσπάθειες για την ανάπτυξη νέων ρευστών στοιχείων και νέων ρευστών λύσεων για τον έλεγχο των διεργασιών έχουν οδηγήσει σε μεγάλη ποικιλία στοιχείων και πάρα πολλά πειράματα σε όλο τον κόσμο και ειδικά στις Η.Π.Α. Αλλά το πρακτικό αποτέλεσμα όσον αφορά τη χρήση των ρευστών ήταν περιορισμένο. Η κύρια αιτία αυτής της κατάστασης ήταν τα ρευστά στοιχεία που καλύπτουν με συγκεκριμένες λειτουργίες όλα τα γενικά στοιχεία που χρησιμοποιούνται στον αυτόματο έλεγχο, τα οποία είναι: ένας αισθητήρας, μορφοτροπείς, ενισχυτές, λογικά στοιχεία, διακόπτες. Όμως για τα στοιχεία εκτέλεσης (που πρέπει να δρουν και να αναπτύσσουν ενεργές δυνάμεις και στιγμές στη διαδικασία) τα συστήματα πρέπει να συνδυάζονται με ηλεκτρικά ή υδραυλικά στοιχεία.

Όπως καταλαβαίνουμε η κατάσταση αυτή είναι πιθανό να έχει και πολλές συνέπειες οι οποίες είναι οι εξής:

1. Η γενική βιωσιμότητα του συστήματος επηρεάζεται επειδή ο αριθμός των εξαρτημάτων αυξάνεται θεαματικά
2. Προκαλεί στο αυτόματο σύστημα ορισμένα στοιχεία με κινούμενα μέρη, οπότε το όφελος του ρευστού μεταβλήθηκε
3. Αυξάνει τη γενική τιμή αναμειγνύοντας στοιχεία από διαφορετικές τεχνολογίες

Μεταξύ 1973-1979 είχε ξεκινήσει και αναπτυχθεί στη Ρουμανία ένα σχέδιο στον τομέα αυτό, προκειμένου να σχεδιαστεί μια κατηγορία ρευστών στοιχείων εκτέλεσης με τη χρήση του αποτελέσματος Coanda. Το πεδίο εφαρμογής ήταν να ληφθούν ορισμένα στοιχεία ικανά να διοικούνται και να δρουν απευθείας στις βιομηχανικές διαδικασίες, ικανά να λειτουργούν ειδικά σε μολυσμένες εγκαταστάσεις και πυρηνικές εφαρμογές, όπου οι έντονες ακτινοβολίες καθιστούσε αδύνατη τη χρήση των ηλεκτρονικών εξαρτημάτων του υπολογιστή και άλλων συσκευών.[7]

4.2.4 Ταξινόμηση των ρευστών

Η ταξινόμηση μετά τη λειτουργία περιλαμβάνει αναλογικές συσκευές όπως:

- ρευστοί ενισχυτές στους οποίους η χαμηλή τιμή των πιέσεων ή των ροών εισόδου μπορεί να ελέγξει υψηλότερες πιέσεις ή ροές εξόδου

ΦΑΙΝΟΜΕΝΟ COANDA

- ρευστοί ταλαντωτές στους οποίους μπορεί να ληφθεί πίεση εκτόξευσης ή ποσότητες αέρα σε διαφορετικές συχνότητες μεταβάλλοντας μια είσοδο.

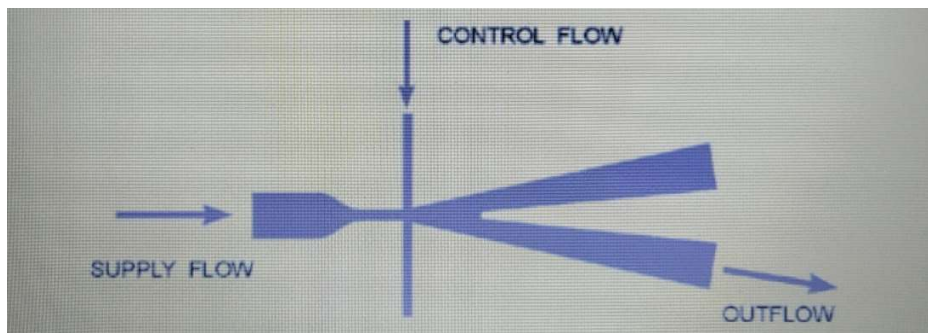
Ρευστή λογική ή ψηφιακά στοιχεία όπως:

- ρευστά διστακτικά στοιχεία
- μονο-σταθερά στοιχεία.

Η ταξινόμηση μετά τις αρχές λειτουργίας χωρίζει τα ρευστά στοιχεία σε τρεις κατηγορίες:

- στοιχεία που βασίζονται στην αλληλεπίδραση jet
- στοιχεία προσάρτησης με βάση το φαινόμενο Coanda
- στοιχείο στροβίλου με βάση τη διατεταγμένη μετάβαση του αεριοθούμενου αεροσκάφους από ένα στρωτό καθεστώς σε ένα ταραχώδες καθεστώς.

Η αναλυθείσα κατηγορία ρευστών στοιχείων είναι η κατηγορία συγκεκριμένων λογικών, γενικών διστακτικών στοιχείων με βάση το φαινόμενο Coanda. Ο γενικός σχεδιασμός για ένα ρευστό στοιχείο αυτής της κατηγορίας παρουσιάζεται στην παρακάτω εικόνα που αναπαράγεται από μια βασική εργασία σε αυτόν τον τομέα.



Εικόνα 23: Σχεδιασμός ρευστού στοιχείου (14)

4.2.5 Κατασκευή στοιχείου

Η λειτουργία αυτών των στοιχείων βασίζεται στο φαινόμενο Coanda που διατηρεί την προσάρτηση του κύριου πίδακα από τη ροή τροφοδοσίας στον τοίχο, παράγοντας μια ροή εξόδου στο τέλος της συσκευής. Αλλάζοντας τη ροή ή την πίεση ελέγχου, είναι δυνατό να βασανιστεί ο κύριος πίδακας της ροής στην άλλη έξοδο της συσκευής και να επιτευχθεί ξανά μια σταθερή

ΦΑΙΝΟΜΕΝΟ COANDA

λειτουργία. Η διαδικασία της προσάρτησης του πίδακα δεν είναι τόσο απλή και οι μέθοδοι εναλλαγής των κύριων πίδακες μελετώνται σε πολλά έγγραφα.

Η κατασκευή του στοιχείου είναι απλή, γενικά το στοιχείο γίνεται σε μια πλάκα στην οποία είναι χαραγμένη η αεροδυναμική διαμόρφωση. μια άκαμπτη πλάκα επιπέδου στερεωμένη με βίδες είναι τοποθετημένη σε αυτή την πλάκα και στην εξωτερική της πλευρά υπάρχουν ορισμένα συγκεκριμένα στοιχεία για τη διασφάλιση των συνδέσεων με την παροχή αέρα και τις ρευστές εισόδους και εξόδους. Ο κύριος πίδακας που εγχέεται προκαλεί μια περιοχή χαμηλής πίεσης που ονομάζεται "φουσαλίδα προσάρτησης" κοντά στην καμπύλη επιφάνεια του τοιχώματος και ο πίδακας προσκολλάται στην καμπύλη επιφάνεια και παραμένει σε σταθερή κατάσταση. Εάν εφαρμοστεί έγχυση υγρού αέρα από το αντίθετο μέρος με πίδακα ή αλλαγή στην πίεση, ο κύριος πίδακας ταλαντεύεται από το δεξιό τοίχωμα στο άλλο συμμετρικό τοίχωμα και συνδέεται σε αυτή τη νέα θέση. Αφού περάσει η κύρια συμμετρική κεντρική γραμμή των στοιχείων, η κύρια ροή θα προσκολληθεί στο αντίθετο και ο πίδακας ελέγχου μπορεί να σταματήσει, η νέα θέση είναι σταθερή.

4.2.6 Η ανάπτυξη των ρευστών στοιχείων και οι συνέπειες

Οι προσπάθειες για την ανάπτυξη νέων ρευστών στοιχείων και νέων ρευστών λύσεων για τον έλεγχο της διεργασίας έχουν οδηγήσει σε μεγάλη ποικιλία στοιχείων και πάρα πολλά πειράματα σε όλο τον κόσμο και ειδικά στις Η.Π.Α. Αλλά το πρακτικό αποτέλεσμα όσον αφορά τη χρήση των ρευστών διαλυμάτων ήταν περιορισμένο. Η κύρια αιτία για αυτή την κατάσταση ήταν ότι τα ρευστά στοιχεία καλύπτουν με συγκεκριμένες λειτουργίες όλα τα γενικά στοιχεία που χρησιμοποιούνται στον αυτόματο έλεγχο: αισθητήρα, μορφοτροπείς, ενισχυτές, λογικά στοιχεία, διακόπτες αλλά για τα στοιχεία εκτέλεσης (που πρέπει να ενεργούν και να αναπτύσσουν ενεργές δυνάμεις και ροπές στη διαδικασία) τα συστήματα πρέπει να συνδυάζονται με ηλεκτρικά ή υδραυλικά στοιχεία.

Αυτή η κατάσταση έχει πολλές συνέπειες:

- η γενική βιωσιμότητα του συστήματος επηρεάστηκε επειδή ο αριθμός των εξαρτημάτων αυξήθηκε θεαματικά,

ΦΑΙΝΟΜΕΝΟ COANDA

- προκαλεί στο αυτόματο σύστημα έναν αριθμό στοιχείων με κινούμενα μέρη, οπότε το όφελος της ρευστής μεταβλήθηκε
- αυξάνει τη γενική τιμή αναμειγνύοντας στοιχεία από διαφορετικές τεχνολογίες

4.2.7 Ρουμανικό ερευνητικό πρόγραμμα

Μεταξύ 1973-1979 ένα έργο σε αυτόν τον τομέα είχε ξεκινήσει και αναπτυχθεί στη Ρουμανία προκειμένου να σχεδιαστεί μια κατηγορία ρευστών στοιχείων εκτέλεσης χρησιμοποιώντας το φαινόμενο Coanda. Το πεδίο ήταν να αποκτηθούν ορισμένα στοιχεία ικανά να διοικηθούν και να δράσουν άμεσα στις βιομηχανικές διεργασίες, ικανά να λειτουργήσουν ειδικά σε μολυσμένες περιοχές και πυρηνικές εφαρμογές όπου οι έντονες ακτινοβολίες κατέστησαν αδύνατη τη χρήση των ηλεκτρονικών εξαρτημάτων υπολογιστών και άλλων συσκευών.

Η Ρουμανική Επιτροπή Πυρηνικής Ενέργειας ήταν ο τελικός χρήστης αυτού του ερευνητικού προγράμματος. Η αρχή έγινε με κάποιες γενικές μετρήσεις σε πίδακες και ρευστά κλασικά στοιχεία.

Τα πειράματα έγιναν στα Ινστιτούτα IMFCA και INCREST και στα πειράματα χρησιμοποιήθηκε ένα ανεμομετρικό σύστημα μέτρησης θερμού σύρματος. Το κύριο καθήκον ήταν κυρίως να αναπτυχθεί ένα ρευστό διστακτικό στοιχείο ικανό να ανταποκριθεί σε ορισμένες συγκεκριμένες συνθήκες, και συγκεκριμένα:

- να χρησιμοποιούν πεπιεσμένο βιομηχανικό αέρα στην κανονική βιομηχανική πίεση (μεταξύ 2-4 Bar) και ποιότητα,
- να έχει απλό σχεδιασμό ώστε να επιτυγχάνεται εύκολα χωρίς ειδικές τεχνολογίες,
- να υπάρχει συγκεκριμένη μέθοδος και αλγόριθμος για τους υπολογισμούς των επιδόσεων, προκειμένου να αναπτυχθεί σε αυτή τη βάση μια κατηγορία ρευστών στοιχείων εκτέλεσης

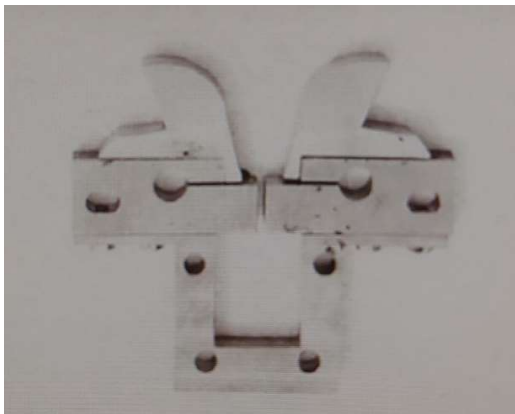
Η προσάρτηση στους πίδακες τυρβωδών τοίχων έχει μελετηθεί έντονα τόσο θεωρητικά όσο και πειραματικά, αλλά εκείνη την εποχή στον τομέα των ρευστών στοιχείων που εργάζονται σε βιομηχανική πίεση τα αποτελέσματα ήταν πολύ λίγα.

Στον συγκεκριμένο τομέα ορισμένα μοντέλα και στοιχεία είναι σημαντικά:

ΦΑΙΝΟΜΕΝΟ COANDA

- Ο Newman (1961) πρότεινε ένα μοντέλο ροής για την εκτίμηση της απόστασης επανασύνδεσης, με βάση μετρήσεις επιφανειακής πίεσης,
- Ο Olson (1967) ανέπτυξε ένα θεωρητικό μοντέλο για την προσάρτηση του ηχητικού και υπερηχητικού πίδακα,
- Ο F.Bavagnoli (1967) ανέπτυξε ένα μοντέλο για ρευστό ενισχυτή χρησιμοποιώντας υπερηχητικά και συμπιεστά υγρά,
- Οι Bourque (1967) και Perry (1967) έκαναν μελέτες για τη μοντελοποίηση της ροής προκειμένου να προβλέψουν την απόσταση επανασύνδεσης του πίδακα,
- Ο Sawyer (1963) αναλώνει τις δισδιάστατες ροές επανασύνδεσης τζετ, συμπεριλαμβανομένης της επίδρασης της καμπυλότητας στην έλξη. Ξεκινώντας από θεωρητικά μοντέλα και με βάση κάποια δοκιμασμένη διαμόρφωση προκειμένου να αποκτήσει εξαρτήματα πίδακα ισχύος σε τοίχους, ο συγγραφέας ανέπτυξε το 1978 μια πρωτότυπη διαμόρφωση για ένα ρευστό στοιχείο βασισμένο στο φαινόμενο Coanda.

Ο γενικός σχεδιασμός αυτού του στοιχείου βρίσκεται στην παρακάτω εικόνα όπου παρουσιάζεται φωτογραφικά το καλύτερο μεταλλικό μοντέλο.

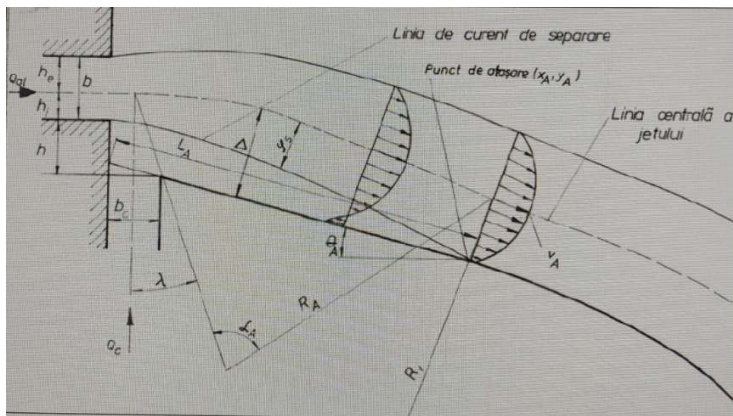


Εικόνα 24: Μεταλλικό μοντέλο (14)

Ένα ισχυρό σημείο αυτής της διαμόρφωσης ήταν το γεγονός ότι το στοιχείο έχει τρεις σταθερές θέσεις. Η κύρια σταθερή θέση ήταν όπου ο κύριος πίδακας ήταν ελεύθερος και δεν ήταν στερεωμένος σε κανένα τοίχο και οι άλλες δύο σταθερές θέσεις λαμβάνονταν όταν ο κύριος πίδακας ελεγχόταν και αναγκάζόταν να προσκολληθεί στον δεξιό ή αριστερό τοίχο. Τα θεωρητικά μοντέλα που χρησιμοποιήθηκαν για την επίτευξη μιας καλής προσάρτησης και για το σχεδιασμό μιας βέλτιστης διαμόρφωσης για την καμπυλότητα των τοίχων ήταν:

ΦΑΙΝΟΜΕΝΟ COANDA

- τα μοντέλα Prandtl - Schlichting για ελεύθερη επέκταση πίδακες αέρα από ορθογώνιο ακροφύσιο σε υποηχητικό καθεστώς και τη μέθοδο χαρακτηριστικών όταν ο πίδακας πέρασε τις ηχητικές συνθήκες. Η χρήση δύο μοντέλων ήταν υποχρεωτική επειδή το επιβαλλόμενο καθεστώς πίεσης παροχής αέρα ήταν μεταξύ 2 Bar και 6 Bar.
- το μοντέλο Olson της προσάρτησης τοίχου για το φαινόμενο Coanda εφαρμόζεται σε ηχητικούς και υπερηχητικούς πίδακες.
- το μοντέλο της φυσαλίδας διαχωρισμού κοντά στον κύριο πίδακα και τον έλεγχο του εξαρτήματος.
- Όλα αυτά τα μοντέλα ενσωματώθηκαν σε ένα πρωτότυπο υπολογιστικό πρόγραμμα που μπορεί να εκτελεστεί σε υπολογιστή PC



Εικόνα 25: Παράμετροι εισόδου-εξόδου (14)

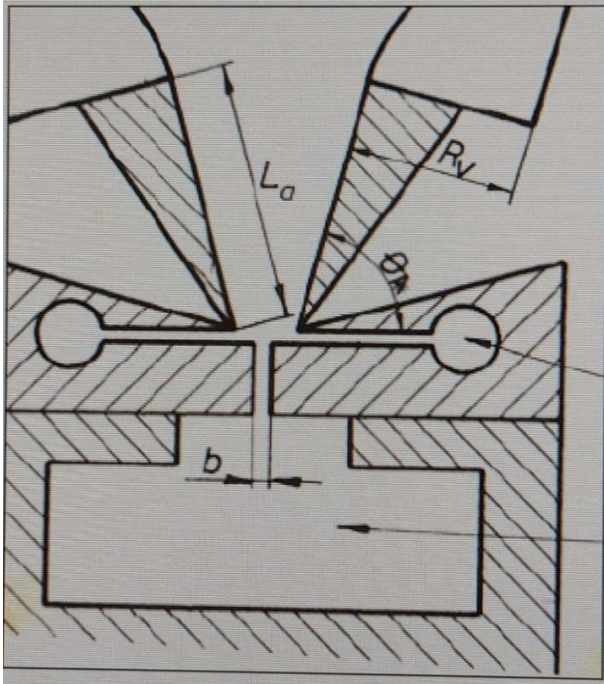
Οι παράμετροι εισόδου όπου οι τιμές των κύριων παραμέτρων για τη χρήση του νέου ρευστού στοιχείου παρουσιάζονται γεωμετρικά στην παραπάνω εικόνα.

Τα αποτελέσματα εξόδου του υπολογισμού για μια καθορισμένη διαμόρφωση ήταν η τιμή της πίεσης αέρα ελέγχου, η πίεση στη φυσαλίδα προσάρτησης (αυτή η τιμή είναι απαραίτητη για πειράματα επειδή είναι εύκολο να μετρηθεί) και η θέση του σημείου προσάρτησης. Τα θεωρητικά αποτελέσματα αυτού του υπολογιστικού προγράμματος επιβεβαιώθηκαν με καλή προσέγγιση με τα αποτελέσματα Olson και με τα αποτελέσματα που ελήφθησαν από πιο πρόσφατες μελέτες που έγιναν από τον Katz (1992) και άλλους ερευνητές.

Με βάση το πρόγραμμα που δοκιμάστηκε για 100 παραλλαγές, επιλέχθηκαν περίπου 20 διαμορφώσεις. Για αυτές τις 20 διαμορφώσεις αποφασίστηκε να γίνουν πειραματικά μοντέλα και

ΦΑΙΝΟΜΕΝΟ COANDA

μετρήσεις σε αυτές και να ελεγχθεί η σωστή λειτουργία των ρευστών στοιχείων. Για την επιλογή των καλύτερων διαμορφώσεων χρησιμοποιείται η μέθοδος του παραγοντικού πειραματικού που ονομάζεται μέθοδος Box- Wilson για τον προγραμματισμό πειραμάτων. Οι δοκιμές έγιναν σε δομή μεταλλικών μοντέλων όπως στην εικόνα 20 και οι γεωμετρικές παράμετροι που επιλέχθηκαν να αλλάξουν παρουσιάζονται στην παρακάτω εικόνα.



Εικόνα 26: Γεωμετρικές παράμετροι (14)

Το πεδίο διακύμανσης για τις παραμέτρους αυτές ορίστηκε ως εξής:

- την πίεση τροφοδοσίας αέρα για τον κύριο πίδακα μεταξύ 2 Bar και 6 Bar,
- η διάσταση του ακροφυσίου του κύριου πίδακα μεταξύ 1 και 3 mm,
- η ακτίνα του καμπύλου τοιχώματος μεταξύ 10 και 30 mm,
- η γωνία τοιχώματος μεταξύ 10 και 30 μοιρών.

Τα γενικά αποτελέσματα προέκυψαν από τα θεωρητικά αποτελέσματα και από την εφαρμογή του μοντέλου Olson όπου επιτεύχθηκαν ορισμένα καλά αποτελέσματα σταθερής προσάρτησης για τη διάσταση 2 mm του ακροφυσίου του κύριου πίδακα και την ακτίνα του καμπύλου τοιχώματος μεταξύ 30 και 40 mm. Το βάθος των καναλιών ήταν 10 mm.

ΦΑΙΝΟΜΕΝΟ COANDA

Το προφίλ ταχύτητας στον πίδακα προσάρτησης διερευνήθηκε με ανεμόμετρο θερμού σύρματος για πρώτη φορά στη Ρουμανία και η διαδικασία προσδιορισμού είναι δύσκολο να γίνει λόγω των μικρών διαστάσεων του στοιχείου και της υψηλής πίεσης των πίδακες. Πειράματα σε αυτόν τον τομέα έγιναν από τους Lai και Lu (1996) για γωνία τοιχώματος μεταξύ 15° και 45° και έξοδο ακροφυσίου Reynolds αριθμός 10.000, χρησιμοποιώντας ανεμόμετρα θερμού σύρματος σταθερής θερμοκρασίας. Μια άλλη μελέτη μιας ροής σε έναν πίδακα κεκλιμένου τοιχώματος διεξήχθη από τους ίδιους συγγραφείς Lai και Lu το (2000) με μια νέα τεχνολογία μέτρησης χρησιμοποιώντας ένα ανεμόμετρο doppler λέιζερ δύο συστατικών (LDA). Μετά από αυτές τις θεωρητικές και πειραματικές μελέτες, η βελτιστοποιημένη παραλλαγή του ρευστού στοιχείου με τρεις σταθερές θέσεις εξόδου για πίδακες ήταν έτοιμη να χρησιμοποιηθεί σε ορισμένες εφαρμογές με χρόνο μεταγωγής που μετρήθηκε μεταξύ 2 και 8 msec.

4.2.8 Συμπεράσματα

Με βάση τα παραπάνω δεδομένα συμπεραίνουμε τα εξής:

1. Η λύση ρευστών στοιχείων χρησιμοποιώντας το Φαινόμενο Coanda ακόμη και για στοιχεία εκτέλεσης είναι δυνατή και παρουσιάζει ανώτερα πλεονεκτήματα έναντι των υπάρχουσών λύσεων από την ασφάλειά του στη λειτουργία σε εχθρικά περιβάλλοντα.
2. Τα θεωρητικά μοντέλα και ο αλγόριθμος υπολογισμού επαληθεύτηκαν και συμφωνούν καλά με τα πειράματα και οι προβλέψεις του μοντέλου καλύπτουν τις απαιτήσεις για το σχεδιασμό των ρευστών στοιχείων. Ο γενικός σχεδιασμός για ρευστά στοιχεία συνίσταται στη χρήση ορθογώνιων καναλιών ροής. Η θεωρητική προσέγγιση της μελέτης ανταποκρίνεται στις απαιτήσεις του τεχνικού σχεδιασμού.
3. Η κατεύθυνση για την ανάπτυξη του ρευστού στοιχείου χρησιμοποιώντας το Φαινόμενο Coanda δεν εγκαταλείπεται, μερικές πρόσφατες εργασίες είναι η απόδειξη ενός αυξανόμενου ενδιαφέροντος για αυτόν τον τομέα. [14]

4.3 Η συμβολή του φαινομένου Coanda στους εκτοξευτήρες

Το φαινόμενο της προσκόλλησης ενός ρευστού αεριοθούμενου αεροπλάνου σε μια κυρτή στερεά επιφάνεια, γνωστή ως φαινόμενο Coanda, έχει εφαρμογές στην αεροπορία και σε πολλούς άλλους

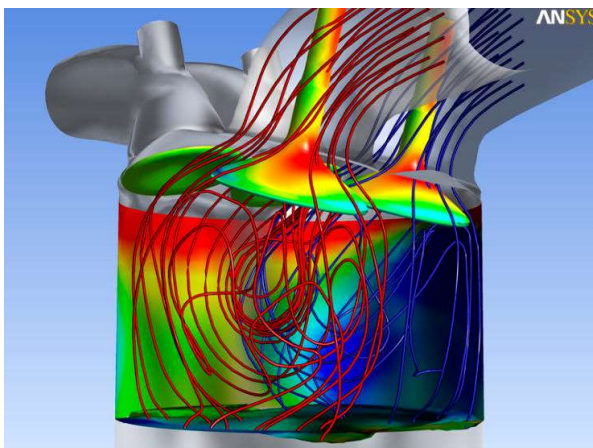
ΦΑΙΝΟΜΕΝΟ COANDA

στη βιομηχανία, ιδίως για την απόκτηση ακροφυσίων με αύξηση υψηλής ώθησης και για την αύξηση του μέγιστου συντελεστή ανύψωσης ενός φτερού.

Μερικές φορές το φαινόμενο Coanda πρέπει να αποφεύγεται, όπως για ένα κλιματιζόμενο δωμάτιο, επειδή η ανάμιξη του ενέσιμου αέρα με τον αέρα του δωματίου δεν είναι βέλτιστη. Ο εκτοξευτής Coanda είναι μια αξονική συσκευή που χρησιμοποιεί την ενέσιμη κύρια ροή στην εσωτερική κυρτή επιφάνεια και παγιδεύει τη δευτερεύουσα ροή.

Ο κύριος σκοπός του εκτοξευτή Coanda είναι να παρέχει υψηλή αναλογία του ρυθμού ροής μάζας προς τον πρωτογενή ρυθμό ροής μάζας. Μια δεξαμενή υψηλής πίεσης παρέχει μια κύρια ροή, η οποία θα ακολουθήσει το καμπύλο περίγραμμα του εκτοξευτή μετά τον ηχητικό λαιμό, λόγω του φαινομένου Coanda. Τα κύματα διαστολής ή συμπίεσης δημιουργούνται ανάλογα με την πίεση στο τμήμα εξόδου του πρωτεύοντος ακροφυσίου και, ως εκ τούτου, αναπτύσσεται μια ζώνη ανάμειξης. Η επίδραση διαφόρων παραγόντων όπως: ο λόγος πίεσης, το πρωτεύον ακροφύσιο και οι διαμορφώσεις εκτοξευτή στην απόδοση του συστήματος, αξιολογείται με βάση τις παραμέτρους απόδοσης. Η ανάπτυξη του στρώματος ανάμειξης διαδραματίζει σημαντικό ρόλο στη βελτιστοποίηση της απόδοσης του εκτοξευτή Coanda καθώς αποφασίζει το λόγο του δευτερεύοντος ρυθμού ροής μάζας προς τον αρχικό ρυθμό ροής μάζας και το μήκος ανάμειξης.

Υπάρχουν διάφορα έργα που ερευνούν το μηχανισμό μέσω του οποίου προκαλείται η δευτερεύουσα ροή στον εκτοξευτή. Χρησιμοποιώντας τον κώδικα Ansys Fluent, αναλύονται οι εσωτερικές ροές, προκειμένου να προσδιοριστεί η επιρροή, τα πλεονεκτήματα και οι περιορισμοί του αποτελέσματος Coanda. [13]



Εικόνα 27: Σχεδιαστικό λογισμικό AnsysFluent (m)

4.3.1 Αδιάστατη φόρμα εξίσωσης μεταφοράς ρευστών

Οι αδιάστατες ποσότητες είναι καθολικές και ανεξάρτητες από μεταβλητές λειτουργίας, όπως γεωμετρική κλίμακα, πίεση λειτουργίας κ.λπ. Επομένως, όλες οι παράμετροι της έρευνας μετατρέπονται στους αδιάστατους όρους.

Οι εξισώσεις μεταφοράς ρευστών όπως οι εξισώσεις μάζας (συνέχειας), ορμής και εξοικονόμησης ενέργειας παρουσιάζονται σε αυτή την ενότητα.

Η εξίσωση διατήρησης μάζας, ή εξίσωση συνέχειας, για τη συμπιεστή ροή είναι

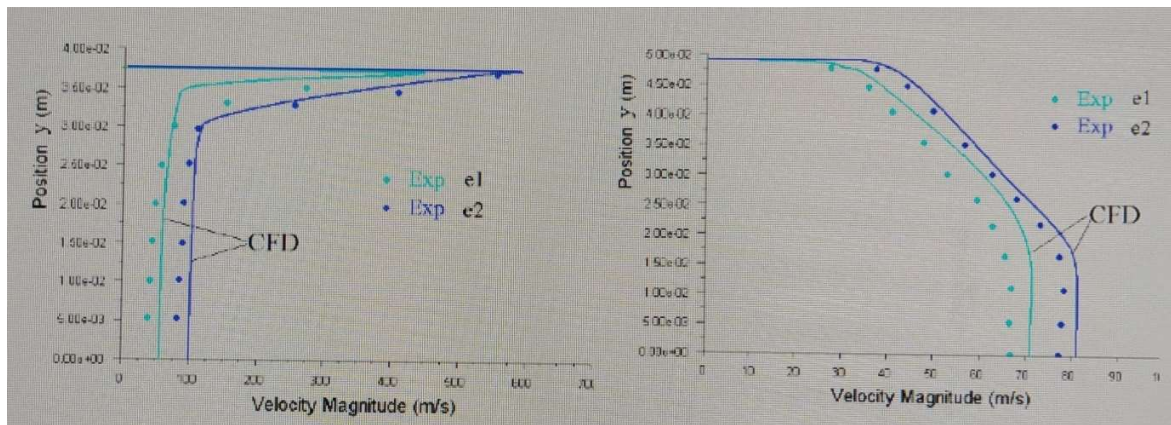
$$\partial\rho / \partial t + \nabla \cdot (\rho \mathbf{v}) = 0$$

όπου: ρ = πυκνότητα ρευστού (kg/m^3), t = χρόνος (s), \mathbf{v} = ταχύτητα ρευστού σε διανυσματικό συμβολισμό (m/s), ∇ τελεστής κλίσης.

4.3.2 Αποτελέσματα

Στην εικόνα 39 φαίνεται το μέγεθος ταχύτητας ή τα προφίλ ταχύτητας σε διαφορετικό τμήμα του εκτοξευτή, για τα διάφορα κύρια κενά ακροφυσίων ή άλλων παραμέτρων (ακτίνα επιφάνειας Coanda, διάμετρος εισόδου). Τα χαρακτηριστικά ανάμειξης μπορούν να εκτιμηθούν με βάση το σχήμα προφίλ ταχύτητας, το οποίο εξαρτάται, στην πραγματικότητα, από τη μέτρηση του κενού λαιμού ακροφυσίων. Το πεπλατυσμένο σχήμα του προφίλ υποδηλώνει μια σχεδόν πλήρη αναλογία ανάμειξης μεταξύ του πρωτεύοντος και των επόμενων πιδάκων. Εάν αυτό λαμβάνεται σε ένα τμήμα πιο κοντά στην είσοδο, αυτό αποφέρει καλύτερη απόδοση εκτοξευτή. Ο λόγος του επαγόμενου ρυθμού ροής μάζας προς τον αρχικό ρυθμό ροής μάζας ανά πίεση στασιμότητας στο εσωτερικό της δεξαμενής μπορεί να θεωρηθεί ως δείκτης απόδοσης εκτοξευτή Coanda. Όλες αυτές οι αριθμητικές έρευνες, μαζί με τις πειραματικές, καταδεικνύουν τη σημασία της γεωμετρίας και τα κύρια χαρακτηριστικά του πίδακα στη βελτιστοποίηση του εκτοξευτή Coanda. [13]

ΦΑΙΝΟΜΕΝΟ COANDA



Εικόνα 28: Ταχύτητα στο $X=0,0$ m και στο $X=0,55$ m (13)

4.4 Μειονεκτήματα

Στη θαλάσσια προώθηση, η αποτελεσματικότητα μιας προπέλας μπορεί να περιοριστεί σημαντικά από το φαινόμενο Coanda. Η δύναμη στο σκάφος που παράγεται από μια προπέλα είναι συνάρτηση της ταχύτητας, του όγκου και της κατεύθυνσης του πίδακα νερού που εγκαταλείπει την προπέλα. Υπό ορισμένες συνθήκες (π.χ. όταν ένα πλοίο κινείται μέσα στο νερό) το φαινόμενο Coanda αλλάζει την κατεύθυνση ενός πίδακα προπέλας, με αποτέλεσμα να ακολουθεί το σχήμα του κύτους του πλοίου. Η πλευρική δύναμη από έναν προωθητήρα σηράγγων -στην πλώρη ενός σκάφους- μειώνεται γρήγορα με την ταχύτητα προς τα εμπρός. Η πλευρική ώθηση μπορεί να εξαφανιστεί εντελώς σε ταχύτητες πάνω από περίπου 3 κόμβους. Εάν το φαινόμενο Coanda εφαρμόζεται στα συμμετρικά διαμορφωμένα ακροφύσια, παρουσιάζει προβλήματα. Αυτά τα προβλήματα και πώς διαφορετικό ζευγάρι περιστροφών έχουν αναλυθεί σε βάθος.[4]

4.4 Πλεονεκτήματα

Το φαινόμενο Coanda έχει αποδειχθεί και χρησιμοποιείται καθημερινά στην αεροπορία και στους αγώνες αυτοκινήτων. Πρέπει να γνωρίζετε ότι, για να βελτιστοποιήσετε τη μορφολογία των οχημάτων, πρέπει να γνωρίζετε το φαινόμενο τριβής με τον αέρα. Αν γνωρίζουμε ότι τα σωματίδια ρευστού προσκολλώνται στην επιφάνεια, μπορούμε να σχεδιάσουμε καλύτερα αεροδυναμικά σχήματα. Ένα παράδειγμα που χρησιμοποιείται ευρέως από το φαινόμενο Coanda είναι τα

ΦΑΙΝΟΜΕΝΟ COANDA

μονοθέσια formula 1. Η περιοχή με τους πλευρικούς πλωτήρες, επωφεληθείτε από το φαινόμενο Coanda για να διοχετεύσετε μια μεγάλη ποσότητα αέρα σε συγκεκριμένες περιοχές όπως ο επίπεδος πυθμένας, οι διαχύτες και τα ailerons. Όλα αυτά τα στοιχεία ενός αυτοκινήτου επηρεάζουν άμεσα το κράτημα ή την τελική ταχύτητα.

Αυτό καθιστά το φαινόμενο Coanda έναν από τους βασικούς πυλώνες στον μηχανοκίνητο αθλητισμό και την αεροπορία. Το ίδιο ισχύει και για τα αεροπλάνα. Στα φτερά, η διαδρομή του αέρα υφίσταται μια μικρή καμπυλότητα που βοηθά στη δημιουργία δυνάμεων που βοηθούν στη συγκράτηση του αεροπλάνου στον αέρα. Ο αέρας είναι καμπύλος και, μαζί με την κατάθλιψη, και τον τρίτο νόμο του Νεύτωνα γνωρίζουμε όλες τις δυνάμεις που δρουν στην πτέρυγα του αεροπλάνου.

Χάρη στο φαινόμενο Coanda, οι ροές αέρα και οποιοδήποτε άλλο υγρό μπορούν να διορθωθούν και να κατευθυνθούν για να επιτρέψουν στους μηχανικούς να σχεδιάσουν πιο αποδοτικά μέσα μεταφοράς. Αυτή η επίδραση της επίδρασης Coanda στην αεροδυναμική ενός οχήματος είναι ένα σημαντικό στοιχείο για την κατασκευή ασφαλέστερων και ταχύτερων οχημάτων. Επιπλέον, αυτά τα αεροδυναμικά σχέδια βοηθούν στην εξοικονόμηση πολλών καυσίμων, καθώς συμβάλλουν στη μείωση της δύναμης τριβής με τον αέρα. [17]

Κεφάλαιο 5^ο - Μία νέα αρχιτεκτονική αεροσκαφών

5.1 Γενικά

Κάθε αεροσκάφος έχει σχεδιαστεί για να ικανοποιεί τις ανάγκες των πιθανών χρηστών. Η απόδοση του αεροσκάφους εξαρτάται κυρίως από τα δομικά και αεροδυναμικά χαρακτηριστικά της πρόωσης του συστήματος.

Πρόκειται για ένα καινοτόμο ακροφύσιο, το οποίο επιτρέπει την πρόσφυση σε δύο ρουλεμάν άρα και δύο επιφάνειες Coanda. Αυτό το σύστημα είναι γνωστό ως ACHEON (Aerial Coanda High Efficiency Orienting Nozzle). Στον τομέα της αεροναυπηγικής αυτά που έχουν σημασία είναι η ασφάλεια, οι μειωμένες εκπομπές και ο θόρυβος, η διάρκεια του ταξιδιού αλλά και ο χώρος προσγείωσης και απογείωσης.

Το ACHEON είναι μια νέα κατηγορία εναέριων οχημάτων, τα οποία είναι πράσινα (δηλαδή καλύτερα για το περιβάλλον), ηλεκτρικά, με βελτιωμένη ικανότητα ελιγμών, μειωμένους χώρους απογείωσης και προσγείωσης. Έχει επαληθευτεί από τους Cen, Smith, Stewart και Stewart ότι αυτό το σύστημα έχει την δυνατότητα να αυξήσει την ικανότητα ελιγμών ενός πίδακα υψηλής απόδοσης με σημαντική αύξηση στην απόδοση.

Το ACHEON μπορεί να εφαρμοστεί στην αρχιτεκτονική ενός παραδοσιακού δικινητήριου μεταφορικού αεροσκάφους, όπως θα δούμε παρακάτω. [5]



Εικόνα 29: Το μικρότερο δικινητήριο αεροπλάνο (r)

ΦΑΙΝΟΜΕΝΟ COANDA

Το Acheon είναι σύγχρονο με πολλές δυναμικές εφαρμογές, μερικές από τις οποίες είναι:

- Συστήματα πρόωσης πλοίων και αεροσκαφών
- Τεχνολογικά συστήματα, εναπόθεσης λεπτού υμενίου και σκόνης σε μηχανικά μέρη
- Τεχνολογικές εγκαταστάσεις για επιφανειακές επεξεργασίες μηχανικών μερών με έγχυση σωματιδίων
- Βιομηχανικός πίδακας πλύσης και καθαρισμού τροφίμων
- Εγκαταστάσεις ξήρανσης με εκτόξευση
- Πίδακες αέρα θέρμανσης ή ψύξης
- Συστήματα φλόγας που μπορούν να αλλάξουν την κατεύθυνση της φλόγας χωρίς να μετακινηθούν μηχανικά μέρη
- Συστήματα εξαερισμού, κλιματισμού και θέρμανσης [20]

Σε τρεις χρονικές κατηγορίες μπορούν να χωριστούν οι πιθανές εφαρμογές του Acheon:

- Βραχυπρόθεσμα: Μπορεί να εφαρμοστεί σε UAS (Unmanned Aerial Systems) δημιουργώντας μια νέα κατηγορία μη επανδρωμένων αεροσκαφών που μπορούν να εκτελούν τόσο υψηλές όσο και πολύ χαμηλές ταχύτητες, χαμηλότερες από οποιαδήποτε άλλη(πριν από 10 χρόνια)
- Μεσοπρόθεσμα: Η κατηγορία αεροσκαφών προαστιακού είναι ιδιαίτερα ενδιαφέρουσα για την εφαρμογή αυτών των συστημάτων πρόωσης, λόγω της αναλογίας βάρους
- Μακροπρόθεσμα: Τα μεγαλύτερα αεροσκάφη θα απαιτήσουν επαρκή ορισμό νέων ηλεκτρικών μηχανισμών κίνησης για πολύ υψηλή αναλογία ισχύος/βάρους και επαρκείς επιδόσεις όσον αφορά την ταχύτητα περιστροφής.

Τα αποτελέσματα της ACHEON παρουσιάζουν ένα σύνολο σημαντικών επιπτώσεων που μπορούν να αποτελέσουν τη βάση ενός νέου τρόπου μεταφοράς στον τομέα των μεταφορών χαμηλής ταχύτητας. Αυτή η κατηγορία περιλαμβάνει το μεγαλύτερο μέρος των περιφερειακών μεταφορών και το μεγαλύτερο μέρος των στρατιωτικών μεταφορών.

Θα αποφέρει πολύ πιο αποτελεσματική οργάνωση της εναέριας κινητικότητας, λιγότερη συμφόρηση στις εναέριες διαδρομές και ατμοσφαιρική ρύπανση, χαμηλότερο θόρυβο, μειωμένες εκπομπές CO₂ και καλύτερη προσβασιμότητα και ασφάλεια. Το αποτέλεσμα θα είναι μια υψηλότερη ποιότητα ζωής.

ΦΑΙΝΟΜΕΝΟ COANDA

Συνοπτικά, το ACHEON συνεισφέρει στα παρακάτω:

- Μείωση των χώρων απογείωσης και προσγείωσης.
- Μείωση της ταχύτητας
- Πιθανή μείωση της ταχύτητας κατά τη διάρκεια των επιχειρήσεων
- Αθόρυβη προσγείωση και απογείωση
- Μειωμένη κατανάλωση εδάφους
- Ένας αποτελεσματικός τρόπος για την εξερεύνηση της πλήρους ηλεκτρικής έμμεσης πρόωσης αεριωθουμένων
- Ακόμα κι αν δεν ήταν η κύρια εστίαση του έργου, έχει αποδείξει ξεκάθαρα ότι είναι δυνατοί νέοι έλεγχοι πτήσης και τροχιές, όπως η διανυσματική πτήση

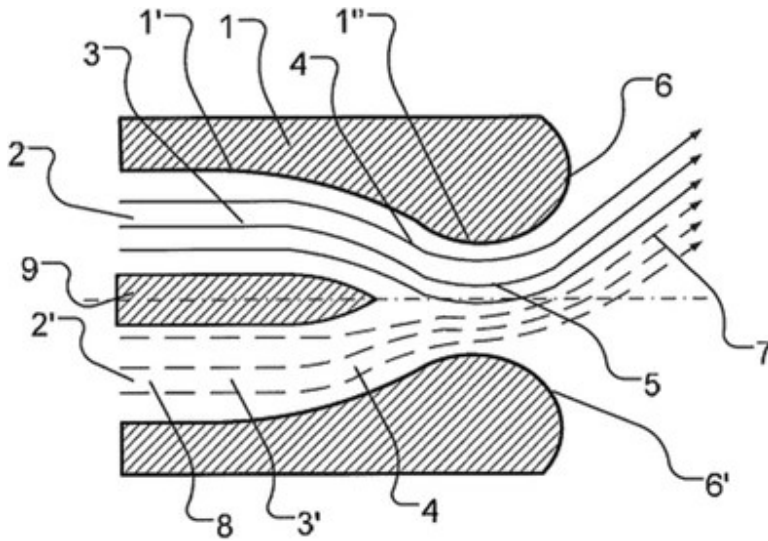
(Δυνατότητα εφαρμογής όχι μόνο σε καινοτόμες ιδέες αεροσκαφών, αλλά και σε πολύ παραδοσιακά)

Πρόσφατα, έχει εκφραστεί ανησυχία σε πολλά δημόσια φόρουμ σχετικά με την επιβράδυνση της ευρωπαϊκής ανταγωνιστικότητας σε σύγκριση με τις ΗΠΑ και την Ασία από την άποψη της εξέλιξης της τεχνολογίας αλλά και της ισχύος παραγωγής. Η αποτελεσματική βιομηχανία και οι υπηρεσίες αεροπορικών μεταφορών είναι ζωτικής σημασίας για τις ευρωπαϊκές βιομηχανίες. [19]

5.2 Αρχιτεκτονικής ακριφυσίου ACHEON

Το ακροφύσιο ACHEON έχει οριστεί από τον Trancossi ως ακροφύσιο δύο ρευμάτων, το οποίο έχει την ικανότητα να εκτρέπει τον πίδακα που προκύπτει μέσω του φαινομένου Coanda. Για αυτό το αποτέλεσμα δημιουργήθηκε δίπλωμα ευρεσιτεχνίας από το Università di Modena e-Reggio Emilia, το οποίο παρουσιάστηκε από τους Trancossi και Dumas. Το κύριο πλεονέκτημα του συστήματος που αποδείχτηκε ήταν η εξαιρετική αντιδραστικότητα και ταχύτητα απόκρισης. Για μεγαλύτερη διευκρίνηση, μετά την διερεύνηση του προβλήματος ευστάθειας, ενσωματώθηκε το ακροφύσιο με μια διηλεκτρική εκκένωση φραγμού, για να αυξηθεί η σταθερότητα του συστήματος.

ΦΑΙΝΟΜΕΝΟ COANDA



Εικόνα 30: Λεπτομέρεια ακροφυσίου ACHEON(5)

Το ακροφύσιο ACHEON [1] είναι ικανό να αναμιγνύει δύο πρωτόγονους πίδακες υγρού [2] και (2') και να παράγει μια επιλεκτική και ελεγχόμενη γωνιακή απόκλιση του συνθετικού πίδακα [7] χωρίς κανένα κινούμενο μηχανικό μέρος. Το ακροφύσιο [1] είναι επίσης ικανό να αλλάζει την κατεύθυνση αυτού του πίδακα με συνεχή και δυναμικό τρόπο ώστε να επιτρέπει στον πίδακα να σαρώσει μια προκαθορισμένη και αυθαίρετη γωνία. Το ακροφύσιο [1] αποτελείται, σε ένα τμήμα του, από έναν αγωγό (8) που χωρίζεται σε δύο κανάλια από ένα κεντρικό διάφραγμα [9] και, σε ένα δεύτερο τμήμα του, από μια ζώνη σύγκλισης και ένα στόμιο εκροής [5] των οποίων τα τοιχώματα έχουν καμπυλόγραμμο προφίλ και συνδέονται άψογα με τα τοιχώματα του αγωγού. Ο Dragan έχει επικυρώσει ανεξάρτητα το προκαταρκτικό μοντέλο φαινομένου Coanda από τους Trancossi και Dumas. [5]

Η βασική απαίτηση αυτού του συστήματος είναι ένας αγωγός χωρισμένος σε δύο κανάλια από ένα κεντρικό διάφραγμα. Δύο πρωτεύοντες πίδακες τροφοδοτούν το ακροφύσιο και η εκτροπή του πίδακα εκροής είναι συνάρτηση της ορμής των δύο κύριων πίδακων εισόδου. Αυτά τα δύο κανάλια συγκλίνουν σε μια περιοχή όπου αρχίζει να συμβαίνει η διαδικασία ανάμειξης. Μετά από αυτό υπάρχει μια εκροή όπου οι τοίχοι συνδέονται απρόσκοπτα με δύο επιφάνειες Coanda. [20]

5.3 Μοντελοποίηση του φαινομένου Coanda και των ακροφυσίων

Σημαντική ερευνητική δραστηριότητα έχει διεξαχθεί σχετικά με τη μοντελοποίηση και την ανάλυση της επίδρασης Coanda. Συγκεκριμένα, οι Trancossi και Dumas παρήγαγαν ένα

ΦΑΙΝΟΜΕΝΟ COANDA

θεωρητικό μοντέλο των μηχανισμών προσκόλλησης Coanda και των νόμων του φαινομένου Coanda. Το προτεινόμενο μοντέλο έχει υλοποιηθεί με την ενσωμάτωση εξισώσεων Navier Stokes ξεκινώντας από το μοντέλο Dragan. Το τελικό μοντέλο σχετίζεται με τρεις θεμελιώδεις παραμέτρους: α) τμήμα εξόδου, β) ακτίνα επιφανειών Coanda και γ) ταχύτητες εισόδου. Έχουν οριστεί τυρβώδη και στρωματοειδή μοντέλα.

Οι Dumas και Subhash είχαν αναλύσει την επίδραση της θερμοκρασίας της επιφάνειας στην πρόσφυση του φαινομένου Coanda. Αυτή η δραστηριότητα οδήγησε στον εντοπισμό μιας αρνητικής επίδρασης των θερμαινόμενων επιφανειών Coanda στα φαινόμενα πρόσφυσης.

Πραγματοποιήθηκαν αριθμητικές προσομοιώσεις από τους Das SS, Abdollahzadeh M, Pascoa JC, Dumas A, Trancossi για την διερεύνηση της ροής Coanda και σε μια καμπύλη επιφάνεια και αναλύθηκε η εφαρμογή στο σύστημα ACHEON. Παρατηρήθηκε η επίδραση των ενεργοποιητών πλάσματος εκκένωσης διηλεκτρικού φραγμού (DBD), καταλήγοντας στο συμπέρασμα ότι έχει αποτελεσματική ικανότητα τόσο σταθεροποίησης της συμπεριφοράς του συστήματος όσο και αύξησης της γωνίας πρόσφυσης. Οι υπολογισμοί CFD πραγματοποιήθηκαν υπό υποχηητικές συνθήκες με εξισώσεις Navier (RANS) του Reynolds.

Έχει αναλυθεί το ακροφύσιο πρόωσης με βάση το σύστημα ACHEON για πρόωση αεροσκαφών λαμβάνοντας υπόψη τη δυναμική ισορροπία δύο ρευμάτων αεριοθουμένων. Το μοντέλο έχει παραχθεί με την παραδοχή ενός αγνώστου μοντέλου.

5.4 Αεροσκάφη

Οι Sunol και Vucinic [5] ξεκίνησαν να αναλύουν την ενσωμάτωση του ακροφυσίου ACHEON σε ένα εναέριο όχημα.

Τέσσερις δυνάμεις ενεργούν σε ένα αεροσκάφος κατά την πτήση:

- ανύψωση,
- βάρος,
- ώθηση και
- οπισθέλκουσα

Τα τρέχοντα αεροσκάφη S-VTOL γενικά δεν είναι βελτιστοποιημένα σχέδια επειδή βασίζονται σε πολύ παραδοσιακές αρχιτεκτονικές αεροσκαφών που δεν έχουν σχεδιαστεί ειδικά για αυτό το

ΦΑΙΝΟΜΕΝΟ COANDA

είδος λειτουργίας. Η βελτιστοποίηση σχεδίασης θα επικεντρωθεί σε ένα απλοποιημένο επίπεδο κίνησης 2D λαμβάνοντας υπόψη αρχικά μόνο το πλεονέκτημα κατά την απογείωση, την αναρρίχηση και την προσγείωση.

Για ένα αεροσκάφος, οι τέσσερις δυνάμεις είναι ισορροπημένες και κινείται με σταθερή ταχύτητα και ύψος. Οποιαδήποτε αλλαγή υψομέτρου το κάνει να αποκλίνει από την ισορροπία. Οι κάθετοι και οριζόντιοι άξονες του αεροσκάφους έχουν την αρχή τους στο κέντρο βάρους.

Η διαθεσιμότητα προσβάσιμων δεδομένων καθιστά το Cessna 402 το καταλληλότερο για ανάλυση, έχοντας κάποια προτερήματα όπως η δομή πτερυγίου, γεγονός που απλοποιεί την υιοθέτηση του συστήματος ACHEON για να αντικαταστήσει την παραδοσιακή πρόωση. Η απόδοση του αεροσκάφους εξαρτάται κυρίως από τα δομικά και αεροδυναμικά χαρακτηριστικά και τα χαρακτηριστικά της πρόωσης του συστήματος.

Το πλεονέκτημα στο μοντέλο Cessna 402 είναι ο σχετικά υψηλός αριθμός αεροσκαφών σε λειτουργία που παράγονται από την Cessna και από τη Sukhoi. Είναι ένα παλιό έργο, αλλά εμφανίζει καλές επιδόσεις και συμπεριφορά πτήσης, πράγμα που εκτιμούν οι πιλότοι, και την πολύ παραδοσιακή κατανομή βάρους στο αεροπλάνο, η οποία ταιριάζει πολύ με τη χρήση τέτοιας πρόωσης.

Λόγω της κατασκευής των φτερών θα μπορούσε να επιτρέψει την καλή ενσωμάτωση των ακροφυσίων πρόωσης που προέρχονται από το ACHEON, αντί της παραδοσιακής πρόωσης.



Εικόνα 31: Μοντέλο Cessna 402 (j)

Κεφάλαιο 6^ο -Μη επανδρωμένα εναέρια οχήματα

6.1 Coanda σε μη επανδρωμένα εναέρια οχήματα

Τα αεροσκάφη Coanda Micro είναι μια μοναδική έκδοση ανάμεσα στα πολυάριθμα μη επανδρωμένα εναέρια οχήματα που αναπτύσσονται τώρα σε όλο τον κόσμο. Αυτά τα άλλα μη επανδρωμένα εναέρια οχήματα δεν έχουν τμήματα που να μπορούν να κινηθούν. Υπάρχει πιθανότητα τα Micro εναέρια οχήματα Coanda που χρησιμοποιούνται σήμερα να συνδέονται με την κατηγορία των μη επανδρωμένων εναέριων οχημάτων που περιλαμβάνει επίσης τηλεκατευθυνόμενα αεροσκάφη και τηλεχειριζόμενα οχήματα εκτός από πλήρως αυτόνομα αεροσκάφη [21]. Η χρήση μη επανδρωμένων εναέριων οχημάτων χρησιμεύει ως στέρεο θεμέλιο για μια ποικιλία αεροδιαστημικών εφαρμογών.

Σε αυτό το μέρος, θα περάσουμε από μια ανασκόπηση προηγούμενης έρευνας που σχετίζεται με τη μελέτη που γίνεται αυτή τη στιγμή για το Micro Air Vehicle με το φαινόμενο Coanda. Είναι δυνατή η χρήση του φαινομένου Coanda, το οποίο είναι ένας ενεργός έλεγχος ροής, σε ένα παραδοσιακό αεροσκάφος σταθερής πτέρυγας καθώς και σε ένα μη επανδρωμένο εναέριο όχημα, προκειμένου να βελτιωθεί η ανύψωση και άλλες μετρήσεις απόδοσης κατά σημαντικό παράγοντα.

Ο έλεγχος ροής είναι μια αεροδυναμική προσέγγιση που μεταβάλλει τις ροές με σκοπό την επίτευξη ενός επιθυμητού αποτελέσματος, όπως η αύξηση της ανύψωσης, η καθυστέρηση του διαχωρισμού της ροής και η μείωση της αντίστασης, η μείωση των επιπέδων θορύβου και η βελτίωση της απόδοσης καύσης, μεταξύ μιας μεγάλης ποικιλίας άλλων βιομηχανικών χρήσεων [22, 23].

Κατά τη διάρκεια των τελευταίων δύο δεκαετιών, πολλά εξαιρετικά προηγμένα μη επανδρωμένα εναέρια οχήματα με δυνατότητα τόσο για πολιτική όσο και για στρατιωτική χρήση έχουν δημιουργηθεί σε όλο τον κόσμο. Η επιθυμία για δυνατότητες συλλογής πληροφοριών σε τομείς όπως η περιβαλλοντική παρακολούθηση, η ασφάλεια και η ευφυΐα οδήγησε στη δημιουργία μιας μικρότερης επόμενης γενιάς μη επανδρωμένων αεροσκαφών που είναι γνωστά ως Micro Air Vehicle. Η επιχειρησιακή εμβέλεια αυτών των μικρών εναέριων οχημάτων είναι μόλις λίγα χιλιόμετρα και ενώ βρίσκονται στον αέρα, μπορούν να στείλουν πληροφορίες (εικόνες και βίντεο) πίσω στον φορητό σταθμό βάσης τους [24]. Οι πρόσφατες ανακαλύψεις σε κρίσιμες τεχνολογίες

ΦΑΙΝΟΜΕΝΟ COANDA

ελέγχου πτήσης, πρόωσης, επικοινωνιών και αισθητήρων κατέστησαν εφικτό για ένα άτομο να χειριστεί το σταθμό βάσης μαζί με πολλά Micro εναέρια οχήματα Coanda. Αυτή είναι μια αδύνατη κατάσταση για άλλα μη επανδρωμένα αεροσκάφη με μεγαλύτερα μεγέθη. Λόγω του μικροσκοπικού μεγέθους, του καθεστώτος πτήσης και των τρόπων λειτουργίας των Micro εναέριων οχημάτων, Coanda, για να μπορέσει ένα μη επανδρωμένο αεροσκάφος να εκτελέσει μια αποστολή, πρέπει πρώτα να ξεπεράσει πολλά εμπόδια. Αυτά τα προβλήματα μπορούν να χωριστούν σε τρεις κατηγορίες. Αυτό είχε ως αποτέλεσμα τη δημιουργία καινοτόμων πλατφορμών που αποκλίνουν από τη συμβατική μέθοδο σχεδιασμού αεροπλάνων προκειμένου να γίνουν πιο ικανά. Ένα σκάφος που αποτελεί παράδειγμα αυτής της κατηγορίας είναι ένα σκάφος που χρησιμοποιεί το φαινόμενο Coanda, γνωστό και ως ενεργός έλεγχος ροής, για να βοηθήσει στην κίνησή του προς τα εμπρός [25]. Στο πλαίσιο της κατασκευής Micro εναέριων οχημάτων, το φαινόμενο Coanda χρησιμοποιείται σε πολυάριθμα μοντέλα αεροσκαφών κάθετης απογείωσης και προσγείωσης με ακτινωτό σχήμα (όπως πιατάκι) για να παρέχει την απαιτούμενη κατακόρυφη ώθηση για την ανύψωση του αεροσκάφους από τη βάση προσγείωσης. Η λειτουργία αυτού του συστήματος, εκτός από τις κατευθυντήριες αρχές του, ξεχωρίζει ως μια έννοια που πρέπει να αναπτυχθεί περαιτέρω.

Όπως αναφέρεται από τον Gad-el-Hak (1998), 92007, υπάρχει ισχυρή ένδειξη ότι το φαινόμενο Coanda έχει ληφθεί σοβαρά υπόψη για την τεχνική έλεγχου της κυκλοφορίας τα τελευταία χρόνια. Αυτό τέθηκε κατά τη διάρκεια των τελευταίων ετών. Γενικά, ο σκοπός αυτής της εργασίας είναι να πραγματοποιήσει μια ανασκόπηση των ερευνών του ενεργού ελέγχου ροής με δυνατότητα εφαρμογής στην αεροδιαστημική, μη επανδρωμένα εναέρια οχήματα Coanda και Micro εναέρια οχήματα, και να καθορίσει εάν η χρήση αεριωθούμενων αεροπλάνων Coanda είναι χρήσιμη για την αλλαγή της αεροδυναμικής τα χαρακτηριστικά των εναέριων οχημάτων θα σχεδιάζονται για βέλτιστη απόδοση. Επιπλέον, σκοπός αυτής της επανεξέτασης είναι να παρέχει μια ενημερωμένη ανασκόπηση των Micro εναέριων οχημάτων Coanda που έχουν σχεδιαστεί, δοκιμαστεί και/ή αναπτυχθεί σε πραγματικές αποστολές, καθώς και να υποδείξει τις εφαρμογές των Micro εναέριων οχημάτων Coanda και τα πιθανά πλεονεκτήματα που έχουν έναντι των συμβατικών Micro εναέριων οχημάτων.

6.2 Μη επανδρωμένα εναέρια οχήματα και micro εναέρια

6.2.1 Μη επανδρωμένο εναέριο Όχημα

Στις 17 Δεκεμβρίου 1903, ο Orville και ο Wilbur χρησιμοποίησαν ένα μηχανοκίνητο όχημα που ονομαζόταν Padfield and Lawrence για να πραγματοποιήσουν την πρώτη επιτυχημένη δοκιμή μιας πτήσης βαρύτερης από τον αέρα στην ιστορία της ανθρωπότητας. Αυτή η δοκιμή πραγματοποιήθηκε από τους αδελφούς Wright. Τον Ιούνιο του 1914, ο Lawrence Sperry και ο βοηθός και τεχνικός του Emil Cachin πραγματοποίησαν δημόσια επίδειξη ενός αεροπλάνου στη Γαλλία. Ο χειρισμός των επιφανειών ελέγχου αυτού του αεροσκάφους γινόταν από ένα βασικό σύστημα αυτόματου πιλότου, το οποίο με τη σειρά του καθοδηγούσε ένα γυροσκόπιο που ήταν ενσωματωμένο στην άτρακτο. Από τότε, τα μη επανδρωμένα εναέρια οχήματα αναφέρονται με μια μεγάλη ποικιλία ονομάτων, όπως αεροσκάφη χωρίς πιλότους, τηλεκατευθυνόμενα οχήματα (RPVs), drones, μη αναγνωρισμένα ιπτάμενα αντικείμενα και πολλά άλλα. Σύμφωνα με έναν ορισμό που είναι ευρέως αποδεκτός και δημοσιεύτηκε στο Dictionary of Military and Associated Terms από το Υπουργείο Άμυνας των Ηνωμένων Πολιτειών, ένα μη επανδρωμένο αεροσκάφος είναι "ένα μηχανοκίνητο εναέριο όχημα που δεν μεταφέρει άνθρωπο χειριστή, χρησιμοποιεί αεροδυναμικές δυνάμεις για να παρέχει ανελκυστήρας οχήματος, μπορεί να πετάει αυτόνομα ή να πιλοτάρεται εξ αποστάσεως, μπορεί να είναι αναλώσιμο ή ανακτήσιμο». Τα μη επανδρωμένα εναέρια οχήματα μπορούν να θεωρηθούν ως: «ένα μηχανοκίνητο εναέριο όχημα που χρησιμοποιεί αεροδυναμικές δυνάμεις για την ανύψωση οχημάτων, μπορεί να πετάει αυτόνομα ή να πιλοτάρεται εξ αποστάσεως Το Υπουργείο Άμυνας των Ηνωμένων Πολιτειών.

Στον σημερινό κόσμο, τα μη επανδρωμένα εναέρια οχήματα μπορεί να έχουν διάφορους βαθμούς «αυτόματης νοημοσύνης», ανάλογα με τις εφαρμογές και τις εργασίες που έχουν σχεδιαστεί να εκτελούν. Η πλειονότητα των συστημάτων για μη επανδρωμένα αεροσκάφη που έχουν αναπτυχθεί κατά τη διάρκεια των τελευταίων 20 ετών έχουν παρουσιαστεί σε πολλές δημοσιεύσεις. Μεταξύ αυτών, η κριτική που γράφτηκε από τους Howard και Kammerer το (1995) [27] θεωρείται μια από τις παλαιότερες. Αντίθετα, ο οδικός χάρτης 2005-2030 που δημιουργήθηκε από τους Cambone και τους συναδέλφους του (2005) [28] έχει μια γκαλερί πιο σύγχρονη, εμπειριστατωμένη και πιο συγκεκριμένη στην παρουσίασή της.

6.2.2 Micro εναέρια οχήματα

Είναι αλήθεια ότι η διάκριση μεταξύ μη επανδρωμένων εναέριων οχημάτων και αεροσκαφών Micro, καθώς και, εντός αεροσκαφών Micro, μεταξύ «μικρών», «μίνι», «μικρο» και «Nano» οχημάτων, όπως αναφέρονται συχνά σε όλη την λογοτεχνία, είναι μια σημαντική πρόκληση για τον εντοπισμό μιας ξεκάθαρης οριοθέτησης. Σύμφωνα με τον Mueller (2001) [29], κανένας ερευνητής δεν έχει παρουσιάσει ακόμη ένα σύστημα κατηγοριοποίησης που να είναι και απλό στη χρήση. Αυτό το σημείο τέθηκε στο φως από τους συγγραφείς. Η πλειοψηφία των ακαδημαϊκών και των εταιρειών που εργάζονται στη δημιουργία Micro εναέριων οχημάτων φαίνεται να χρησιμοποιούν τους δικούς τους ευέλικτους και εύπλαστους ορισμούς για τον όρο. Τα Micro εναέρια οχήματα ορίζονται ως ημιαυτόνομα αερομεταφερόμενα οχήματα που είναι εναέρια ρομπότ έξι βαθμών ελευθερίας, των οποίων η κινητικότητα μπορεί να αναπτύξει ένα χρήσιμο μικρό ωφέλιμο φορτίο σε μια απομακρυσμένη ή αλλιώς επικίνδυνη τοποθεσία όπου μπορεί να εκτελέσει οποιαδήποτε από μια ποικιλία αποστολών, συμπεριλαμβανομένης της αναγνώρισης και επιτήρησης, στόχευση, επισήμανση και βιοχημική ανίχνευση.

Τα micro επανδρωμένα εναέρια οχήματα έχουν τη δυνατότητα να επιχειρούν σε πολυσύχναστες ή αστικές περιοχές που απαιτούν υψηλό βαθμό ευελιξίας. Είναι απαραίτητο να επιβραδυνθεί η ελάχιστη ταχύτητα των μη επανδρωμένων εναέριων οχημάτων εκτός από τη μείωση μεγέθους και βάρους που προβλέπεται. Αυτό θα αυξήσει την αντοχή του οχήματος και τη συμπεριφορά πρόσκρουσης, καθώς και την ικανότητα ελιγμών του [30]. Η μείωση της κινητικής ενέργειας του οχήματος θα συμβάλει επίσης σε αυτό [31]. Τα οχήματα με σταθερό φτερό, το περιστροφικό πτερύγιο, το πτερύγιο με πτερύγια και τα υβριδικά Micro εναέρια οχήματα είναι οι τέσσερις τύποι Micro εναέριων οχημάτων που κατηγοριοποιούνται σύμφωνα με τις ιδέες τους. Τα Micro εναέρια οχήματα ταξινομούνται σε τέσσερις κατηγορίες ανάλογα με τις έννοιες και τους τύπους τους [32].

Η ποικιλία των εργασιών που μπορούν να εκτελεστούν από πραγματικά Micro εναέρια οχήματα δεν συμβαδίζει ακόμη με το φάσμα των ευθυνών που μπορούν να εκπληρώσουν μεγαλύτερα μη επανδρωμένα εναέρια οχήματα. Τα οφέλη των μικροσκοπικών αεροσκαφών μικρού μεγέθους μπορούν να αποδοθούν σε ομάδες αναγκών όπως η αποδοτικότητα κόστους [33], η υψηλή ευελιξία και η ελάχιστη πιθανότητα κινδύνου. Προς το παρόν, τα κύρια καθήκοντα που ανατίθενται σε Micro εναέρια οχήματα σε αγροκτήματα αφορούν κυρίως την επιτήρηση, την ανίχνευση χημικών και την εκτίμηση ζημιών εντός πόλεων και κατασκευών [35]. Αυτά τα

ΦΑΙΝΟΜΕΝΟ COANDA

πλεονεκτήματα, εκτός από τη βελτιωμένη ευελιξία, κάνουν τα Micro εναέρια οχήματα γενικά μια ιδιαίτερα ελκυστική επιλογή.

6.3 Coanda Micro εναέρια οχήματα

Τα αεροσκάφη Coanda Micro είναι μια μοναδική έκδοση ανάμεσα στα διάφορα μη επανδρωμένα εναέρια οχήματα που αναπτύσσονται τώρα σε όλο τον κόσμο. Αυτά τα αεροσκάφη δεν έχουν κομμάτια που μπορούν να μετακινηθούν. Υπάρχει πιθανότητα τα Micro εναέρια οχήματα Coanda που χρησιμοποιούνται σήμερα να συνδέονται με την κατηγορία των μη επανδρωμένων εναέριων οχημάτων, η οποία περιλαμβάνει επίσης πλήρως αυτόνομα αεροσκάφη, τηλεκατευθυνόμενα οχήματα και τηλεκατευθυνόμενα αεροσκάφη [21]. Τα αεροσκάφη Coanda Micro παρέχουν μια φανταστική βάση για μια μεγάλη ποικιλία αεροναυτικών εφαρμογών. Αυτά τα εναέρια οχήματα έχουν τη δυνατότητα να ενισχύσουν τις αισθητήριες ικανότητές μας καθώς και τις ικανότητές μας για συλλογή πληροφοριών στους τομείς της περιβαλλοντικής παρακολούθησης και της εσωτερικής ασφάλειας.

Όταν αιωρούνται, η απόδοση των αεροσκαφών Coanda Micro θα πρέπει να είναι τουλάχιστον ισοδύναμη με εκείνη ενός ελικοπτερου και κατά την πτήση προς τα εμπρός, η απόδοση θα πρέπει να είναι τουλάχιστον ισοδύναμη με εκείνη ενός αεροσκάφους σταθερών πτερύγων. Αυτό θέτει την ιδέα σε άμεση σύγκρουση με άλλα οχήματα micro air που χρησιμοποιούν πτερύγια πτερυγίων ή αεραγωγούς, ανάλογα με την κατηγορία που ανήκουν.

Τα εναέρια οχήματα Coanda Micro, από την άλλη πλευρά, είναι ικανά να αιωρούνται και να επιθεωρούν μια περιοχή πεδίου. Μπορούν επίσης να περιστρέφονται για να μετακινήσουν τις κάμερες σε διάφορες κατευθύνσεις και να αλλάξουν την εστίαση του φακού. Μια τυπική διαμόρφωση ενός εναέριου οχήματος Coanda Micro, συχνά γνωστή ως ιπτάμενος δίσκος όπως τα οχήματα αέρα Micro (ή ένας ιπτάμενος δίσκος) είναι μια φράση που χρησιμοποιείται για να αναφερθεί σε αεροσκάφη που έχουν τη μορφή δίσκου ή δίσκου για το σώμα τους.

Ο ιπτάμενος δίσκος εναέριων οχημάτων Coanda Micro έχει όλα τα πλεονεκτήματα ενός παραδοσιακού ελικοπτερου, εκτός από το πλεονέκτημα ότι έχει μικρότερο αποτύπωμα λόγω της απουσίας ουραίου ρήτορα. Εκτός από αυτά τα γενικά χαρακτηριστικά, υπάρχουν πολλά χαρακτηριστικά αυτής της σχεδίασης πλατφόρμας που την καθιστούν μια φανταστική επιλογή για

ΦΑΙΝΟΜΕΝΟ COANDA

αστικά αεροσκάφη Micro. Αυτά τα χαρακτηριστικά περιλαμβάνουν: Όσον αφορά την πιο βασική μέτρηση απόδοσης, την «αναλογία L/D», το φαινόμενο Coanda παρουσιάζει ένα όχημα Micro με καλύτερες δυνατότητες εξέλιξης [25]. Λόγω του τρόπου κατασκευής του, τα μη επανδρωμένα εναέρια οχήματα της Coanda έχουν το πλεονέκτημα να επιβιώνουν από κρούσεις χαμηλής ταχύτητας με το έδαφος, τα κτίρια και άλλα σταθερά αντικείμενα. Έχουν επίσης καλύτερη προσέγγιση στην προσγείωση, με το ωφέλιμο φορτίο να παραμένει αναλλοίωτο, σε πολύ διαφορετικές καιρικές συνθήκες ή τοποθεσίες, ακόμα κι αν οι ελιγμοί που πλησιάζουν δεν διεξάγονται καλά. Αυτό οφείλεται στον τρόπο με τον οποίο σχεδιάζονται τα οχήματα [25]. Το ενδιαφέρον για το αεροσκάφος Coanda Micro έχει αυξηθεί σημαντικά τα τελευταία αρκετά χρόνια ως αποτέλεσμα των πολλών τομέων χρήσης, ιδιαίτερα σε μη στρατιωτικούς τομείς όπως η αεροφωτογραφία, η παρακολούθηση και οι επικοινωνίες, μεταξύ άλλων εφαρμογών.

Λόγω αυτών των πλεονεκτημάτων, τα αεροσκάφη Coanda Micro γενικά έχουν εξαιρετικά ελκυστικό σχεδιασμό. Τα καθήκοντα που ενδέχεται να ανατεθούν στα αεροπορικά οχήματα της Coanda Micro στο μέλλον μπορεί να μοιάζουν με αυτά που ανατίθενται τώρα στα συμβατικά αεροσκάφη Micro. Αυτές οι δραστηριότητες μπορεί να περιλαμβάνουν επιτήρηση, εκτίμηση ζημιών και ανίχνευση χημικών εντός πόλεων και κτιρίων [35]. Στο μέλλον, αναμένεται ότι τα αεροσκάφη Coanda Micro, που θα λειτουργούν παράλληλα με την τεχνολογία που βρίσκεται ακόμη σε εξέλιξη, θα είναι σε θέση να εκτελούν διάφορες εργασίες που επί του παρόντος ανήκουν σε μεγαλύτερα μη επανδρωμένα εναέρια οχήματα. Τα μη επανδρωμένα εναέρια οχήματα που αναπτύχθηκαν από την Coanda θα μπορούν να ολοκληρώσουν ένα ευρύ φάσμα εργασιών, συμπεριλαμβανομένων των εξής: παρακολούθηση δασών και καλλιεργείων. διαχείριση πυρόσβεσης: έκτακτη διάσωση, επιβολή του νόμου (αστυνομία, πολιτική ασφάλεια). ασφάλεια των συνόρων και της ακτοφυλακής. Ασφάλεια γραμμών αγωγών και πύργων ηλεκτρικής ενέργειας της βιομηχανίας πετρελαίου και φυσικού αερίου. υποδομή, δίκτυο και περιβαλλοντική παρακολούθηση: προστασία της αλιείας: εναέρια επιθεώρηση και φωτογράφιση. χαρτογράφηση και τοπογραφία? και τα λοιπά.

6.4 Υπόβαθρο και εξέλιξη Coanda Micro αεροσκαφών

Ο Henri Coanda, πρωτοπόρος στον τομέα της αεροδυναμικής, πιστώνεται με τη σχεδίαση και την κατασκευή του πρώτου αεροσκάφους στον κόσμο που εξοπλίστηκε με ένα αντιδραστικό σύστημα

ΦΑΙΝΟΜΕΝΟ COANDA

πρώσης jet στα πρώτα χρόνια του 20ού αιώνα. Αυτό το αεροσκάφος, γνωστό ως «Coandă -1910 Aircraft», ήταν επίσης το πρώτο που χρησιμοποίησε το φαινόμενο γνωστό ως «φαινόμενο Coanda». Το Grand Palais, που βρίσκεται στα Ηλύσια Πεδία στο Παρίσι, φιλοξενούσε τη δεύτερη Διεθνή Αεροναυτική Έκθεση το έτος 1910. Αυτό το αεροσκάφος εκτέθηκε εκεί.

Μια άλλη προσπάθεια για τη δημιουργία ενός αεροσκάφους χρησιμοποιώντας το φαινόμενο Coanda παρουσιάστηκε το έτος 1952 από έναν Βρετανό σχεδιαστή αεροπορίας ονόματι John Carver Meadows Frost. Η πρότασή του ήταν να σχεδιάσει ένα αεροσκάφος κάθετης απογείωσης και προσγείωσης (VTOL) στο οποίο δόθηκε το όνομα «VZ-9 Avrocar». Η ανύψωση και η ώθηση του Avrocar υποτίθεται ότι παράγονται χρησιμοποιώντας το φαινόμενο Coanda μέσω της χρήσης ενός μόνο "turborotor", που εκτοξεύει την εξάτμιση από το χείλος του αεροσκάφους σε σχήμα δίσκου για να δώσει προβλεπόμενη απόδοση παρόμοια με το VTOL (Winchester, Jim, 2005). Στα τέλη του 1961, το γνωστό αμερικάνικο και καναδικό πιατάκι Avro VZ-9V κυκλοφόρησε στο James Forrestal Centre στην πανεπιστημιούπολη του Πανεπιστημίου Princeton στο New Jersey. Σύμφωνα με τα ευρήματα του Rose και Buttler (2006), το σκάφος ήταν ανεξέλεγκτο όταν βρισκόταν πάνω από τρία πόδια πάνω από το έδαφος [36].

Ο Μίλερ επινόησε μια μονάδα πτήσης κάθετης απογείωσης και προσγείωσης (VTOL) το 1964 [37] που κατασκευάστηκε από την Astor kinetics-Dynafan και χρησιμοποίησε το «φαινόμενο Coanda» για κάθετη ώθηση. Ο σκοπός αυτής της εφεύρεσης είναι να παράσχει μια νέα και βελτιωμένη μονάδα πτήσης που είναι ικανή να δημιουργεί έναν συνδυασμό διαφορετικών ανυψωτικών δυνάμεων επαρκών για συνεχή κατακόρυφη και οριζόντια πτήση. Αυτή η εφεύρεση σχετίζεται με τη νέα και χρήσιμη βελτίωση στις μονάδες πτήσης VTOL.

Μετά το 2000, ορισμένοι εφευρέτες της αεροναυπηγικής, όπως οι Collins (2002) [38], Geoffrey Hatton (2002) και Naudin (2006) [39], ή εταιρείες όπως η GFS Projects Ltd (γαλλική εταιρεία), η AESIR Ltd (βρετανική εταιρεία), καθώς και μια Ρουμανική η ακαδημαϊκή κοινοπραξία, μέσω του έργου MEDIAS, ανέπτυξε μια νέα κατηγορία εναέριων οχημάτων που χρησιμοποιούν κατά κύριο λόγο το φαινόμενο Coanda. Αυτά τα μη επανδρωμένα εναέρια οχήματα είναι γνωστά με την επωνυμία τους, Coanda Aerial Vehicles. Επειδή χρειάζεται μόνο έναν κινητήρα και έλικα και δεν έχει εξωτερικά κινούμενα εξαρτήματα, αυτό το είδος μη επανδρωμένου εναέριου οχήματος είναι μάλλον σπάνιο στη σφαίρα των μη επανδρωμένων εναέριων οχημάτων VTOL. Ως αποτέλεσμα, ο κίνδυνος εμπλοκής σε σύγκρουση μειώνεται σημαντικά. Το καμπύλο εξωτερικό του μη

ΦΑΙΝΟΜΕΝΟ COANDA

επανδρωμένου εναέριου οχήματος χρησιμοποιείται σε συνδυασμό με το φαινόμενο Coanda για να αντιστρέψει την κατεύθυνση της ροής του αέρα από οριζόντια προς τα κάτω καθώς εξέρχεται από τον αγωγό. Τα τελευταία δέκα χρόνια, μια πλημμύρα νέων μη επανδρωμένων αεροσκαφών έχει αφυπνιστεί στην Ευρώπη. Αυτό το κύμα εμπνεύστηκε από την κληρονομιά του Coanda..

Σήμερα, η πιο κοινή χρήση του φαινομένου Coanda είναι στα ελικόπτερα, δηλαδή ως συσκευή κατά της ροπής που αντικαθιστά το πίσω στροφέιο (γνωστό και ως σύστημα NOTAR). Λόγω αυτής της μεθόδου, είναι δυνατό να ισχυριστεί κανείς ότι το δυνητικά επικίνδυνο ουραίο στροφέιο του ελικοπτέρου έχει αντικατασταθεί με ένα μοναδικό ακροφύσιο που χρησιμοποιεί το φαινόμενο Coanda, το οποίο είναι ασφαλέστερο. Η πλειονότητα της έρευνας που έχει γίνει έχει επικεντρωθεί στην τροποποίηση του συστήματος πρόωσης καθώς και των χειριστηρίων προκειμένου να επιτευχθούν μεγαλύτερα επίπεδα απόδοσης, ευελιξίας και αποτελεσματικότητας σε αεροσκάφη Micro με δυνατότητα αιώρησης.

Στην έρευνα που πραγματοποιήθηκε από τους Djodjodihardjo [25], διερευνήθηκε ένας νέος μηχανισμός ανύψωσης για αεροσκάφη Vertical/Short Take-off and Landing (V/STOL). Το 2011 είναι ένας από τους πιθανούς προορισμούς στους οποίους θα μεταβούν οι ενεργοί έλεγχοι ροής στο μέλλον. Ο παραδοσιακός αεριοστρόβιλος έχει τη μεγαλύτερη υπόσχεση ως δυνητική μονάδα ισχύος για αυτού του είδους τα μη επανδρωμένα εναέρια οχήματα. Ωστόσο, λόγω του συχνά κυλινδρικού τους σχεδίου, δεν είναι η πιο κατάλληλη επιλογή. Υπάρχει πιθανότητα το σύστημα πρόωσης Coanda να είναι σε θέση να παρέχει τόσο μια αποτελεσματική φάση πλεύσης όσο και τη δυνατότητα αιώρησης. Η απόδοση θα πρέπει να είναι τουλάχιστον ισοδύναμη με εκείνη ενός ελικοπτέρου ενώ αιωρείται και θα πρέπει να είναι τουλάχιστον ισοδύναμη με εκείνη ενός αεροσκάφους με σταθερές πτέρυγες όταν πετά προς τα εμπρός. Αυτό θέτει την ιδέα σε άμεσο ανταγωνισμό με τα πτερύγια Micro οχήματα αέρα. Ωστόσο, η προωστική προσέγγιση Coanda θα μπορούσε να επωφεληθεί από τη μικρότερη ποσότητα κινούμενων εξαρτημάτων στη σχεδίαση.

Λόγω ορισμένων παραγόντων, συμπεριλαμβανομένης της περιορισμένης αντοχής που προσφέρουν οι μονάδες ηλεκτρικής ισχύος, της υπογραφής υψηλού θορύβου που σχετίζεται με τις κινητήρες εσωτερικής καύσης και της έλλειψης στρατηγικών αυτόματης αποφυγής φθοράς λόγω περιορισμών αντοχής στην αποστολή, τα μη επανδρωμένα εναέρια οχήματα δίσκων δεν έχουν υποστηρίχθηκε για χρήση σε εχθρικά θέατρα μέχρι αυτό το σημείο. Ωστόσο, αυτό αρχίζει να αλλάζει. Η μελέτη για τη δημιουργία και την τελειοποίηση των μη επανδρωμένων εναέριων

ΦΑΙΝΟΜΕΝΟ COANDA

οχημάτων Coanda συνεχίζεται σήμερα με πολλές εξετάσεις σε διάφορους τομείς που πρέπει να καλύπτονται, όπως το σύστημα πρόωσης, τα χειριστήρια, το σχήμα προφίλ, οι διαμορφώσεις των ακροφυσίων jet και άλλες δυσκολίες που σχετίζονται με το έργο.

Συμπεράσματα

Αν και το φαινόμενο Coanda εντοπίστηκε πριν από περισσότερο από έναν αιώνα, το εύρος των χρήσεων του έχει αυξηθεί πολύ από τότε. Ωστόσο, σε πολλές εφαρμογές, το πλήρες δυναμικό που παρέχει η αρχή δεν έχει ακόμη αξιοποιηθεί πλήρως. Αυτό οφείλεται εν μέρει στην έλλειψη κατανόησης ορισμένων από τις υποκείμενες φυσικές ιδιότητες που συνδέονται με την πρόσκρουση.

Η εκτροπή Coanda μιας ροής σε έναν καμπύλο τοίχο έχει αποτελέσει αντικείμενο πολλής έρευνας και ανάπτυξης σε όλη τη διάρκεια της ιστορίας. Είναι κοινώς γνωστό ότι ένας πίδακας ρευστού που έρχεται σε επαφή με μια καμπύλη επιφάνεια έχει την τάση να συνεχίζει να συνδέεται με αυτήν την επιφάνεια, σύμφωνα με τις μορφές και τις τεχνικές που εξακολουθούν να αποτελούν αντικείμενο επιστημονικής έρευνας μέχρι σήμερα. Αυτό το φαινόμενο είναι γνωστό ως φαινόμενο Coanda και η εκτενής βιβλιογραφία που παρουσιάζεται σε αυτή τη διατριβή αποτελεί σημαντικό συστατικό μιας δραστηριότητας που σχετίζεται με το φαινόμενο Coanda. Αυτή η δραστηριότητα είχε ως αποτέλεσμα την παραγωγή ενός αριθμού μη επανδρωμένων εναέριων οχημάτων και Micro εναέριων οχημάτων, τα οποία χρησιμοποιούν το φαινόμενο Coanda στην πιο αποτελεσματική του μορφή.

Βιβλιογραφία

- [1] Φαινόμενο Coanda στον κλιματισμό – Enpro – μηχανολογικά τεχνικά έργα, εξοικονόμηση ενέργειας, αυτοματισμοί. (n.d.). Retrieved December 5, 2022, from <https://www.enpro.gr/?p=5058>
- [2] Wikipedia Contributors (2020). Coandă effect. [online] Wikipedia. Available at: https://en.wikipedia.org/wiki/Coand%C4%83_effect.
- [3] Info Bloom. (n.d.). What is the Coanda Effect? (with picture). [online] Available at: <https://www.infobloom.com/what-is-the-coanda-effect.htm>.
- [4] Sciencedirect.com. (2010). Coanda Effect - an overview | ScienceDirect Topics. [online] Available at: <https://www.sciencedirect.com/topics/engineering/coanda-effect>.
- [5] Trancossi, M., Madonia, M., Dumas, A., Angeli, D., Bingham, C., Das, S. S., Grimaccia, F., Marques, J. P., Porreca, E., Smith, T., Stewart, P., Subhash, M., Sunol, A., & Vucinic, D. (2016). A new aircraft architecture based on the ACHEON Coanda effect nozzle: flight model and energy evaluation. European Transport Research Review, 8(2). <https://doi.org/10.1007/s12544-016-0198-4>
- [6] Nemertes: Home. (n.d.). Retrieved December 5, 2022, from <https://nemertes.library.upatras.gr/>
- [7] Constantin, O. (2010). Fluidic Elements based on Coanda Effect. INCAS BULLETIN, 2(4), 163–172. <https://doi.org/10.13111/2066-8201.2010.2.4.21>
- [8] Wikipedia Contributors. (2021, May 17). Henri Coandă. Wikipedia; Wikimedia Foundation. https://en.wikipedia.org/wiki/Henri_Coand%C4%83
- [9] Portillo, G. and Portillo, G. (2020). What is the Coanda effect and what is its importance. [online] Meteorología en Red. Available at: <https://www.meteorologiaenred.com/en/coanda-effect.html> [Accessed 5 Dec. 2022].
- [10] The Coanda Flying Saucer, “The Repulsin” type A. (n.d.). Jnaudin.free.fr. Retrieved December 5, 2022, from <http://jnaudin.free.fr/html/repcotst.htm>

ΦΑΙΝΟΜΕΝΟ COANDA

- [11] Coanda Effect. (n.d.). Www.formula1-Dictionary.net. https://www.formula1-dictionary.net/coanda_effect.html
- [12] Wahl, T. L. (2001). Hydraulic Performance of Coanda-Effect Screens. Journal of Hydraulic Engineering, 127(6), 480–488. [https://doi.org/10.1061/\(asce\)0733-9429\(2001\)127:6\(480\)](https://doi.org/10.1061/(asce)0733-9429(2001)127:6(480))
- [13] Wahl, T. L. (2001). Hydraulic Performance of Coanda-Effect Screens. Journal of Hydraulic Engineering, 127(6), 480–488. [https://doi.org/10.1061/\(asce\)0733-9429\(2001\)127:6\(480\)](https://doi.org/10.1061/(asce)0733-9429(2001)127:6(480))
- [14] https://www.researchgate.net/publication/274059668_Fluidic_Elements_based_on_Coanda_Effect(προσβάσιμο στις 5 Οκτωβρίου 2022)
- [15] DUMITRACHE, A., FRUNZULICA, F., & IONESCU, T. (2018). COANDA EFFECT ON THE FLOWS THROUGH EJECTORS AND CHANNELS. SCIENTIFIC RESEARCH and EDUCATION in the AIR FORCE, 20, 161–174. <https://doi.org/10.19062/2247-3173.2018.20.21>
- [16] Coanda Effect – Avro Car. (n.d.). Mysteriesofcanada.com. Retrieved December 5, 2022, from <https://mysteriesofcanada.com/ontario/coanda-effect-avrocar>
- [17] Avro Canada VZ-9 Avrocar. (2020, December 30). Wikipedia. https://en.wikipedia.org/wiki/Avro_Canada_VZ-9_Avrocar
- [18] FLOW, N. (2019, March 18). The Coandă effect: History and Implications. Nex Flow Air Products Corp. <https://www.nexflow.com/blog/coanda-effect-history-implications/#:~:text=The%20key%20to%20the%20Coand%C4%83%20effect%20is%20that>
- [19] CORDIS | European Commission. (2022). Europa.eu. <https://cordis.europa.eu/project/id/309041/reporting>
- [20] Bharathwaj, R., Giridharan, P., Karthick, K., Prasath, C. H., & Marimuthu, K. P. (2016). Computational study of Coanda based Fluidic Thrust Vectoring system for optimising Coanda geometry. IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, 149, 012210. <https://doi.org/10.1088/1757-899x/149/1/012210>.
- [21] Nonami, K. (2007). Prospect and recent research & development for civil use autonomous unmanned aircraft as UAV and MAV. Journal of system Design and Dynamics, 1(2), 120-128.

- [22] El-Hak, M. G., Pollard, A., & Bonnet, J. P. (1998). *Flow Control: Fundamentals and Practices*. Springer-Verlag.
- [23] Gad-el-Hak, M. (1998). Introduction to flow control. In *Flow Control* (pp. 1-107). Springer, Berlin, Heidelberg.
- [24] Wilson III, S. B. (2000, October). Micro air vehicles (MAV). In Presentation at the AIAA Student Chapter meeting at the University of Maryland, College Park.
- [25] Djojodihardjo, H., Ahmed, R. I., & Yousefian, A. (2014, November). An analysis on the lift generation for Coandă micro air vehicles. In *2014 IEEE International Conference on Aerospace Electronics and Remote Sensing Technology* (pp. 164-169). IEEE.
- [26] Phillips, S., Lambert, C., & Gursul, I. (2003). Effect of a trailing-edge jet on fin buffeting. *Journal of aircraft*, 40(3), 590-599.
- [27] Howard, R. M., & Kaminer, I. (1995, June). Survey of unmanned air vehicles. In *Proceedings of 1995 American Control Conference-ACC'95* (Vol. 5, pp. 2950-2953). IEEE.
- [28] Gupta, S. G., Ghonge, D., & Jawandhiya, P. M. (2013). Review of unmanned aircraft system (UAS). *International Journal of Advanced Research in Computer Engineering & Technology (IJARCET)* Volume, 2.
- [29] Mueller, T. J. (2001). An overview of micro air vehicle aerodynamics. Fixed and flapping wing aerodynamics for micro air vehicle applications, 1-10.
- [30] Shyy, W., Berg, M., & Ljungqvist, D. (1999). Flapping and flexible wings for biological and micro air vehicles. *Progress in aerospace sciences*, 35(5), 455-505.
- [31] Viieru, D., Tang, J., Lian, Y., Liu, H., & Shyy, W. (2006, January). Flapping and flexible wing aerodynamics of low Reynolds number flight vehicles. In *44th AIAA Aerospace Sciences Meeting and Exhibit* (p. 503).
- [32] Grasmeyer, J., & Keennon, M. (2001, January). Development of the black widow micro air vehicle. In *39th aerospace sciences meeting and exhibit* (p. 127).
- [33] Bronz, M., Moschetta, J. M., Brisset, P., & Gorraz, M. (2009). Towards a long endurance MAV. *International Journal of Micro Air Vehicles*, 1(4), 241-254.

- [34] Vermeulen, C., Lejeune, P., Lisein, J., Sawadogo, P., & Bouché, P. (2013). Unmanned aerial survey of elephants. *PloS one*, 8(2), e54700.
- [35] Sarris, Z., & Atlas, S. (2001, June). Survey of UAV applications in civil markets. In *IEEE Mediterranean Conference on Control and Automation* (p. 11).
- [36] Rose, B., & Buttler, T. (2006). *Flying saucer aircraft*. Midland.
- [37] Miller, J. A., Minear, P. D., Niessner Jr, A. F., DeLullo, A. M., Geiger, B. R., Long, L. N., & Horn, J. F. (2007). Intelligent unmanned air vehicle flight systems. *Journal of Aerospace Computing, Information, and Communication*, 4(5), 816-835.
- [38] Collins, R. J. (2007). *Explore gas turbine engine technology (the Contra)*.
- [39] Naudin, J. L. (2006). *The GFS UAV Project*. Retrieved on, 25, 2010.
- [40] Simpson, R. G., Ahmed, N. A., & Archer, R. D. (2000). Improvement of a wing's aerodynamic efficiency using Coanda tip jets. *Journal of aircraft*, 37(1), 183-184.
- [41] Lubert, C. (2010, November). On some recent applications of the Coanda effect to acoustics. In *Proceedings of Meetings on Acoustics 160ASA* (Vol. 11, No. 1, p. 040006). Acoustical Society of America.
- [42] Wong, C., & Kontis, K. (2009). Pneumatic flow control studies using steady blowing on a supercritical aerofoil. *The Aeronautical Journal*, 113(1139), 53-63.
- [43] Cook, M. V., Buonanno, A., & Erbslöh, S. D. (2008). A circulation control actuator for flapless flight control. *The Aeronautical Journal*, 112(1134), 483-489.
- [44] Busemann, A. (1939). *Schuberhöhung durch Luftbeimischung*. Lilienthal Ges. Luftfahrt. Bericht, 118.
- [45] BEVILAQUA, P., & LEE, J. (2006). Design of a supersonic Coanda jet nozzle. In *22nd Aerospace Sciences Meeting* (p. 333).
- [46] Cornelius, K. C., & Lucius, G. A. (1994). Physics of Coanda jet detachment at high-pressure ratio. *Journal of Aircraft*, 31(3), 591-596.

ΦΑΙΝΟΜΕΝΟ COANDA

- [47] Sawada, K., & Asami, K. (1997). Numerical study on the underexpanded Coanda jet. *Journal of aircraft*, 34(5), 641-647.
- [48] Teodorescu-Tintea, C. (1960). Recherches sur le reversement de la traction des moteurs turboréacteurs à l'aide de l'effet Coanda. *Rev. Transp.* 9, Bucarest.
- [49] Wing, D. J. (1994). Static investigation of two fluidic thrust-vectoring concepts on a two-dimensional convergent-divergent nozzle (Vol. 4574). National Aeronautics and Space Administration, Langley Research Center.
- [50] Schuh, H., & Persson, B. (1964). Heat transfer on circular cylinders exposed to free-jet flow. *International Journal of Heat and Mass Transfer*, 7(11), 1257-1271.
- [51] Klein, E. (1965). Umströömung einer konvexen Kontur durch einen dünnen Flüssigkeitsfilm mit freier Oberfläche. Die Vergrößerung des Zerstäubungswinkels einer Dralldüse als Anwendungsbeispiel.) To be published as Bericht der DVL R.
- [52] Lee, D. W., Hwang, J. G., Kwon, Y. D., Kwon, S. B., Kim, G. Y., & Lee, D. E. (2007). A study on the air knife flow with Coanda effect. *Journal of Mechanical Science and Technology*, 21(12), 2214-2220.
- [53] Guntheroth, W., & Miyaki-Hull, C. (1999). Coanda effect on ductal flow in the pulmonary artery. *Journal of ultrasound in medicine*, 18(3), 203-206.
- [54] Ginghina, C. (2007). The Coandă effect in cardiology. *Journal of Cardiovascular Medicine*, 8(6), 411-413.
- [55] Jackson, R. R. (1972). U.S. Patent No. 3,707,151. Washington, DC: U.S. Patent and Trademark Office.
- [56] Baumont, G. (1974). U.S. Patent No. 3,815,593. Washington, DC: U.S. Patent and Trademark Office.
- [57] Phuc, T. N. (1988). U.S. Patent No. 4,788,974. Washington, DC: U.S. Patent and Trademark Office.
- [58] English, J. (1999). The Coanda effect in maritime technology. *NAVAL ARCHITECT*, 18-+.

ΦΑΙΝΟΜΕΝΟ COANDA

- [59] Haines, A. L. (1974). *Yellowstone National Park: its exploration and establishment*. US National Park Service.
- [60] Beese, J., Peters, R., & Wade, M. (1974, August). 'An improved propulsion system for marine vehicles'. In *Ocean'74-IEEE International Conference on Engineering in the Ocean Environment* (pp. 328-336). IEEE.
- [61] Esmond, S. E., Quinn, L., & Weir, R. K. (2004). U.S. Patent No. 6,705,049. Washington, DC: U.S. Patent and Trademark Office.
- [62] Talley, J. R., & Atkins, W. L. (2004). U.S. Patent No. 6,730,177. Washington, DC: U.S. Patent and Trademark Office.
- [63] Jones, A. (1998). U.S. Patent No. 5,749,161. Washington, DC: U.S. Patent and Trademark Office.
- [64] Horii, K., & Sawazaki, H. (1993). U.S. Patent No. 5,188,868. Washington, DC: U.S. Patent and Trademark Office.
- [65] Etkin, B., Korbacher, G. K., Nishimura, Y., Ribner, H. S., & Wilson, A. E. (1964). Application of an ejector nozzle and Coanda surface to ventilation of a highway tunnel. UTIA TN, 82.
- [66] Nishimura, Y. (1965). Application of a jet pump and Coanda surface to ventilation of a highway tunnel. UTIAS Technical Note, No. 82.
- [67] Jenkins, B. G., Moles, F. D., Desty, D. H., Boden, J. C., & Pratley, G. (1980). The aerodynamic modelling of flares. In *Energy Technology Conference and Exhibition, New Orleans*, ASME Paper.
- [68] McMurray, R., & Pratley, G. (1984). U.S. Patent No. 4,486,167. Washington, DC: U.S. Patent and Trademark Office.
- [69] Parsons, C., & CARPENTER, P. (1986). The noise emitted by turbulent jets in close proximity to solid surfaces. In *10th Aeroacoustics Conference* (p. 1869).
- [70] Carpenter, P. W., & Green, P. N. (1997). The aeroacoustics and aerodynamics of high-speed Coanda devices, part 1: Conventional arrangement of exit nozzle and surface. *Journal of Sound and Vibration*, 208(5), 777-801.

Παραπομπές

- a) https://th.bing.com/th/id/R.ed5a7e542ddf7ef458d8c0e7fa482cef?rik=7uCP4QmaqAeEOg&riu=http%3a%2f%2fwww.andaco.ch%2f12_5_2_Diagram-CoandaScreen_A_.jpg%3fv%3d1utke0540zb50yb&ehk=RhnyaXg5I86tAZAuhM1%2fw0CCtmyO5X%2fqXrTH7O8ISX8%3d&risl=&pid=ImgRaw&r=0
- b) https://www.google.com/search?q=thomas+young&sxsrf=ALiCzsaXQKKDJC2qswVhzQitdo_Gv59SKg:1661928482662&source=lnms&tbm=isch&sa=X&ved=2ahUKEwjjeOeGvvD5AhXZiv0HHQMXAyYQ_AUoAXoECAIQAw&biw=2560&bih=912&dpr=1#imgre=6VR01MHIHuRDrM
- c) <https://www.bing.com/images/search?view=detailV2&ccid=8m0QDBl6&id=05E9400418F626AA3D56A86DA871B33EE804A674&thid=OIP.8m0QDBl6n9a2I0yO81W3AgHaHL&mediurl=https%3a%2f%2fth.bing.com%2fth%2fid%2fR.f26d100c197a9fd6b6234c8ef355b702%3frik%3ddKYE6D6zcahtqA%26riu%3dhhttp%253a%252f%252fwww.romania-insider.com%252fwp-content%252fuploads%252f2010%252f09%252fHenri-Coanda.jpg%26ehk%3dbASracWqpZIETXwKrf%252bdNsmbKOHK9DCrWCefTe3Vvmo%253d%26risl%3d%26pid%3dImgRaw%26r%3d0&expw=500&q=coanda+profile&simid=608053428364731242&FORM=IRPRST&ck=FCD5DB2402095A4E245CCCE77E4DE9C5&selectedIndex=68&ajaxhist=0&ajaxserp=0>
- d) https://www.google.com/search?q=AIRFLOW+TRAILING+EDGE&tbm=isch&ved=2ahUKEwj3h82jwPD5AhUK4RoKHTJ1AQ8Q2-cCegQIABAA&oq=AIRFLOW+TRAILING+EDGE&gs_lcp=CgNpbWcQAzoECCMQJzoFCAAQgAQ6BggAEB4QBzoECAAQHjoECAAQEzoICAAQHhAFEBM6BggAEB4QBTogCAAQHhAIUPMHWMihYOUkaABwAHgAgAHMAYgBrhaSAQYwLjEzLjKYAQCGAQGqAQtnD3Mtd2l6LWltZ7gBA8ABAQ&sclient=img&ei=dwYPY7fwN4rCa7LqhXg&bih=912&biw=2560#imgre=MvphScN6hukXIM
- e) <https://www.bing.com/images/search?q=&view=detailv2&id=08A9AC04D319066EB7C9196F5E4A9CE70B899A1C&ccid=AO7wjHHO&iss=fav&FORM=SVIM01&idpview=singleimage&mediurl=https%253a%252f%252fi0.wp.com%252fwww.nexflow.com%252fwp-content%252fuploads%252f2018%252f06%252fDefinition-of-the-Coanda-Effect..jpg%253fresize%253d744%25252C400%2526ssl%253d1&expw=744&expw=400&thid=OIP.AO7wjHHOjcgSOWd7Ct9sJAHaD->

ΦΑΙΝΟΜΕΝΟ ΚΟΑΝΔΑ

- f) https://www.google.com/search?q=coanda+saucer&sxsrf=ALiCzsYM0JsCAuVHq8veRcvCS_x2IB3mHQ:1661929411137&source=lnms&tbn=isch&sa=X&ved=2ahUKEwjCzcTBwfD5AhVFi_0HHVJtD70Q_AUoAXoECAEQAw&biw=2560&bih=912&dpr=1#imgrc=e6xPiPbFPbX-VM
- g) <https://www.google.com/search?q=Boeing+707+american+airline&sxsrf=ALiCzsbh5RhFbnli->
- h) https://www.google.com/search?q=Jet+Attachment+coanda&tbn=isch&ved=2ahUKEwjXp9q-wvD5AhUNLxoKHYYJoAdgQ2-cCegQIABAA&oq=Jet+Attachment+coanda&gs_lcp=CgNpbWcQAzoECCMQJzoGCAAQHhAHOGYIABAEAU6BggAEB4QCFCQAljZEGDUE2gAcAB4AIABYQGIAf8LkgEFMC43LjGYAQCgAQGqAQtnD3Mtd2l6LWltZ7gBA8ABAQ&sclient=img&ei=yQgPY5efJo3eaILRhcAN&bih=912&biw=2560#imgrc=gyWY1YQOvmglM
- i) https://www.bing.com/images/search?view=detailV2&ccid=JwX2Ax1A&id=BEAAA4832B2E5CD62563D713E1765CC8A80BE2BB&thid=OIP.JwX2Ax1Apv6jSkfrOCZ-JgHaEl&mediurl=https%3a%2f%2fth.bing.com%2fth%2fid%2fR.2705f6031d40a6fea34a47eb38267e26%3frik%3du%252bILqMhcduET1w%26riu%3dhttp%253a%252f%252fthepipingtalk.com%252fwp-content%252fuploads%252f2021%252f04%252fslide5_new-1024x668.jpg%26ehk%3dqP3Ruy8t2UP0nYMX0NLiWihwB1DzMvMvtgEyeBrD%252f6s%253d%26risl%3d%26pid%3dImgRaw%26r%3d0&exph=668&expw=1024&q=flare+coanda&simid=608040620776897816&FORM=IRPRST&ck=931B23C9BD3D09A92B20E550FF262FA5&selectedIndex=0&ajaxhist=0&ajaxserp=0
- j) PH-MAZ Directie Noordzee (cropped) - Cessna 402 - Wikipedia
- k) [https://www.google.com/search?q=Avrocar&tbn=isch&ved=2ahUKEwj3orywvD5AhUMGRoKHb6aDM0Q2-cCegQIABAA&oq=Avrocar&gs_lcp=CgNpbWcQAziECAAQEziECAAQEziECAAQEziECAAQEziIICAAQHhAFEBMyCAgAEB4QBRA TMggIABAEAUQE1AAWABghAVoAHAAeACAAb8BiAG_AZIBAzAuMZgBAKABAaoBC2d3cy13aXotaW1nuAEBwAEB&sclient=img&ei=NQkPY6TWFoyyaL61sugM&bih=912&biw=2560#imgrc=49J23BLtRwLB4M](https://www.google.com/search?q=Avrocar&tbn=isch&ved=2ahUKEwj3orywvD5AhUMGRoKHb6aDM0Q2-cCegQIABAA&oq=Avrocar&gs_lcp=CgNpbWcQAziECAAQEziECAAQEziECAAQEziECAAQEziECAAQEziIICAAQHhAFEBMyCAgAEB4QBRA TMggIABAEAUQE1AAWABghAVoAHAAeACAAb8BiAG_AZIBAzAuMZgBAKABAaoBC2d3cy13aXotaW1nuAEBwAEB&sclient=img&ei=NQkPY6TWFoyyaL61sugM&bih=912&biw=2560#imgrc=49J23BLtRwLB4M)

ΦΑΙΝΟΜΕΝΟ COANDA

- l) https://www.bing.com/images/search?view=detailV2&ccid=6Jix0s3u&id=5AED7BFDB35EB71C71DD49172A208ED0CA2196B4&thid=OIP.6Jix0s3u7IrvpRGDk-SwagHaHa&mediaurl=https%3a%2f%2fcoandascreens.co.uk%2fwp-content%2fuploads%2f2019%2f12%2fIMG_8434-Ballimor-Normal-capcity-half-height-operating-3resized.jpg&cdnurl=https%3a%2f%2fth.bing.com%2fth%2fid%2fR.e898b1d2cdeec8aefa5118393e4b06a%3afrik%3dtJYhytCOICoXSQ%26pid%3dImgRaw%26r%3d0&exp=1772&expw=1772&q=coanda+effect+screen&simid=608004427091232701&FORM=IRPRST&ck=E80C118E42D3780646935BD121842621&selectedIndex=1&ajaxhist=0&ajaxserp=0
- m) https://www.google.com/search?q=Ansys+Fluent&&tbm=isch&ved=2ahUKEwii0u2U26X6AhWNmKQKHfYeDikQ2-cCegQIABAA&sq=Ansys+Fluent&gs_lcp=CgNpbWcQAzIFCAAQgAQyBggAEB4QBzIGCAAQHhAHMgYIABAEAcYBggAEB4QBzIECAAQHjIECAAQHjIECAAQHjIECAAQHjIECAAQHjoECCMQJ1D8Clj8CmDTDWgAcAB4AIABcogBzAGSAQMxLjGYAQCGAQGqAQtd3Mtd2l6LWltZ8ABAQ&slent=img&ei=MuwqY6LxNY2xkgX2vbjIAG&bih=871&biw=1228#imgrc=nRiDWHgN07608M
- n) https://www.google.com/search?q=starting+vortex+coanda&xsrf=ALiCzSYNjFIOIU_9zfd4VoueOQkyfItWVA:1662980629863&source=lnms&tbm=isch&sa=X&ved=2ahUKEwjgdjNjY_6AhWI_7sIHQGFAugQ_AUoAXoECAEQAw&biw=2560&bih=912&dpr=1#imgrc=QIRFMSo515FSTM&imgdii=2pgEtWjVRCnz0M
- o) [https://www.google.com/search?q=flowfield+around+the+airfoil&tbm=isch&ved=2ahUKEwj9gbikkY_6AhUIg84BHWvRD1MQ2-cCegQIABAA&sq&gs_lcp=CgNpbWcQARgCMgcIIXDqAhAnMgcIIXDqAhAnMgcIIXDqAhAnMgcIIXDqAhAnMgcIIXDqAhAnMgcIIXDqAhAnMgcIIXDqAhAnMgcIIXDqAhAnMgcIIXDqAhAnMgcIIXDqAhAnMgcIIXDqAhAnMgcIIXDqAhAnOgQIIxAnUOMRWOMRYJMiaAFwAHgAgAFSiAFSkgEBMZgBAKABAaoBC2d3cy13axotaW1nsAEKwAEB&slent=img&ei=8RUfY73FByiGur4P66K_mAU&bih=912&biw=2543&hl=el#imgrc=a3FhQZ-tHRSJiM](https://www.google.com/search?q=flowfield+around+the+airfoil&tbm=isch&ved=2ahUKEwj9gbikkY_6AhUIg84BHWvRD1MQ2-cCegQIABAA&sq&gs_lcp=CgNpbWcQARgCMgcIIXDqAhAnMgcIIXDqAhAnMgcIIXDqAhAnMgcIIXDqAhAnMgcIIXDqAhAnMgcIIXDqAhAnMgcIIXDqAhAnMgcIIXDqAhAnMgcIIXDqAhAnMgcIIXDqAhAnMgcIIXDqAhAnMgcIIXDqAhAnMgcIIXDqAhAnMgcIIXDqAhAnOgQIIxAnUOMRWOMRYJMiaAFwAHgAgAFSiAFSkgEBMZgBAKABAaoBC2d3cy13axotaW1nsAEKwAEB&slent=img&ei=8RUfY73FByiGur4P66K_mAU&bih=912&biw=2543&hl=el#imgrc=a3FhQZ-tHRSJiM)
- p) [https://www.google.com/search?q=flowfield+around+the+airfoil&tbm=isch&ved=2ahUKEwj9gbikkY_6AhUIg84BHWvRD1MQ2-cCegQIABAA&sq&gs_lcp=CgNpbWcQARgCMgcIIXDqAhAnMgcIIXDqAhAnMgcIIXDqAhAnMgcIIXDqAhAnMgcIIXDqAhAnMgcIIXDqAhAnMgcIIXDqAhAnMgcIIXDqAhAnMgcIIXDqAhAnMgcIIXDqAhAnMgcIIXDqAhAnMgcIIXDqAhAnMgcIIXDqAhAnOgQIIxAnUOMRWOMRYJMiaAFwAHgAgAFSiAFSkgEBMZgBAKABAaoBC2d3cy13axotaW1nsAEKwAEB&slent=img&ei=8RUfY73FByiGur4P66K_mAU&bih=912&biw=2543&hl=el#imgrc=a3FhQZ-tHRSJiM](https://www.google.com/search?q=flowfield+around+the+airfoil&tbm=isch&ved=2ahUKEwj9gbikkY_6AhUIg84BHWvRD1MQ2-cCegQIABAA&sq&gs_lcp=CgNpbWcQARgCMgcIIXDqAhAnMgcIIXDqAhAnMgcIIXDqAhAnMgcIIXDqAhAnMgcIIXDqAhAnMgcIIXDqAhAnMgcIIXDqAhAnMgcIIXDqAhAnMgcIIXDqAhAnMgcIIXDqAhAnMgcIIXDqAhAnMgcIIXDqAhAnMgcIIXDqAhAnMgcIIXDqAhAnMgcIIXDqAhAnMgcIIXDqAhAnOgQIIxAnUOMRWOMRYJMiaAFwAHgAgAFSiAFSkgEBMZgBAKABAaoBC2d3cy13axotaW1nsAEKwAEB&slent=img&ei=8RUfY73FByiGur4P66K_mAU&bih=912&biw=2543&hl=el#imgrc=a3FhQZ-tHRSJiM)

ΦΑΙΝΟΜΕΝΟ COANDA

DqAhAnMgcIIXDqAhAnMgcIIXDqAhAnMgcIIXDqAhAnMgcIIXDqAhAnMgcIIXDqAh
AnMgcIIXDqAhAnMgcIIXDqAhAnOgQIIXAnUOMRWOMRYJMiaAFwAHgAgAFSiA
FSkgEBMZgBAKABAaoBC2d3cy13aXotaW1nsAEKwAEB&scient=img&ei=8RUfY7
3FBYiGur4P66K_mAU&bih=912&biw=2543&hl=el#imgrc=wEdScRti_Lt07M

q) https://www.researchgate.net/figure/Evolution-of-the-flow-field-predicted-by-the-CNN-DCNN-model-with-angle-of-attack-of-6_fig4_347311442

r) https://www.google.com/search?q=%CE%B4%CE%B9%CE%BA%CE%B9%CE%BD%CE%B7%CF%84%CE%B7%CF%81%CE%B9%CE%BF+%CE%B1%CE%B5%CF%81%CE%BF%CF%80%CE%BB%CE%B1%CE%BD%CE%BF&source=lnms&tbn=isch&sa=X&ved=2ahUKEwj85O7Rib6AhUVgP0HHSX-BdMQ_AUoAXoECAEQAw&biw=2560&bih=969&dpr=1#imgrc=e1c2RK_UFnj1vM