

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ
ΠΟΛΥΤΕΧΝΙΚΗ ΣΧΟΛΗ
ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΑΣ

Διπλωματική Εργασία

**ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗΣ ΔΙΑΤΑΞΕΩΣ ΚΑΙ ΜΕΛΕΤΗ
ΡΟΗΣ ΥΓΡΟΥ ΥΜΕΝΑ ΣΕ ΚΑΤΑΚΟΡΥΦΟ ΤΟΙΧΩΜΑ**

υπό

ΤΖΑΝΙΔΑΚΗ ΕΥΑΓΓΕΛΟΥ

Υπεβλήθη για την εκπλήρωση μέρους των
απαιτήσεων για την απόκτηση του
Διπλώματος Μηχανολόγου Μηχανικού Βιομηχανίας
2008

© 2008 Τζανιδάκης Ευάγγελος

Η έγκριση της διπλωματικής εργασίας από το Τμήμα Μηχανολόγων Μηχανικών Βιομηχανίας της Πολυτεχνικής Σχολής του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας δεν υποδηλώνει αποδοχή των απόψεων του συγγραφέα (Ν. 5343/32 αρ. 202 παρ. 2).



**ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ
ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗ & ΚΕΝΤΡΟ ΠΛΗΡΟΦΟΡΗΣΗΣ
ΕΙΔΙΚΗ ΣΥΛΛΟΓΗ «ΓΚΡΙΖΑ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ»**

Αριθ. Εισ.: 6148/1
Ημερ. Εισ.: 24-03-2008
Δωρεά: Συγγραφέα
Ταξιθετικός Κωδικός: ΠΤ – ΜΜΒ
2008
ΤΖΑ

Εγκρίθηκε από τα Μέλη της Τριμελούς Εξεταστικής Επιτροπής:

Πρώτος Εξεταστής (Επιβλέπων) Δρ. Βλαχογιάννης Μιχαήλ
Διδάσκων (Π.Δ. 407/80), Τμήμα Μηχανολόγων Μηχανικών Βιομηχανίας,
Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας

Δεύτερος Εξεταστής Δρ. Μποντόζογλου Βασίλειος
Καθηγητής, Τμήμα Μηχανολόγων Μηχανικών Βιομηχανίας,
Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας

Τρίτος Εξεταστής Δρ. Ανδρίτσος Νικόλαος
Επίκουρος Καθηγητής, Τμήμα Μηχανολόγων Μηχανικών Βιομηχανίας,
Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Φτάνοντας στο τέλος των πολύχρονων σπουδών μου, θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμώς όλους εκείνους οι οποίοι μου συμπαραστάθηκαν συνεχώς και αδιαλείπτως. Οφείλω ένα ευχαριστώ στους υποψηφίους διδάκτορες Βλάση Λεοντίδη και Χριστίνα Τζώρτζη για την προμήθεια εκπαιδευτικού υλικού και τη δημιουργία φιλικής ατμόσφαιρας στο εργαστήριο. Ευχαριστώ τους Αθανάσιο Βέργο και Αναστάσιο Δαρφερέρα για τις συμβουλές σε κατασκευαστικά και ηλεκτρολογικά ζητήματα καθώς και για τη χορήγηση εργαλείων τα οποία διευκόλυναν την κατασκευαστική διαδικασία. Τέλος ένα μεγάλο ευχαριστώ στα μέλη της τριμελούς εξεταστικής επιτροπής κκ Ανδρίτσο Νικόλαο, Μποντόζογλου Βασίλειο και ιδιαιτέρως στον καθηγητή μου, κ. Βλαχογιάννη Μιχαήλ του οποίου η επίδειξη εμπιστοσύνης προς το πρόσωπό μου και η επικουρία του στη συγκεκριμένη εργασία υπήρξαν καθοριστικής σημασίας. Τον ευχαριστώ επίσης για τις συζητήσεις αλλά και τις συμβουλές του σε ευρύτερα πεδία, πέραν του μηχανολογικού αντικειμένου.

Τζανιδάκης Ευάγγελος

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

- ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΣΧΗΜΑΤΩΝ.....i
- ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΠΙΝΑΚΩΝ.....iii
- ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΕΞΙΣΩΣΕΩΝ.....iv
- ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΓΡΑΦΗΜΑΤΩΝ.....iv
- **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1: ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....1**
- **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2: ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΗ ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ.....2**
 - 2.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....2
 - 2.2 ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΕΣ ΣΧΕΣΕΙΣ.....2
 - 2.3 ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΚΥΜΑΤΟΜΟΡΦΩΝ ΣΕ ΚΑΘΕΤΗ ΡΟΗ.....5
- **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3: ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗΣ ΔΙΑΤΑΞΕΩΣ.....10**
 - 3.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....10
 - 3.2 ΤΟΠΘΕΤΗΣΗ ΚΑΙ ΣΤΗΡΙΞΗ ΚΟΙΛΟΔΟΚΩΝ.....10
 - 3.3 ΚΟΠΗ ΚΑΙ ΣΤΗΡΙΞΗ ΔΟΚΩΝ ΔΕΧΙΩΝ.....13
 - 3.4 ΔΙΑΝΟΙΞΗ ΟΠΩΝ ΣΤΙΣ ΚΟΙΛΟΔΟΚΟΥΣ.....14
 - 3.5 ΚΟΠΗ ΚΑΙ ΔΙΑΜΟΡΦΩΣΗ ΠΛΑΚΑΣ PVC.....14
 - 3.6 ΔΙΑΝΟΙΞΗ ΟΠΩΝ ΣΤΗΝ ΟΠΙΣΘΙΑ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑ ΤΗΣ ΠΛΑΚΑΣ.....17
 - 3.7 ΤΟΠΟΘΕΤΗΣΗ ΥΑΛΩΝ.....19
 - 3.8 ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΚΥΡΙΑΣ ΔΕΞΑΜΕΝΗΣ.....20
 - 3.9 ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΔΕΥΤΕΡΕΥΟΥΣΑΣ ΔΕΞΑΜΕΝΗΣ.....23
 - 3.10 ΟΔΗΓΟΣ ΑΠΟΡΡΟΗΣ ΚΑΙ ΦΙΛΤΡΟ.....25
 - 3.11 ΕΠΙΛΟΓΗ ΑΝΤΛΙΑΣ.....26
 - 3.12 ΤΟΠΟΘΕΤΗΣΗ ΚΑΙ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΙΣΜΟΣ INVERTER.....35
 - 3.13 ΑΝΑΚΕΦΑΛΑΙΩΣΗ.....37
- **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4: ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΚΑΙ ΣΧΟΛΙΑΣΜΟΣ.....39**
 - 4.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ – ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ.....40
 - 4.2 ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ.....40
 - 4.3 ΦΩΤΟΓΡΑΦΙΕΣ ΟΛΟΚΛΗΡΟΥ ΟΨΕΩΣ ΣΕΙΡΩΝ 1 ΚΑΙ 2.....45
 - 4.4 ΦΩΤΟΓΡΑΦΙΕΣ ΟΛΟΚΛΗΡΟΥ ΟΨΕΩΣ ΣΕΙΡΑΣ 3^{ΗΣ}.....48
- **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5: ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ.....53**
- ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ
- ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Ι
- ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ ΙΙ

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΣΧΗΜΑΤΩΝ

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

- Σχήμα 1.2. Αναπαράσταση Ροής σε Κεκλιμένο Επίπεδο.....3
- Σχήμα 2.2. Αναπαράσταση της εξελίξεως στάσιμων κυμάτων κατά Alekseenko.....6
- Σχήμα 3.2. Αναπαράσταση της κινήσεως σολιτονικού κύματος υπό βαρυτική έλξη. Οι τριχοειδής κυματισμοί του νερού εξαλείφονται κατά τη διάρκεια της κινήσεως.....7
- Σχήμα 4.2. Παρουσίαση κυματομορφών χωρίς διαταραχή.....8
- Σχήμα 5.2. Παρουσίαση κυματομορφών με διαταραχή.....9

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3

- Σχήμα 1.3. Απεικόνιση των τοποθετημένων δοκών καθώς και της ηλεκτροσυγκόλληση τους στη μεταλλική κουπαστή.....11
- Σχήμα 2.3. Απεικόνιση των μεταλλικών στηριγμάτων, της ηλεκτροσυγκόλληση τους στις κοιλοδοκούς καθώς και της ένωσης με το δάπεδο.....12
- Σχήμα 3.3. Απεικόνιση μεταλλικού ούπου.....12
- Σχήμα 4.3. Απεικόνιση των dexion με σχετική οπτική ευκρίνεια στην παραλληλία και στην καθετότητα τους.....13
- Σχήμα 5.3. Απεικόνιση των εξαρτημάτων τα οποία χρησιμοποιήθηκαν κατά τη διάνοιξη και σπειροτόμηση των οπών.....14
- Σχήμα 6.3. Απεικόνιση της πλάκας PVC τοποθετημένης στις κοιλοδοκούς.....15
- Σχήμα 7.3. Απεικόνιση της σειράς παξιμάδι-ροδέλα-dexion-λάμα-παξιμάδι-παξιμάδι.....17
- Σχήμα 8.3. Απεικόνιση των σπειροτόμων κοίλης και επίπεδης εισαγωγής.....19
- Σχήμα 9.3. Απεικόνιση των υάλων, εφαρμοσμένων στην κάθετη πλάκα.....20
- Σχήμα 10.3. Απεικόνιση του ποτηροτύπανου 1 ίντσας.....21
- Σχήμα 11.3. Απεικόνιση της δεξαμενής, του ξύλου και του συστήματος ψύξης του ρευστού.....22
- Σχήμα 12.3. Απεικόνιση της δευτερεύουσας δεξαμενής και των σωληνώσεων οι οποίες επιτρέπουν την εισροή του υγρού.....24
- Σχήμα 3.13. Απεικόνιση του συστήματος απορροής και της μεταλλικής σήτας.....25
- Σχήμα 14.3. Απεικόνιση του συστήματος διανομής του ρευστού.....26
- Σχήμα 15.3. Απεικόνιση των κύριων τμημάτων μίας φυγοκεντρικής αντλίας.....29

- Σχήμα 16.3. Απεικόνιση των κυματισμών διαλύματος γλυκερίνης 75% κατ'ογκο.....30
- Σχήμα 17.3. Απεικόνιση αντλίας με εξωτερική συνδεσμολογία γραναζιών.....32
- Σχήμα 18.3. Απεικόνιση του γραναζωτού αντλιτικού συστήματος.....32
- Σχήμα 19.3. Απεικόνιση του αντλιτικού συστήματος σταθεροποιημένο στο έδαφος.....34
- Σχήμα 3.20. Απεικόνιση της συνδεσμολογίας του αναστροφέα.....36
- Σχήμα 3.21. Απεικόνιση της συνδεσμολογίας των φάσεων και της γείωσης του αναστροφέα με τον ηλεκτροκινητήρα της αντλίας.....37

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4

- Σχήμα 1.4. Σειρά 1^η. $Re = 6.7$46
- Σχήμα 2.4. Σειρά 1^η. $Re = 7.787$46
- Σχήμα 3.4. Σειρά 1^η. $Re = 11.11$46
- Σχήμα 4.4. Σειρά 1^η. $Re = 12.698$46
- Σχήμα 5.4. Σειρά 1^η. $Re = 19.04$47
- Σχήμα 6.4. Σειρά 2^η. $Re = 19.546$47
- Σχήμα 7.4. Σειρά 2^η. $Re = 22.644$47
- Σχήμα 8.4. Σειρά 2^η. $Re = 24.34$47
- Σχήμα 9.4. Σειρά 3^η. $Re = 3.33$50
- Σχήμα 10.4. Σειρά 3^η. $Re = 3.61$50
- Σχήμα 11.4. Σειρά 3^η. $Re = 3.9$51
- Σχήμα 12.4. Σειρά 3^η. $Re = 4.47$51
- Σχήμα 13.4. Σειρά 3^η. $Re = 7.61$51
- Σχήμα 14.4. Σειρά 3^η. $Re = 13.33$51

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΠΙΝΑΚΩΝ

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3

- Πίνακας 1.3. Φυσικές Ιδιότητες του PVC.....16
- Πίνακας 2.3. Θερμικό καθήκον του εναλλάκτη.....23
- Πίνακας 3.3. Πειραματικά αποτελέσματα υπό σταθερές στροφές και μεταβαλλόμενη πίεση.....33
- Πίνακας 4.3. Μέγιστα όρια λειτουργίας της αντλίας.....33
- Πίνακας 5.3. Χαρακτηριστικά Ηλεκτροκινητήρα.....35
- Πίνακας 6.3. Ανακεφαλαιωτική Επισκόπηση Υλικών και Εξαρτημάτων.....38
- Πίνακας 7.3. Χαρακτηριστικά των Silica Oil.....39

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4

- Πίνακας 1.4. Πίνακας Εύρους Μετρήσεων.....41
- Πίνακας 2.4. Πίνακας Μετρήσεων 1^{ης} Σειράς από 3 έως 7.5 Hz.....41
- Πίνακας 3.4. Πίνακας Μετρήσεων 1^{ης} Σειράς από 3 έως 5 Hz.....42
- Πίνακας 4.4. Πίνακας Μετρήσεων 1^{ης} Σειράς από 2 έως 4 Hz.....43
- Πίνακας 5.4. Πίνακας Μετρήσεων 2^{ης} Σειράς από 2 έως 10 Hz.....44
- Πίνακας 6.4. Πίνακας Μετρήσεων 2^{ης} Σειράς από 1.5 έως 7 Hz.....49

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΕΞΙΣΩΣΕΩΝ

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

- Εξίσωση 1.2. Εξίσωση Ισοζυγίου Μάζας.....3
- Εξίσωση 2.2. Έκφραση Ταχύτητας Υμένα.....4
- Εξίσωση 3.2. Έκφραση Μέσης Ταχύτητας Υμένα.....4
- Εξίσωση 4.2. Αριθμός Reynolds.....4
- Εξίσωση 5.2. Ύψος Κύματος.....5
- Εξίσωση 6.2. Kapitza.....5
- Εξίσωση 7.2. Κρίσιμος Αριθμός Reynolds.....6

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3

- Εξίσωση 1.3. Ελάχιστο Ασφαλές Μανομετρικό Αναρρόφησης.....31

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4

- Εξίσωση 1.4. Σχέση μεταξύ Συχνότητας και Παροχής.....48

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΓΡΑΦΗΜΑΤΩΝ

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4

- Γράφημα 1.4.....41
- Γράφημα 2.4.....42
- Γράφημα 3.4.....43
- Γράφημα 4.4.....45

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η παρούσα διπλωματική εργασία είχε ως σκοπό την κατασκευή πειραματικής διατάξεως για τη μελέτη ροής σε κάθετο τοίχωμα, όπως επίσης και την ανάλυση των πρώτων οπτικών αποτελεσμάτων και μετρήσεων. Ο ευρύτερος στόχος της εργασίας επικεντρώνεται στο φάσμα των μηχανισμών οι οποίοι ενυπάρχουν και διέπουν τα φαινόμενα ροής σε κάθε είδους επιφάνειες. Η διερεύνηση και κατανόηση των φαινομένων ροής σχετίζεται άμεσα με τα φαινόμενα μεταφοράς μάζας και θερμότητας, δηλαδή παράγοντες βασικούς στην ενασχόληση του ανθρώπου με την παραγωγική διαδικασία. Οι ελεγχόμενες ροές και ως επί το πλείστον οι ροές λεπτών υμένων απαντώνται σε πληθώρα βιομηχανικών εφαρμογών όπως είναι οι διαδικασίες της συμπυκνώσεως, της εξατμίσεως και της ηλεκτρολύσεως σε κελία καυσίμου. Γενικότερα η ροή λεπτών υμένων παρουσιάζει υψηλές μεταφορές σε μάζα και ενέργεια με σχετικά μικρές ογκομετρικές παροχές [12]. Τα λεπτά υμένια χαρακτηρίζονται από περιορισμένες υδραυλικές αντιστάσεις και επομένως η εισαγωγή τους στην παραγωγική διαδικασία μεγιστοποιεί και βελτιστοποιεί το βαθμό αποδόσεως των συσκευών [10],[11]. Η δομή των ρεόντων υμένων εξαρτάται από πολλαπλούς παράγοντες, όπως η επιφάνεια ροής, η θερμοκρασία, η παροχή και άλλοι, οι οποίοι διαμορφώνουν το τελικό ανάπτυγμα και την συμπεριφορά τους.

Η παρατήρηση των φαινομένων και η μελέτη της ροής υμένα σε επίπεδο, κάθετο ή κυλινδρικό τοίχωμα αποτέλεσε και αποτελεί αντικείμενο εργασίας και διερεύνησης πολλών ερευνητών. Με την πάροδο του χρόνου και την εισαγωγή είτε πειραματικών είτε αναλυτικών μεθόδων ο επιστημονικός κόσμος ανταπεξέρχεται με αρκετή επιτυχία στην ανάλυση των φαινομένων αυτών. Στα πλαίσια της διερεύνησης αυτής αποφασίστηκε η κατασκευή καναλιού μελέτης ροής κάθετου υμένα και η λήψη ψηφιακών στιγμιότυπων ώστε να είναι δυνατή η σύγκριση με παρεμφερής εργασίες. Η διεξαγωγή των πειραμάτων ανέδειξε τη δημιουργία στάσιμων κυματομορφών σε συγκεκριμένη απόσταση από την είσοδο στο κάθετο τοίχωμα και την τελική μετάβαση τους σε κυματομορφές τρισδιάστατων δομών. Ευρύτερη ανάλυση, καθώς και φωτογραφικό υλικό παρατίθενται στο 4^ο κεφάλαιο της διπλωματικής εργασίας.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2- ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΗ ΑΝΑΣΚΟΠΗ

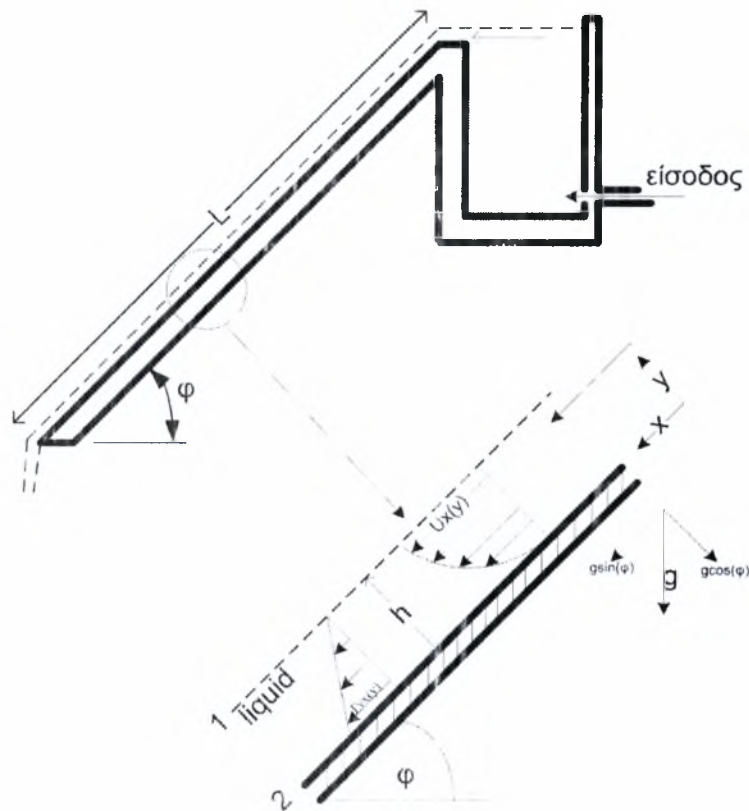
2.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ.

Ο στόχος της βιβλιογραφικής ανασκόπησης είναι η εξοικείωση και η υπενθύμιση του μελετητή τόσο με τη θεωρητική προσέγγιση του προβλήματος όσο και με την πρακτική. Στο κεφάλαιο αναπτύσσονται εν συντομία οι μαθηματικές σχέσεις (διαφορικές εξισώσεις) όπως και η αδιαστατοποιημένες τους μορφές οι οποίες προσομοιώνουν τη ροή υγρού υμένα σε κάθετη επιφάνεια. Τέλος, επιβάλλεται να αναφερθεί ότι η κατασκευή της καθέτου διατάξεως έγινε σε αντιπαραβολή με ήδη υπάρχουσα στο Τμήμα Μηχανολόγων Μηχανικών Βιομηχανίας του Π.Θ, στην οποία όμως μελετώνται φαινόμενα με μηδενικές ή ελάχιστες κλίσεις ροής. Από την προϋπάρχουσα αυτή εργασία, η οποία αποτελούσε και τη διδακτορική διατριβή του καθηγητού κ.Βλαχογιάννη Μιχαήλ, αντλήθηκαν πληροφορίες αλλά και διαγράμματα τα οποία βοήθησαν στην ανάπτυξη του κειμένου.

2.2 ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΕΣ ΣΧΕΣΕΙΣ.

Τα κεκλιμένα τοιχώματα ροής παρουσιάζουν δύο οριακές περιπτώσεις. Την περίπτωση όπου η κλίση είναι μηδενική (οριζόντιο τοίχωμα) και την περίπτωση όπου η κλίση λαμβάνει την τιμή των 90 μοιρών (κάθετο τοίχωμα). Η προσομοίωση του κάθετου τοιχώματος ροής εξηγείται επαρκώς με εξισώσεις όπου έχουν αναπτυχθεί για τη μελέτη ροών σε κεκλιμένο επίπεδο θέτοντας ως γωνία στις μαθηματικές εκφράσεις αυτή των 90 μοιρών. Όμως οι ρεαλιστικές περιπτώσεις απαιτούν ελάχιστες αποκλίσεις από την παραπάνω τιμή. Είναι ανέφικτο επί της ουσίας η τοποθέτηση τοιχώματος ή πλάκας χωρίς έστω και απειροελάχιστες ανοχές. Άρα η όλη διαδικασία μπορεί κάλλιστα να εξηγηθεί με επιλογή κλίσεων σε εύρος των 89,2 έως 89,7 μοιρών. Με βάση την παρακάτω σχηματική αναπαράσταση ροής σε κεκλιμένο επίπεδο (σχήμα 2.1) και των προφίλ της ταχύτητας ελευθέρως πτώσεως και διατμητικής τάσεως του ρευστού, αναπτύχθηκαν μαθηματικές εξισώσεις των οποίων τα αποτελέσματα αποτελούν χρηστικό εργαλείο στην εμβάθυνση και ευρύτερη κατανόηση των φαινομένων της ροής.

ΔΙΔΑΞΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ ΤΟΥ ΙΖΑΝΙΔΑΚΗ ΕΥΑΓΓΕΛΟΥ
ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗΣ ΔΙΑΤΑΞΕΩΣ ΚΑΙ ΜΕΛΕΤΗ ΡΟΗΣ ΥΓΡΟΥ ΥΜΕΝΑ ΣΕ ΚΑΘΕΤΟ
ΤΟΙΧΩΜΑ
ΑΚΑΔ. ΕΤΟΣ 2007-2008



Σχήμα 1.2. Αναπαράσταση Ροής σε Κεκλιμένο Επίπεδο [10].

Η επίλυση της εξίσωσης ενέργειας στο παραπάνω πρόβλημα της ροής σε κεκλιμένο επίπεδο και η επιλογή ενός πολύ μικρού τμήματος στο τοίχωμα της πλάκας όπως αναπαρίσταται και στο σχήμα 1.2 παρουσιάζει ενδιαφέροντα αποτελέσματα.

$$\begin{aligned}
 & (\text{ΕΙΣΡΟΗ}) - (\text{ΕΚΡΟΗ}) + (\text{ΠΑΡΑΓΩΓΗ}) + \left(\overbrace{\text{ΣΥΣΣΩΡΕΥΣΗ}}^{\approx 0} \right) = 0 \Rightarrow \\
 & \left(\tau_{xy} \Big|_y - \tau_{xy} \Big|_{y=0} \right) \cdot L \cdot W + \overbrace{g_x \cdot \rho \cdot (W \cdot L \cdot dy)}^{\text{ΠΑΡΑΓΩΓΗ}} + 0 = 0
 \end{aligned}$$

Εξίσωση 1.2. Εξίσωση Ισοζυγίου Μάζας [10].

Ορίζοντας συνοριακές συνθήκες στη διεπιφάνεια του υγρού και του περιβάλλοντος αέρα ($y = h, \tau_{xy} = 0$ άρα $u_x = u_{\max}$) και στη διεπιφάνεια του υγρού και του τοιχώματος ($y = 0, \tau_{xy} = \max$ άρα $u_x = 0$) προκύπτει η έκφραση της ταχύτητας κατά το μήκος του τοιχώματος.

$$U_x(y) = \frac{\rho \cdot g_x \cdot h^2}{\mu} \cdot \left[\left(\frac{y}{h} \right) - \frac{1}{2} \left(\frac{y}{h} \right)^2 \right]$$

Εξίσωση 2.2. Έκφραση Ταχύτητας Υμένα [10].

Το μέγεθος το οποίο πρέπει να οριστεί με χρήση της εξισώσεως 2.2 είναι η τιμή της μέσης ταχύτητας του υμένα ροής διότι βάση αυτής, ορίζονται οι υπόλοιποι αδιάστατοι τιμάριθμοι (Re, Nu) οι οποίοι χαρακτηρίζουν μία ροή. Εν προκειμένω, η επίλυση της εξισώσεως 2.3 υπολογίζει τη μέση ταχύτητα ροής.

$$\langle U_x \rangle = \frac{\int_0^W \int_0^h U_x \cdot dy \cdot dz}{\int_0^W \int_0^h dy \cdot dz} = \frac{1}{h} \int_0^h U_x \cdot dy = \frac{\rho \cdot g_x \cdot h^2}{3\mu} = \frac{2}{3} U_{\max}$$

Εξίσωση 3.2. Έκφραση Μέσης Ταχύτητας Υμένα [10], [13].

Επομένως ο αδιάστατος αριθμός Reynolds μπορεί να συσχετιστεί με την παραπάνω έκφραση της μέσης ταχύτητας ως εξής:

$$\text{Re} = \frac{\rho \cdot \langle U_x \rangle \cdot h_N}{\mu} = \frac{q}{\nu}$$

Εξίσωση 4.2. Αριθμός Reynolds [10].

Όπου ρ η πυκνότητα του ρευστού, U_x η μέση τιμή της ταχύτητας, μ το δυναμικό ιξώδες του ρευστού, h_N το ύψος υμένα κατά Nusselt, q η ογκομετρική παροχή ανά μονάδα πλάτους του

καναλιού και v το κινηματικό ιξώδες του ρευστού ($\nu = \mu/\rho$) ενώ το ύψος κύματος h_N δίνεται από τις σχέσεις [11]:

$$\text{Εξίσωση 5.2. } h_N = \sqrt[3]{\frac{3q\mu}{\rho g \sin \phi}} \quad \text{ή} \quad h_N = \sqrt{\frac{3\mu \cdot u_o}{\rho g \sin \phi}}$$

Μία επιπλέον αδιάστατη σχέση η οποία εισάγεται στη μελέτη ροής είναι ο αυτή του Kapitza [10], [13].

$$\text{Εξίσωση 6.2. } Ka = \gamma / (\rho \cdot \nu^{4/3} \cdot g^{1/3})$$

Το μεγάλο πλεονέκτημα της παραπάνω εξίσωσης είναι ότι ως αριθμός χαρακτηρίζεται μόνο από τις φυσικές ιδιότητες του ρευστού και όχι από τις ογκομετρικές παροχές του. Το μειονέκτημα όμως το οποίο παρουσιάζει η σχέση Kapitza, είναι η δυσκολία συσχετίσεως της ροής και της δομής των κυματομορφών, οι οποίες δημιουργούνται κατά την ελεύθερη κίνηση της.

2.3 ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΚΥΜΑΤΟΜΟΡΦΩΝ ΣΕ ΚΑΘΕΤΗ ΡΟΗ.

Η ελεύθερη κίνηση του ρευστού σε κάθετο τοίχωμα δεν παραμένει αδιατάρακτη και χαρακτηρίζεται από έντονα μεταβατικά φαινόμενα. Λόγω βαρυτικής διαχύσεως αλλά και λόγω διαφόρων εξωτερικών θορύβων δημιουργούνται κυματισμοί, οι οποίοι αρχικώς αναπτύσσονται δυσδιάστατα ενώ ταχύτατα μεταβίνουν σε τρισδιάστατες χαοτικές μορφές. Επομένως μόνο για μία μικρή περιοχή του τοιχώματος η ροή μπορεί να χαρακτηριστεί ευσταθής με στάσιμα κύματα σε πλήρη ανάπτυξη. Εν αντιθέσει, σε οριζόντιο τοίχωμα η ροή ενδέχεται να παραμείνει ευσταθής επ' αόριστον.

Το κρίσιμο σημείο το οποίο οριοθετεί την εμφάνιση ασταθειών σε μία ροή σχετίζεται άμεσα με τον αριθμό Reynolds αλλά και την επιβολή αναταράξεων, φυσικών ή τεχνητών, σε αυτήν. Ο κρίσιμος αριθμός Reynolds είναι:

Εξίσωση 7.2. $Re_{crit} = 5/6 \cot\phi$ ή $Re_{crit} = 5/4 \cot\phi$

Πάνω από αυτό το όριο παρατηρείται, εξαιτίας επιφανειακών τάσεων όπου ενεργούν στις νέες διεπιφάνειες, παραμόρφωση του υμένα ροής με σχεδόν ακαριαία μετάβαση του σε τρισδιάστατες μορφές.

Ο Alekseenko (1985), του οποίου η μελέτη σχετικά με την εξέλιξη των κυματομορφών σε κάθετο τοίχωμα θεωρείται πρωτοποριακή, μέσα από πειραματικές και υπολογιστικές μεθόδους κατέληξε σε αποτελέσματα κυματομορφών ροής καθέτου πλάκας τα οποία παρουσιάζονται στο σχήμα 2.2 [14]

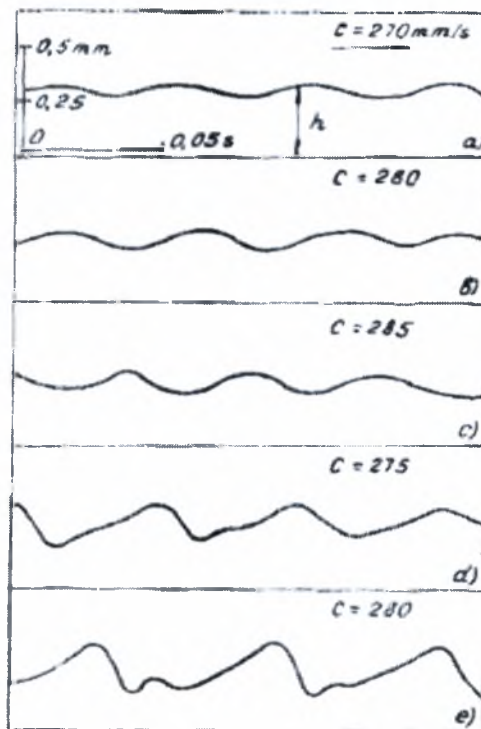


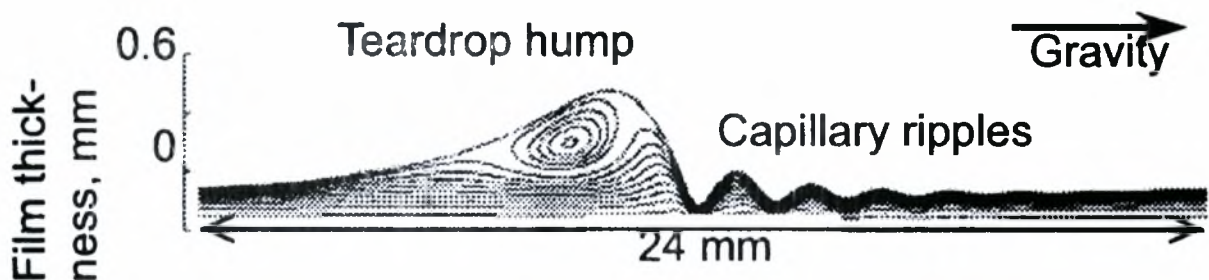
Figure 7. Wave evolution on a vertical falling liquid film.

$\nu = 2.34 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$; $\sigma/\rho = 60.2 \cdot 10^{-6} \text{ m}^3/\text{s}^2$; $Re = 16.3$; $u/h_0 =$ (a) 155, (b) 165, (c) 185, (d) 200, (e) 240.

Σχήμα 2.2. Αναπαράσταση της εξελίξεως στάσιμων κυμάτων κατά Alekseenko [14].

Η ροή στο κάθετο τοίχωμα της παραπάνω περιπτώσεως ήταν ελεύθερη τεχνητών διαταραχών ενώ άκρως ενδιαφέρον παρουσιάζει το γεγονός της ταχύτητας διαδόσεως των κυματισμών. Στην

πλήρη ανάπτυξη τους τα σολιτονικά κύματα διαρρέουν το τοίχωμα με ταχύτητα 5 mm/s μικρότερη από αυτήν της δημιουργίας τους. Σε αντιπαράβολή με την εργασία του Alekseenko, πολλοί ερευνητές διαπίστωσαν ότι η φυσική διέγερση εμφανίζει απεριοδικά φαινόμενα στους κυματισμούς, με εξαίρεση στην περιοχή της εισόδου, τα οποία συντελούν στη μετάπτωση τρισδιάστατων δομών. Γενικότερα, τα στρώματα ρευστού μικρών παροχών σταθεροποιούνται λόγω υδροστατικών φαινομένων στα τριχοειδή (capillary waves) ή “παρασιτικά” κύματα (ripple waves). Τα τριχοειδή κύματα έπονται των σολιτονικών κυμάτων ενώ τα παρασιτικά υστερούν αυτών (σχήμα 3.2). Παράλληλα η σταθεροποίηση της ροής οδηγεί στο «σβήσιμο» των διαφόρων υποκυματισμών.

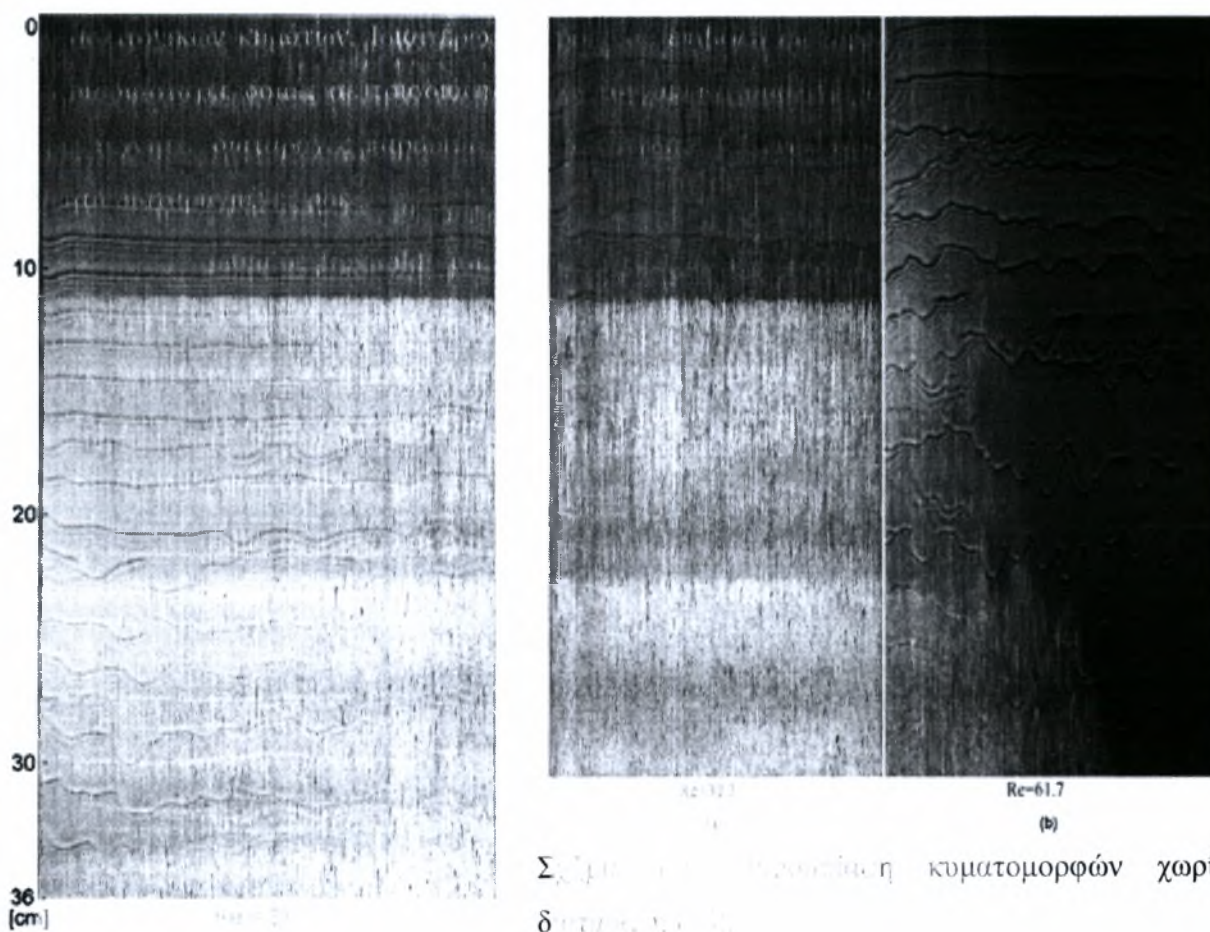


Σχήμα 3.2. Αναπαράσταση της κινήσεως σολιτονικού κύματος υπό βαρυτική έλξη. Οι τριχοειδείς κυματισμοί του νερού εξαλείφονται κατά τη διάρκεια της κινήσεως [14].

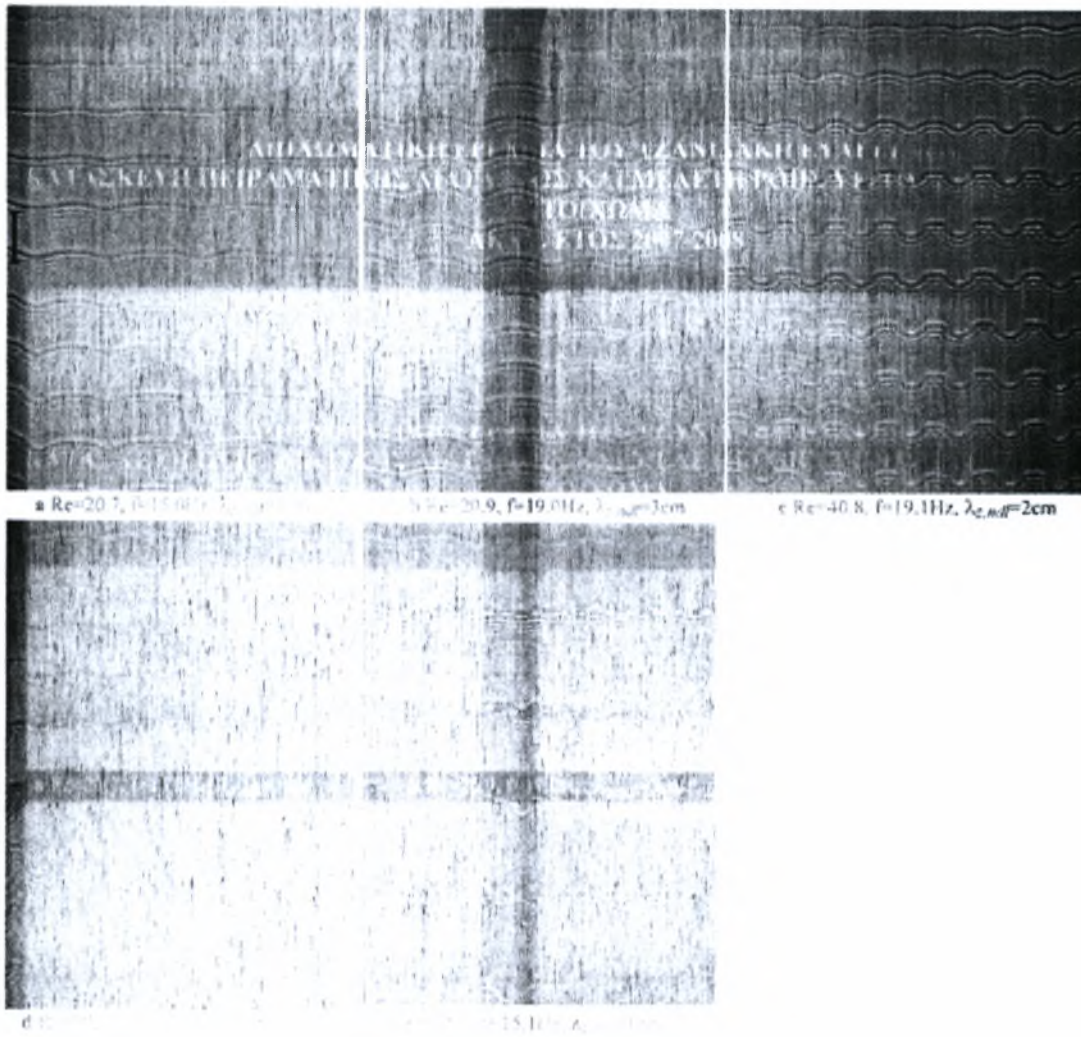
Άξιον λόγου αποτελεί το γεγονός ότι οι κυματομορφές του νερού ή γενικότερα ρευστών με χαμηλά ιξώδη, συνοδεύονται πάντα από παρασιτικές και τριχοειδείς ανωμαλίες. Αντιθέτως, σε ρευστά των οποίων τα ιξώδη είναι υψηλά δεν εμφανίζονται οι παραπάνω ανωμαλίες ή τουλάχιστον δεν είναι ευκόλως ευδιάκριτες.

Ο C.D Park και ο T. Nosoko, εξέτασαν την εξέλιξη ροής νερού σε κάθετο τοίχωμα με επιβολή διαταραχής. Η καταγραφή της ροής ανέδειξε τη μετάβαση από ομαλές καταστάσεις σε καταστάσεις πλήρους αταξίας μέσω παρατηρήσεων σε αμφιλεγόμενες περιοχές. Η πειραματική διαδικασία περιελάμβανε μετρήσεις σε εύρος Reynolds 10-100. Ο κρίσιμος αριθμός Reynolds αναδείχτηκε στην περιοχή των 40. Η υπερπήδηση του συγκεκριμένου αριθμού παρουσίασε κύματα πλήρους αστάθειας με δημιουργία αναταραχών κατά μήκος των τόξων τους (spanwise perturbations). Η δημιουργία των αναταραχών επηρέαζε το τόξο του κύματος με άμεση

συνέπεια την εμφάνιση «πετάλων» (horseshoes) τμηματικά. Στις συγκεκριμένες περιοχές κατά μήκος του κύματος ο τοπικός αριθμός Reynolds κατά κοινή ομολογία είναι αρκετά μεγάλος. Ως αιτία, παρουσιάζεται η μεγαλύτερη τοπική παροχή η οποία λόγω βαρυτικής έλξεως συμπαρασέρνει επιπλέον ρευστό. Οι διατμητικές τάσεις του υγρού με την πλάκα μειώνονται ενώ ταυτοχρόνως ελαττώνονται και οι δυνάμεις συνοχής του ρευστού με αποτέλεσμα την ελαστικοποίηση του κύματος με εμφάνιση συστάδων μικροκοιλωμάτων ή ρικνώσεων (dimple clusters). Σε αριθμούς Reynolds μικρότερους από 40 παρατηρήθηκε καθαρή διακριτοποίηση των σολιτονικών κυμάτων. Ιδιαίτερως σε ροές με επιβολή διαταραχής, η σταδιακή μετάβαση από δισδιάστατες δομές σε τρισδιάστατες επιτυγχάνεται ομαλότερα. Τυπική εξέλιξη της ροής χωρίς τεχνητές διαταραχές παρουσιάζεται στο σχήμα 4.2 ενώ στο σχήμα 5.2 παρουσιάζονται τεχνητά διαταραγμένες ροές.



**ΔΙΔΑΚΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ ΤΟΥ ΓΙΑΝΝΙΔΑΚΗ ΕΥΑΓΓΕΛΟΥ
ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗΣ ΔΙΑΤΑΞΕΩΣ ΚΑΙ ΜΕΛΕΤΗ ΡΟΗΣ ΥΓΡΟΥ ΥΜΕΝΑ ΣΕ ΚΑΘΕΤΟ
ΤΟΙΧΩΜΑ
ΑΚΑΔ. ΕΤΟΣ 2007-2008**



Εικόνα 2.2.2: Ροή υγρού υμένας με διαταραχή [14].

Στην περίπτωση που οι διαταραχές είναι τριδιάστατα κύματα είναι πιθανόν να συνεννοηθούν με τα κύματα που δημιουργούνται στην περιοχή μίας νέας ζώνης κυματισμών όπου (quasi-)έτσι, τα τριδιάστατα κύματα μεταβατούν ανάμεσα σε δισδιάστατα και τρισδιάστατα χαρακτηριστικά, με τη σπέρση των τελευταίων. Αντιθέτως, στην περίπτωση που η διαταραχή είναι μονοδιάστατη φαινόμενα συγχωνεύσεως των κυματισμών είναι πιθανό να παρατηρηθούν δύο μήκος κύματος. Όμως είναι εμφανέστερη η περίπτωση, κατά την οποία παρατηρούνται μεγάλοι κτύποι κατά μήκος του τοιχώματος.

Στην περίπτωση αυτή έγινε ιδιαίτερη μνεία ως βιβλιογραφική αναφορά από απόψεις οπτικής παρατήρησης αλλά και λόγω πειραματικής διεργασίας.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3 – ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗΣ ΔΙΑΤΑΞΕΩΣ

3.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ.

Η κατασκευαστική διαδικασία περιλάμβανε τα ακόλουθα εξελικτικά βήματα.

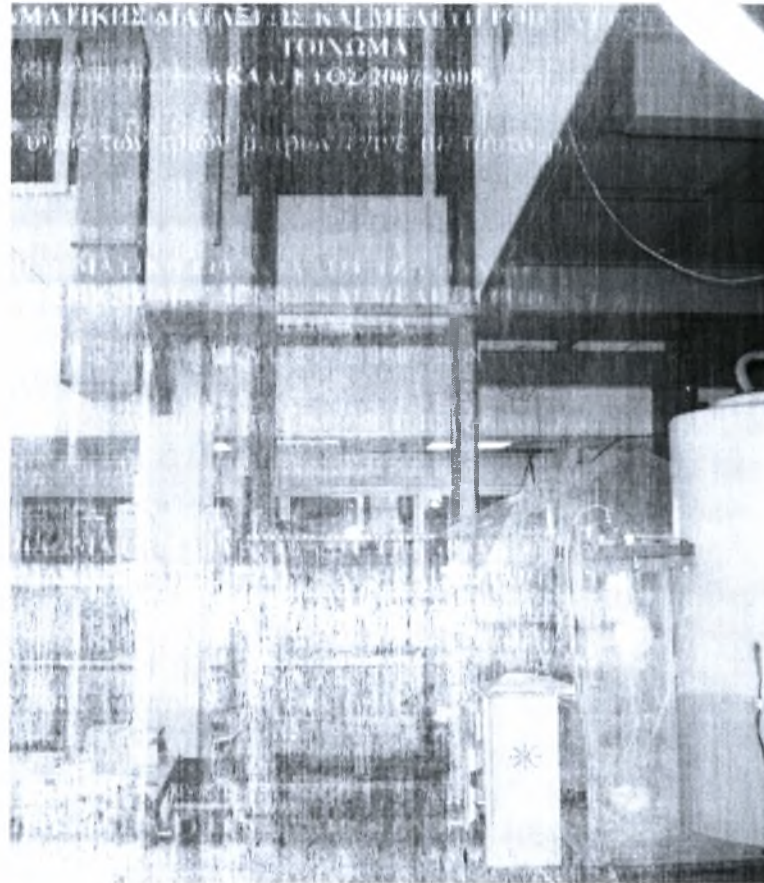
- Τοποθέτηση και στήριξη τεσσάρων κοιλοδοκών τετραγωνικής διατομής, ώστε να εγκατασταθεί η πλάκα πολυβινυλοχλωριδίου (PVC).
- Κοπή μεταλλικών δοκών (dexion) και ένωση αυτών με τις κύριες δοκούς της κατασκευής.
- Διάνοιξη οπών στις κοιλοδοκούς και σπειροτόμησή τους για να βιδωθούν οι μεταλλικοί δοκοί (dexion).
- Κοπή και διαυόφωση της πλάκας για αποπεράτωση ατελειών και απόκτηση τελικών διαστάσεων.
- Διάνοιξη κοίλων οπών και σπειροτόμησή τους στην οπίσθια πλευρά της πλάκας PVC.
- Τοποθέτηση υάλων στις πλάγιες πλευρές της πλάκας.
- Κατασκευή κύριας δεξαμενής και της βάσης της.
- Κατασκευή δευτερεύουσας δεξαμενής.
- Οδηγός απορροής και φίλτρο.
- Επιλογή και εγκατάσταση του αντλιτικού συστήματος καθώς και των περιφερειακών εξαρτημάτων του.
- Τοποθέτηση αναστροφέα ρεύματος (inverter) και σύνδεση του με τον ηλεκτρολογικό πίνακα και τον ηλεκτροκινητήρα (electric motor) της αντλίας.

3.2 ΤΟΠΟΘΕΤΗΣΗ ΚΑΙ ΣΤΗΡΙΞΗ ΚΟΙΛΟΔΟΚΩΝ

Ο λόγος για τον οποίο στήθηκαν οι τέσσερις κοιλοδοκοί ύψους 6m και διατομής 100 x 100 (mm) σε ορθογώνιο σχήμα διαστάσεων 1160 x 460 mm, είναι η μελλοντική τοποθέτηση πειραματικής διάταξης για την παρατήρηση κυματισμών ύδατος σε κυλινδρικό αγωγό. Στην εξωτερική πλευρά των δύο εξ' αριστερών δοκών τοποθετήθηκε η πλάκα PVC για λόγους ευκολίας στην παρατήρηση και στη λήψη φωτογραφιών. Αρχικώς η διαδικασία περιλάμβανε την κοπή μεταλλικής πλάκας σε ύψος 3m ώστε να είναι εφικτό το πέρασμα των δοκών στο εσωτερικό της κουπαστής. Η ηλεκτροσυγκόλληση στη μεταλλική κουπαστή

ΔΙΔΑΚΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ ΤΟΥ ΙΖΑΝΙΔΑΚΗ ΕΥΑΓΓΕΛΟΥ
ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗΣ ΔΙΑΤΑΞΕΩΣ ΚΑΙ ΜΕΛΕΤΗ ΡΟΗΣ ΥΓΡΟΥ ΥΜΕΝΑ ΣΕ ΚΑΘΕΤΟ
ΤΟΙΧΩΜΑ
ΑΚΑΔ. ΕΤΟΣ 2007-2008

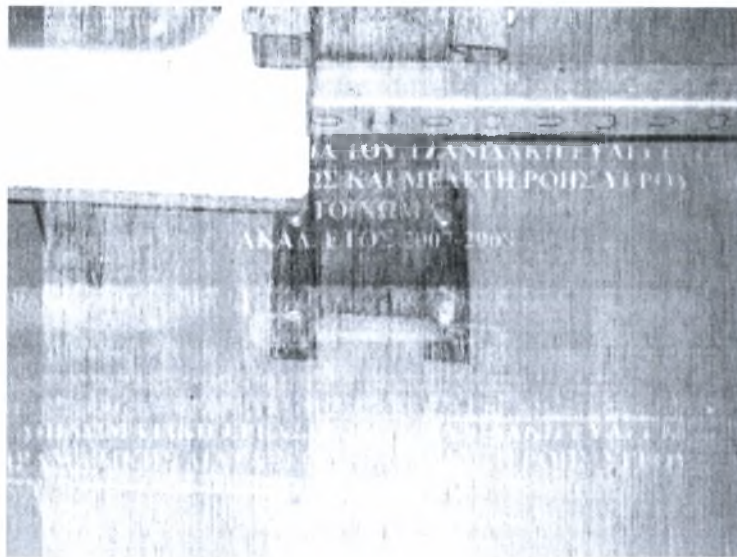
στο συγκεκριμένο ύψος των τριών μέτρων έγινε με ταυτόχρονη ευθυγράμμιση των δοκών ανά δύο (Σχήμα 1.3).



Σχήμα 1.3. Απεικόνιση των κατασκευασμένων δοκών καθώς και της ηλεκτροσυγκόλληση των δοκών με βλαστή προστασία.

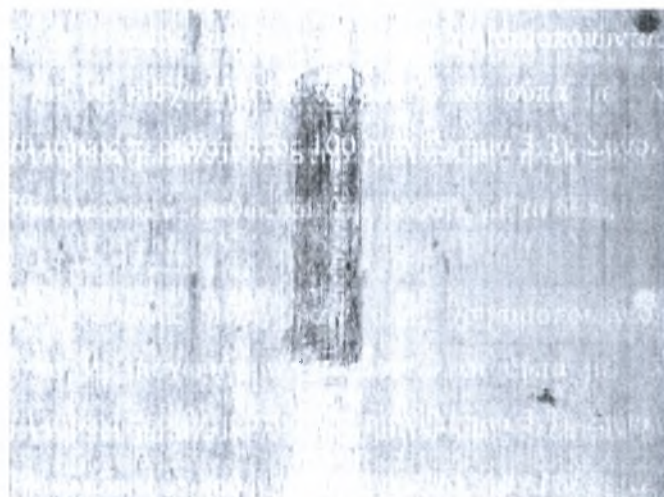
Στο έδαφος η σταθερή βάση του πειράματος αποτελείται από μεταλλικών στηριγμάτων σχήματος Γ και διαστάσεων 200×50 (mm). Δύο στηρίγματα τοποθετήθηκαν συμμετρικά από δύο οπές διάτρητες διαμέτρου $\varnothing 12$ mm χρησιμοποιώντας μαγνητικό δράπανο. Οι οπές ανοίχτηκαν ώστε η απόσταση των κέντρων τους να είναι 100 mm. Έτσι, κάτω τους εφάπτονται νοητά των γωνιών των κοιλοδοκών (Σχήμα 2.3 και Παράρτημα 1).

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ ΤΟΥ ΓΙΑΝΝΑΚΗ ΕΥΑΓΓΕΛΟΥ
ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗΣ ΔΙΑΤΑΞΕΩΣ ΚΑΙ ΜΕΛΕΤΗ ΡΟΗΣ ΥΓΡΟΥ ΥΜΕΝΑ ΣΕ ΚΑΘΕΤΟ
ΤΟΙΧΩΜΑ
ΑΚΑΔ. ΕΤΟΣ 2007-2008



Σχήμα 2.3. Απεικόνιση των μεταλλικών στηριγμάτων, της ηλεκτροσυγκόλληση τους στις κοιλότητες καθώς και της ένωσης με το δάπεδο.

Αντιστοίχως στο ίδιο το έδαφος ανεχθηκαν οπές χρησιμοποιώντας κρουστικό δράπανο διαμέτρου $\varnothing 21$ mm για να εισχωρήσουν τα μεταλλικά ούπα με Μ 12 βίδα, εξωτερικό περίβλημα $\varnothing 20$ mm και μήκος περιβλήματος 100 mm (Σχήμα 3.3). Συνολικά χρησιμοποιήθηκαν δεκαέξι μεταλλικά ούπα.

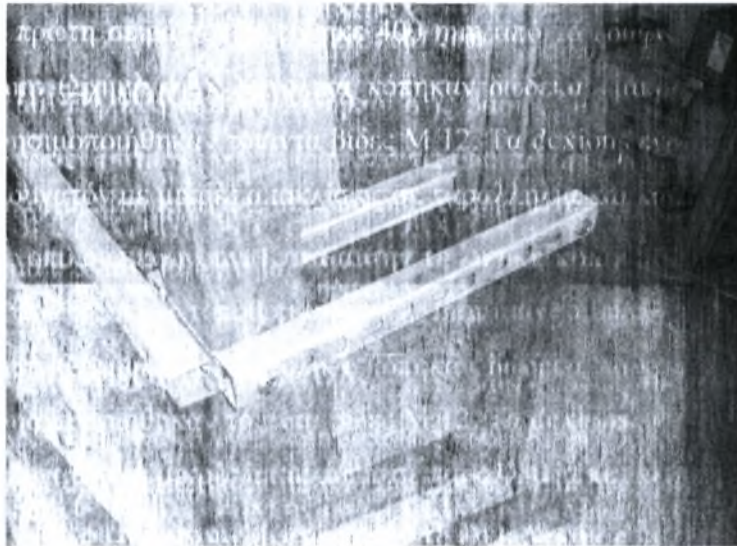


Σχήμα 3.3. Απεικόνιση της εισχώρησης ούπου.

Τα μεταλλικά στηρίγματα ηλεκτροσυγκολλήθηκαν στις βάσεις των κοιλοδοκών σε μήκος 100 mm ώστε να περισσεύουν «αυτιά» των 50 mm από τις δύο πλευρές ή «αυτί» των 100 mm από μία πλευρά και εν συνέχεια βιδώθηκαν στο έδαφος στις οπές όπου είχαν εισχωρήσει τα μεταλλικά ούπα (Σχήμα 3.3 και Παράρτημα 1).

3.3 ΚΟΠΗ ΚΑΙ ΣΤΗΡΙΞΗ ΔΟΚΩΝ DEXION.

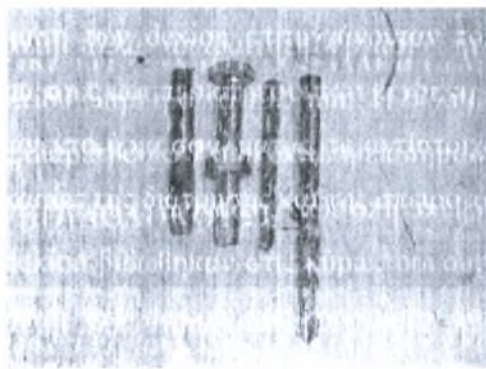
Οι μεταλλικοί δοκοί dexion κόπηκαν σε δύο διαστάσεις αναλόγως το μήκος των πλευρών των κοιλοδοκών της οπώρας ενένου. Κατά αυτήν τη λογική κόπηκαν dexion με μήκος 1160 mm και 460 mm. Η πρώτη σειρά τοποθετήθηκε 400 mm από το έδαφος και ακολούθησαν τα υπόλοιπα ανά 700 mm (Σχήμα 4.3). Συνολικά κόπηκαν δώδεκα «μικρά» και τρία «μεγάλα» dexion. Επομένως χρησιμοποιήθηκαν τριάντα βίδες M 12. Τα dexions ενσωματώθηκαν ακριβώς παράλληλα ή όσο το δυνατόν με μικρές αποκλίσεις σε παραλληλία και καθετότητα.



Σχήμα 4.3. Απεικόνιση των dexion με σχετικά μικρά «αυτιά» στα παραλληλία και στην καθετότητα με το έδαφος.

3.4 ΔΙΑΝΟΙΞΗ ΟΠΩΝ ΣΤΙΣ ΚΟΙΛΟΔΟΚΟΥΣ.

Η πιο επίπονη και δύσκολη αλλά απαραίτητη εργασία ήταν η διάνοιξη οπών στις κοίλοδοκούς με δράπανο κοβαλτίου διαμέτρου φ 10,5 mm. Η σκληρότητα του χάλυβα επέβαλλε τη χρήση δράπανου μικρότερης διαμέτρου φ 7 mm ώστε η επισημασμένη επιφάνεια να αποτελεί οδηγό για το δράπανο κοβαλτίου. Μετά τη διάνοιξη, κάθε οπή σπειροτομήθηκε (σπειροτόμος M 14 ή φ 11 mm) και οι δοκοί δεξιά βιδώθηκαν στις κύριες δοκούς με βίδες M 12 και μήκους σπείρας 80 mm. Η ερθονόρμηση των δεξιών επιτυγχάνονταν τοποθετώντας ένα μαγνητικό αλφάδι στην ελεύθερη επιφάνειά τους και περιστρέφοντάς μέχρι τη διπλανή κοίλοδοκό. Όταν η ένδειξη του αλφαδιού ήταν σε ανεκτά όρια σφάλματος, το αντίστοιχο σημείο σηματοδούνταν και ξεκινούσαν οι παραπάνω διαδικασίες της διάτρησης και της σπειροτόμησης (Σχήμα 5.3).



Σχήμα 5.3. Απεικόνιση των εξαρτημάτων τα οποία χρησιμοποιήθηκαν κατά τη διάνοιξη και σπειροτομηση των οπών.

3.5 ΚΟΠΗ ΚΑΙ ΔΙΑΜΟΡΦΩΣΗ ΤΗΣ ΠΛΑΚΑΣ PVC.

Η πλάκα PVC κόπηκε από ένα ευρύτερο τεμάχιο του συγκεκριμένου υλικού με τη βοήθεια σέγας, ενός κοπτικού εργαλείου κατάλληλου για ξύλο και πλαστικό. Η σέγα λειτουργεί με σχετικά μικρές ταχύτητες. Επομένως οι αναπτυσσόμενες θερμοκρασίες είναι συγκριτικά μικρότερες από αυτές ενός τριβού, ώστε έτσι να αποφεύγεται η παραμόρφωση (κάψιμο-λιώσιμο) του υλικού προς κοπή. Η πλάκα η οποία κόπηκε τοποθετήθηκε σε φρέζα για αποπεράτωση ατελειών (φαγώθηκε κατά πρόσωπο) και απόκτηση τελικών διαστάσεων. Το

μήκος της διαμορφωμένης πλάκας είναι 1000 mm, το πλάτος 210 mm και το πάχος 30 mm (Σχήμα 6.3).



Σχήμα 6.3. Απεικόνιση της πλάκας PVC τοποθετημένη στις κοιλοδοκούς.

Θα ήταν χρήσιμο επιπλέον να παρουσιαστούν στοιχεία του εν λόγω υλικού τα οποία σχετίζονται με τις φυσικές και τις χημικές ιδιότητες. Τα στοιχεία αυτά φαντάζουν άκρως χρήσιμα για να διαπιστωθεί η ευκολία του υλικού ως προς την καταρρασιμότητα και τη χημική του ουδετερότητα με πολλά βυρσοειδή βιομηχανικής παραγωγής. Ο παρακάτω πίνακας παρουσιάζει τις φυσικές ιδιότητες του PVC.

**ΔΗΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ ΤΟΥ ΓΕΝΙΚΟΥ ΕΥΑΓΓΕΛΟΥ
ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗΣ ΔΙΑΤΑΞΕΩΣ ΚΑΙ ΜΕΛΕΤΗ ΡΟΗΣ ΥΓΡΟΥ ΥΜΕΝΑ ΣΕ ΚΑΘΕΤΟ
ΤΟΙΧΩΜΑ
ΑΚΑΔ. ΕΤΟΣ 2007-2008**

Πίνακας 1.3. Φυσικές Ιδιότητες του PVC [1].

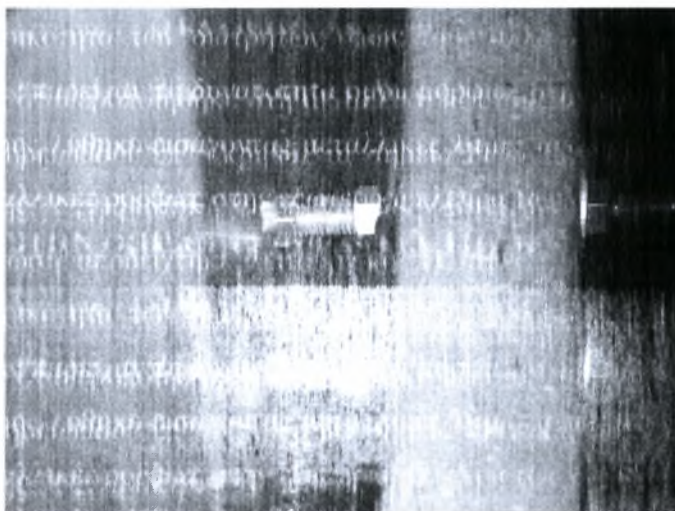
| PVC MATERIAL | Σύμβολο | Τιμή | Μονάδες SI |
|------------------------------|----------------|--------------------|--------------------|
| Density | ρ | 1380 | Kgr/m ³ |
| Young Modulus | E | 2900-3300 | MPa |
| Tensile Strength | σ_t | 50-80 | MPa |
| Elongation at Break | - | 20-40% | - |
| Notch Test | - | 2-5 | KJ/m ² |
| Glass Temperature | T _g | 87 | °C |
| Melting Point | - | 212 | °C |
| Vicat B | - | 85 | °C |
| Heat Transfer Coefficient | λ | 0.16 | W/(m* K) |
| Effective Heat of Combustion | - | 17.95 | MJ/Kg |
| Linear Expansion Coefficient | α | 8×10^{-5} | K |
| Specific Heat | c | 0.9 | KJ/Kg*K |
| Water Absorption (ASTM) | - | 0.04-0.4 | - |

Ως χημική ιδιότητα αυτή η οποία παρουσιάζει μεγάλο ενδιαφέρον όχι μόνο στην παρούσα πειραματική διαδικασία αλλά εν γένει στο βιομηχανικό περιβάλλον είναι η αντίσταση σε

διάβρωση. Γενικά το PVC παρουσιάζει άριστη αντιδιαβρωτική συμπεριφορά όταν έρχεται σε επαφή με αραιά ή συμπυκνωμένα οξέα, με αλκοόλες, με βασικά διαλύματα, με αλφατικούς υδρογονάνθρακες και με ορυκτέλαια. Στον αντίποδα, η χρήση του δε συνίσταται όταν τα εμπλεκόμενα μέρη είναι εστέρες, κετόνες, αρωματικές ενώσεις, αλογονομένοι υδρογονάνθρακες και αλδεϋδες. Στη μέση κατάσταση με ελάχιστα διαβρωτικά αποτελέσματα μπορεί να γίνει η εισαγωγή του σε φυτικά έλαια και οξειδωτικούς παράγοντες [2].

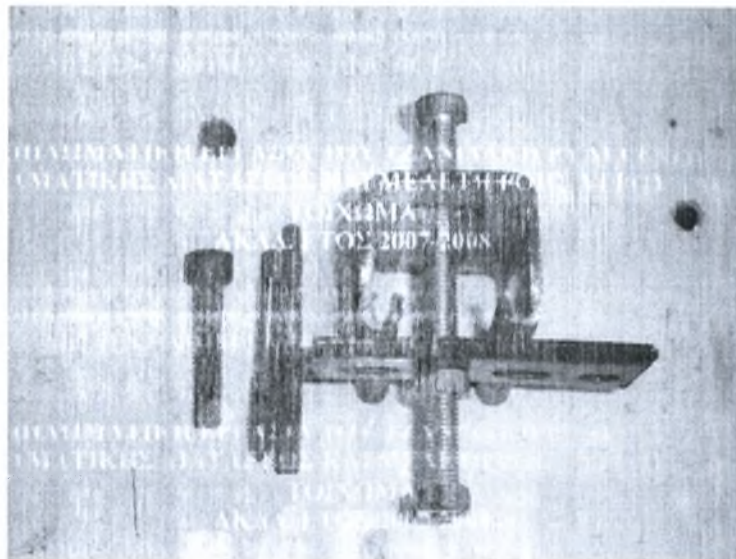
3.6 ΔΙΑΝΟΙΞΗ ΟΠΩΝ ΣΤΗΝ ΟΠΙΣΘΙΑ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑ ΤΗΣ ΠΛΑΚΑΣ

Η πλάκα αρχικώς σταθεροποιήθηκε στη μεταλλική κατασκευή με τη χρήση σφικτήρων. Αυτό έγινε για να σημειωθούν επ' ακριβώς τα σημεία διάνοιξης των κοίλων οπών στην οπίσθια επιφάνειά της. Ως πρακτική το παραπάνω δεν είναι απολύτως ορθό αλλά στη συγκεκριμένη περίπτωση αποδείχτηκε λειτουργικό. Η αιτία ήταν τα μεταλλικά dexion καθώς η μη συμμετρικότητα των διάτρητων οπών τους αλλά και η χάρη αυτών με τις επιλεγόμενες βίδες δεν παρείχαν τη δυνατότητα ομοιομορφίας στην κατασκευή. Παρά ταύτα το πρόβλημα της χάρης λύθηκε εισάγοντας μεταλλικές λάμες ανάμεσα στα dexion και την πλάκα καθώς και μεταλλικές ροδέλες στην εξωτερική πλευρά των dexion (Σχήμα 7.3).



Σχήμα 7.3. Απεικόνιση της σειράς παξιμάδι-ροδέλα-dexion-λάμα-παξιμάδι-παξιμάδι.

Η παρούσα κατασκευαστική διαδικασία όχι μόνο έλυσε το προαναφερθέν πρόβλημα της χάρης αλλά και τα προβλήματα της επίτευξης της καθετότητας και της στρέβλωσης της πλάκας. Η λογική επεξήγηση για το παραπάνω είναι αρκετά απλή καθώς βασίζεται στο γεγονός της σταθεροποίησης ενός σημείου (το τρίτο παξιμάδι κάθε βίδας κοντράρει στην πλάκα) και τον έλεγχο γεωμετρικών παραμέτρων μέσω των δύο άλλων σημείων (χαλαρώνοντας και σφίγγοντας το πρώτο και το δεύτερο παξιμάδι κάθε βίδας επιτυγχάνονται η καθετότητα και η οριζοντιότητα της πλάκας). Συνολικά χρειάστηκαν πέντε βίδες διαμέτρου φ 8 mm και μήκους σπείρας 100 mm, δεκατέντε παξιμάδια, πέντε λάμες και πέντε ροδέλες μεταλλικές. Στην πλάκα ανοίχτηκαν πέντε τυφλές οπές φ 8 mm, τρεις 150 mm πάνω από το κάτω τμήμα της και δύο 150 mm κάτω από το επάνω τμήμα της, βάθους 15 mm περίπου. Συνήθης πρακτική σπειροτόμησης τυφλών οπών σε πλαστικά είναι η χρήση δύο σπειροτόμων M 8. Πρώτος στην τυφλή οπή εισάγεται αυτός με το κοίλο εμπρόσθιο τμήμα για τρεις λόγους. Ο πρώτος λόγος είναι ότι θα συναντήσει αντίσταση μόλις φτάσει στο ζητούμενο βάθος σπειροτόμησης, ο δεύτερος είναι ότι αποτελεί τον οδηγό για την τελική διαμόρφωση της σπείρας, τρίτος και ίσως ο κυριότερος σχετίζεται με τις ιδιότητες του πλαστικού. Ως ελαστικό υλικό, το PVC έχει την τάση να επανέλθει στην αρχική του μορφή. Επομένως αυτό έχει σαν συνέπεια οι οπές να μην είναι 8 mm διάμετρος αλλά λίγο μικρότερες. Με την εισαγωγή του εμπρόσθιου κοίλου τμήματος του πρώτου σπειροτόμου, η οπή αποκτά τη ζητούμενη διάμετρο και η τυφλή επιφάνεια τις σπείρες προς τελική διαμόρφωση με την εισαγωγή του δεύτερου σπειροτόμου με επίπεδο εμπρόσθιο τμήμα (Σχήμα 8.3).



Σχήμα 8.3. Απαικόνιση των σπειροτόμων κοίλης και επίπεδης εισαγωγής.

Αξίζει να σημειωθεί ότι κατά την περιστροφή του κοίλου σπειροτόμου αποβλήθηκε περισσότερο υλικό σε σχέση με την περιστροφή του επίπεδου σπειροτόμου, φαινόμενο το οποίο υποδηλώνει την ελαστικότητα του PVC και τη διάθεσή του να επανέλθει στην πρότερη μορφή του.

3.7 ΤΟΠΟΘΕΤΗΣΗ ΥΑΛΩΝ

Η εν λόγω τοποθέτηση εξυπηρετεί δύο σκοπούς. Ο πρώτος εξ αυτών είναι καθαρά πρακτικός και ως μέλημα του είναι ο περιορισμός της πλιτούσας ροής του υγρού κατά μήκος της πλάκας χωρίς διαρροές. Ο δεύτερος λόγος σχετίζεται με την ικανότητα παρατήρησης του ύψους των σολιτονικών ή στάσιμων κυμάτων με κάποια από πάνω θέση διαμέσου της υάλου. Δύο τεμάχια υάλου κόπηκαν με διαστάσεις 1100 x 60 mm (mm) το καθένα. Επειδή η πλάκα είναι 1000 mm, δηλαδή υπερκαλύπτονταν με την προσθήκη των υάλων, αφέθηκε περιθώριο 50 mm κατά το μήκος της από την κάτω και την επάνω πλευρά των υάλων. Η ίδια λογική εφαρμόστηκε και κατά το πάχος της πλάκας. Σε αυτήν την περίπτωση τα τζάμια υπερίπτανται κατά 20 mm της ενεργής επιφάνειας της πλάκας και κατά 10 mm της στηριζόμενης επιφάνειας (Σχήμα 9.3 και Παράρτημα I).



Σχήμα 9.3. Απεικόνιση του πειράματος εφαρμοσμένου στην κάθετη πλάκα.

Στις πλευρές της πλάκα P_1 στις οποίες απαιτήθηκε να ανοίχουν τρυφερά διανοίχτηκαν τυφλές οπές (7 σε κάθε πλευρά) βάθους 10 mm, οι οποίες ανοίχτηκαν με απόσταση 15 mm από κάθε επιφάνεια). Τα κέντρα των οπών απέχουν 120 mm μεταξύ τους καθώς η πρώτη και η έβδομη οπή είχαν περιθώριο 50 mm έκαστος από την αρχή και το τέλος της πλάκας. Η διαδικασία της σπειροτόμησης ήταν ίδια ακριβώς με αυτήν της προαναφερμένης παραγράφου. Αντιστοίχως διάτρητες οπές ανοίχτηκαν στα εξωτερικά άκρα της πλάκας και σταθεροποιούνται με βίδες M 8 και με μήκος σπείρας 40 mm στις τρεις πλευρές της πλάκας P_1 . Ταυτόχρονα με τη σύσφιξη των βιδών, στις εσωτερικές προς τα εξωτερικά πλευρές της πλάκας εγχύθηκε σιλικόνη για επιπλέον διασφάλιση αποφυγής διαρροών.

3.8 ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΚΥΡΙΑΣ ΔΕΞΑΜΕΝΗΣ

Η κύρια δεξαμενή αποτελείται από ένα ορθόγδο διατηρητής τροφίμων χωρητικότητας 20 λίτρων. Το επάνω τμήμα της δεξαμενής κόπηκε χρησιμοποιώντας εκ νέου τη σέγα ώστε να είναι

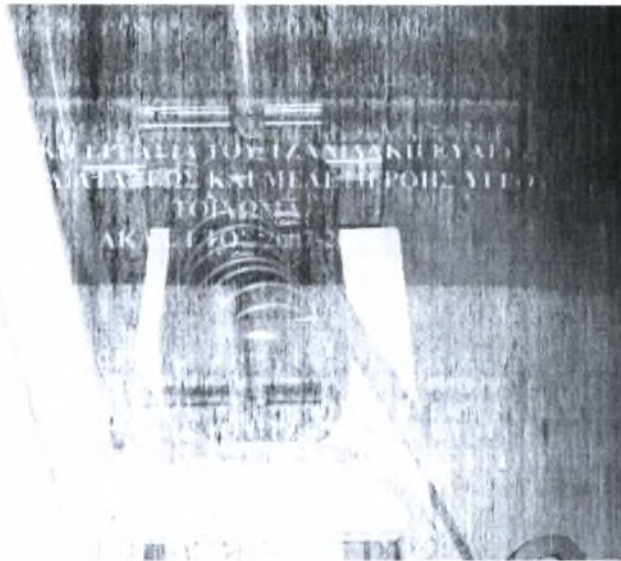
**ΔΙΔΑΚΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ ΤΟΥ ΓΙΑΝΝΑΚΗ ΕΥΑΓΓΕΛΟΥ
ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗΣ ΔΙΑΤΑΞΕΩΣ ΚΑΙ ΜΕΛΕΤΗ ΡΟΗΣ ΥΓΡΟΥ ΥΜΕΝΑ ΣΕ ΚΑΘΕΤΟ
ΤΟΙΧΩΜΑ
ΑΚΑΔ. ΕΤΟΣ 2007-2008**

δυνατή η προμήθεια, η αποθήκευση και η επανεισαγωγή λόγω ανακυκλοφορίας του προς μελέτη ρευστού. Η δεξαμενή είναι τοποθετημένη πάνω σε ξύλο (κόντρα πλακέ) διαστάσεων 580 x 400 x 2 (mm). Στο ξύλο ανοίχτηκε οπή διαμέτρου ϕ 25.4 mm (1 ίντσα) με τη χρήση ποτηροτρύπανου (Σχήμα 10.3) σε συντεταγμένους 350 mm κατά μήκος και 250 mm κατά πλάτος.



Σχήμα 10.3. Απεικόνιση του ποτηροτρύπανου 1 ίντσας.

Με ποτηροτρύπανο επίσης 1 ίντσας σφύριξε οπή στη δεξαμενή. Οι δύο οπές εφάπτονται για να περάσει ορειχάλκινο δακτυλίδι 1 ίντσας διαμέτρου και μήκους σπείρας 100 mm. Η οπή της δεξαμενής στεγανοποιήθηκε με δύο ελαστικές φλάντζες για την αποφυγή διαρροών. Το δακτυλίδι συνδέεται με ορειχάλκινο γωνιακό σύνδεσμο για να επιταχάνεται η κυκλοφορία του ρευστού μέσω των σωληνώσεων και των λάστιχων. Η δεξαμενή και το ξύλο στηρίζονται σε μία μεταλλική βάση από δοκούς δακτύλιου σχήματος Π διαστάσεων 400 x 400 mm (Σχήμα 11.3).



Σχήμα 11.3. Απεικόνιση της διάταξης που χρησιμοποιείται του συστήματος ψύξης του ρευστού.

Η σταθεροποίηση του ξύλου με το σενίον γίνεται με βίδες M 8 και μήκος σπείρας 100 mm, ενώ η σταθεροποίηση του ξύλου και της δεξαμενής εξασφαλίζεται μέσω του ορειχάλκινου δακτυλιδιού. Θα πρέπει να ληφθεί υπόψη η στεγανοποίηση και το βιδωτό καπάκι της δεξαμενής διότι παρατηρούνταν σημαντική απώλεια υγρού. Η λύση δόθηκε εκχέοντας σιλικόνη στις σπείρες της δεξαμενής και αφαιρούμενη με στεγνώσει για ένα εικοσιτετράωρο με το καπάκι βιδωμένο. Τέλος, όπως μπορεί να παρατηρηθεί και από την φωτογραφία 11 στη δεξαμενή έχει εισχωρήσει ένα χάλασμα που κάνει το σπειρώμα αυτό κοίλο και επιτρέπει τη διέλευση νερού ως ψυκτικό μέσο. Το μήκος της χαλκοσωλήνας είναι 3 m και η διάμετρος της είναι φ 9.525 mm (3/8 της ίντσας). Ο χαλκοσωλήνας περιελίχτηκε χειρωνακτικά για να λάβει το τελικό σπειροειδές σχήμα. Στην είσοδο του σπειρώματος είναι συνδεδεμένο λάστιχο διαμέτρου 10 mm το οποίο διαπερνά νερό βρύσης. Αντιστοίχως, στην έξοδο του σπειρώματος συνδέεται άλλο λάστιχο ίδιας διατομής ώστε να επιτρέπει την απορροή του θερμού νερού στο αποχετευτικό δίκτυο. Ο πίνακας που προσδιορίζει το θερμικό καθήκον του σπειρώματος βάση του βαθμού αποτελεσματικότητας στην περίπτωση ρέοντος γλυκερίνης.

ΔΙΔΑΣΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ ΤΟΥ ΓΖΑΝΙΔΑΚΗ ΕΥΑΓΓΕΛΟΥ
ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗΣ ΔΙΑΤΑΞΕΩΣ ΚΑΙ ΜΕΛΕΤΗ ΡΟΗΣ ΥΓΡΟΥ ΥΜΕΝΑ ΣΕ ΚΑΘΕΤΟ
ΤΟΙΧΩΜΑ
ΑΚΑΔ. ΕΤΟΣ 2007-2008

Πίνακας 2.3. Θερμικό καθήκον του νερού

| ΝΕΡΟ | Τε _{ισ} (°C) | Τε _ξ (°C) | ΠΑΡΕΥΛΗ Π (m/s) | C _p (KJ/Kg °C) | ΠΥΚΝΟΤΗΤ. (Kgr/m ³) | C _{cold} (KW/°C) |
|------|-----------------------|----------------------|-------------------------------|------------------------------|------------------------------------|------------------------------|
| | 18 | 21 | 5,0000 | 4,18 | 1000 | 0,348333 |
| | | | ΠΑΡΟΧΗ (m ³ /s) | | | |
| | | | 0,000833 | | | |
| | | | Q _{max} (KW) | | | |
| | | | 0,08333333 | | | |
| | | | | | C _{min} (KW/°C) | Q _{max} (KW) |
| | | | | | 0,348333333 | 1,045 |

| ΓΛΥΚΕΡΙΝ. | Τε _{ισ} (°C) | Τε _ξ (°C) | ΠΑΡΕΥΛΗ Π (m/s) | C _p (KJ/Kg °C) | ΠΥΚΝΟΤΗΤ. (Kgr/m ³) | C _{cold} (KW/°C) |
|-----------|-----------------------|----------------------|-------------------------------|------------------------------|------------------------------------|------------------------------|
| | 21 | 20,653 | 5,0000 | 2,385 | 1264 | 3,015904 |
| | | | ΠΑΡΟΧΗ (m ³ /s) | | | |
| | | | 0,001000 | | | |
| | | | Q _{max} (KW) | | | |
| | | | 1,264 | | | |

3.9 ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΔΕΥΤΕΡΕΥΟΥΣΑΣ ΔΕΞΑΜΕΝΗΣ

Η δευτερεύουσα δεξαμενή είναι αυτή που συνδέει το δοχείο υποδοχής του ρευστού από την κεντρική δεξαμενή διαμέσου της αντλίας. Η βασική αυτή δεξαμενή έχει ως κύριο στόχο την ομαλή προώθηση του ρευστού καθ' όλο το πάχος και πλάτος (διατομή 210 x 30 mm) της πλάκας για να επακολουθήσει η ροή στην κάθετη επιφάνεια της. Από κατασκευαστικής απόψεως, χρειάστηκαν τέσσερις ράβδοι PLEXIGLASS διαστάσεων 200 x 30 x 30 mm και μία πλάκα από το ίδιο υλικό διαστάσεων 250 x 200 x 5 mm. Οι δύο πρώτες ράβδοι κολλήθηκαν μεταξύ τους με σιλικόνη. Εν συνεχεία, το συσσωμάτωμα των δύο ράβδων κολλήθηκε στην οπίσθια πλευρά της πλάκας PVC και σε βάθος 180 mm από την κορυφή της. Οι υπόλοιπες δύο ράβδοι

κολλήθηκαν πάλι με σιλικονη κάθετα στις προηγούμενες δύο και παράλληλα στα προεξέχοντα τμήματα των υάλων (10 mm) της οπίσθιας πλευράς. Επομένως το πάχος της δεξαμενής αυξήθηκε κατά 10 mm και από 30 έγινε 40 mm. Η χωρητικότητα της συγκεκριμένης δεξαμενής είναι $180 \times 40 \times 200 \text{ mm}^3$ ή 1,45 λίτρα περίπου. Το πίσω τμήμα της δεξαμενής, δηλαδή η πλάκα PLEXIGLASS κολλήθηκε με σιλικόνη στις κάθετες ράβδους αφού προηγουμένως είχαν διανοιχτεί τρεις οπές από τις οποίες γίνεται η εισροή του ρευστού (Σχήμα 12.3).



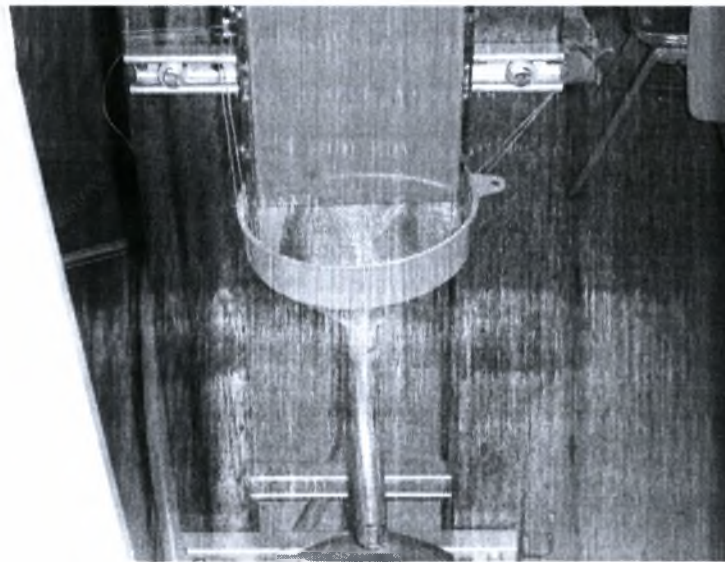
Σχήμα 12.3. Απεικόνιση της διατάξεως πειραματικής και των σωληνώσεων οι οποίες εισέρχονται στην εισροή του υγρού.

Οι οπές διανοίχτηκαν με βίδα 150 mm από την εσωτερική επιφάνεια και η απόσταση των κέντρων τους ανά δύο είναι 20 mm. Η απόσταση της πρώτης και της τρίτης οπής απέχουν 35 mm από τα πλευρικά τοιχώματα της δεξαμενής. Η διάτρηση έγινε με δύο δράπανα λόγω του μικρού πάχους του υλικού και της αθροιστικής απόστασης που παρευσιάζει. Το πρώτο στέλεχος είχε διάμετρο ϕ 9 mm ενώ το δεύτερο στέλεχος είχε διάμετρο ϕ 19 mm. Η επιλογή της μεγάλης διαμέτρου έγινε με βάση την εσωτερική διάμετρο των σωληνώσεων PVC (εσωτερική διάμετρος ϕ 12,7 mm). Σπειροτόμος ϕ 20 χρησιμοποιήθηκε για τη δημιουργία των σπειρωμάτων των οπών στις οποίες βιδώθηκαν τρεις σπειροτόμοι PVC μήκους 150 mm. Στα τρία τεμάχια PVC, μήκους 100 mm το ένα, οι σπείρες έφθαναν με εφωτικό σπειροτόμο. Όπως διαφαίνεται καθαρά και στο σχήμα 12, τα σπείρωμα τμήματα των οπών άνωθεν ανώθηκαν με τρία λάστιχα διαμέτρου

ϕ 25,4 mm (1 ίντσα) και μήκους 3 m το καθένα, τα οποία συγκρατούνται με ανοξείδωτους (20-28) σφικτήρες και καταλήγουν στις συνδέσεις διαμοιρασμού της παροχής στην αντλία.

3.10 ΟΔΗΓΟΣ ΑΠΟΡΡΟΗΣ ΚΑΙ ΦΙΛΤΡΟ

Στο κάτω χείλος της πλάκας έχει τοποθετηθεί ένας οδηγός απορροής ο οποίος συλλέγει το ρευστό και το επανεισαγάγει στην κύρια δεξαμενή. Όπως δείχνει και το σχήμα 13, το σύστημα αποτελείται από μία χοάνη διαμέτρου ϕ 24 mm και ένα ανοξείδωτο και εύκαμπτο σωλήνα ο οποίος οδηγεί το ρευστό εκ νέου στη δεξαμενή.

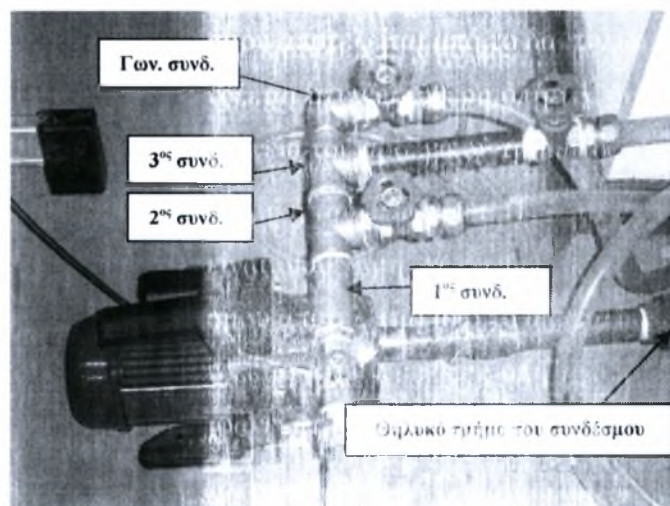


Σχήμα 3.13. Απεικόνιση του συστήματος απορροής και της μεταλλικής σήτας.

Το χωνί τοποθετήθηκε αμέσως κάτω από την πλάκα, στα ελεύθερα 50 mm των τοιχωμάτων των υάλων και δέθηκε με σχοινί στις κύριες δοκούς της κατασκευής. Μέσα στο χωνί υπάρχει μία μεταλλική σήτα η οποία έχει την ιδιότητα να κατακρατά πιθανές ακαθαρσίες διαμέτρου μερικών χιλιοστών ώστε να μην διαταράσσεται η λειτουργία της αντλίας αλλά και η παρατήρηση του πίπτοντος υγρού στην πλάκα.

3.11 ΕΠΙΛΟΓΗ ΑΝΤΛΙΑΣ

Όπως έχει ήδη λεχθεί σε προηγούμενη παράγραφο, στον πυθμένα της κύρια δεξαμενής είχε ανοιχτεί οπή διαμέτρου 1 ίντσας ώστε να είναι εφικτή η σύνδεση του γωνιακού συνδέσμου μέσω σωλήνα PVC με την αντλία. Η συγκεκριμένη σωλήνα αποτελείται από δύο τμήματα μήκους 500 mm το καθένα και συνδέονται μεταξύ τους με πλαστικό σύνδεσμο PVC. Δεν επιλέχθηκε ενιαία σωλήνα διότι ήταν δύσκολη αν όχι ανέφικτη η σύνδεση της με την αντλία. Αντιθέτως, η πρώτη σωλήνα βιδώθηκε στο γωνιακό σύνδεσμο αφού προηγουμένως είχε σπειροτομηθεί εξωτερικά και από τις δύο οπές και είχε ενισχθεί με Teflon για καλύτερη εφαρμογή και αποφυγή διαρροών. Η ίδια ακριβώς διαδικασία ακολουθήθηκε και με το δεύτερο τμήμα της σωληνώσεως, με τη διαφορά ότι αυτή βιδώθηκε στην είσοδο της αντλίας. Οι ελεύθερες πλέον οπές των σωληνώσεων ενώθηκαν με πλαστικό σύνδεσμο ο οποίος αποτελείται από δύο τμήματα, το αρσενικό και το θηλυκό. Στην ουσία το αρσενικό αποτελεί προέκταση της σωλήνας με σπειροτομημένες την εσωτερική και εξωτερική του επιφάνεια. Η εσωτερική επιφάνεια συνδέεται στην ελεύθερη οπή, ενώ η εξωτερική είναι διαθέσιμη να ενωθεί με το δακτυλίδι του θηλυκού τμήματος. Το θηλυκό τμήμα του συνδέσμου αποτελείται από το δακτυλίδι και μία προέκταση με εσωτερικό σπείρωμα. Η προέκταση συνδέεται στην ελεύθερη οπή της δεύτερης σωλήνας και το δακτυλίδι βιδώνεται στην εξωτερική επιφάνεια του αρσενικού τμήματος (Σχήμα 14.3).



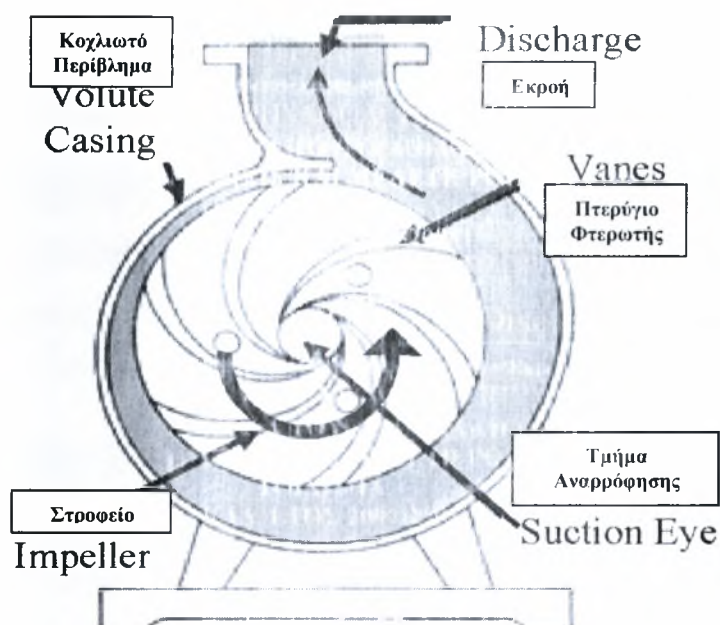
Σχήμα 14.3. Απεικόνιση της πειραματικής διατάξεως του ρευστού.

Όπως έχει ήδη λεχθεί η εισροή του ρευστού γίνεται διαμέσου της σωλήνας PVC, ενώ ο διαμοιρασμός του από το σύστημα το οποίο διαφαίνεται στο σχήμα 14. Στην παράγραφο όπου αναλύθηκε η κατασκευή της δευτερεύουσας δεξαμενής έχουμε την εισοδο του ρευστού από τρεις οπές. Κατά αυτήν την λογική, η ολική παροχή της αντλίας διαμοιράζεται σε τρεις μικρότερες παροχές. Αυτή η τεχνική προσβλέπει στην ομοιόμορφη κατανομή του ρευστού στη μικρή δεξαμενή, χωρίς να παρατηρούνται τοπικά φαινόμενα υπερχειλίσσης (μικρό πλάτος και βάθος) στο επάνω χείλος της πλάκας. Θα πρέπει να αναφερθεί για λόγους αποφυγής επαναλαμβανότητας ότι όλα τα μεταλλικά εξαρτήματα είναι αρειχάλκινα διαμέτρου μίας ίντσας εκτός από τη βάνα κρουνού η οποία είναι χαλύβδινη και ότι σε κάθε συνδεσμολογία χρησιμοποιήθηκε Teflon.

Στην έξοδο της αντλίας βιδώθηκε ένας μαστός για να μπορέσει να συνδεθεί σε αυτόν σύνδεσμος τύπου 'ταυ' με δύο ελεύθερες σπειροτομημένες θηλυκές εισόδους. Στην αριστερή είσοδο άλλος ένας μαστός συνδέει τον αρχικό σύνδεσμο με έναν ίδιου τύπου. Η διαδικασία αυτή επαναλαμβάνεται ακόμη μία φορά, ώστε ο κύκλος να κλείσει με τη χρήση μαστού και ενός γωνιακού συνδέσμου. Στις εξόδους του δεύτερου συνδέσμου 'ταυ' και του γωνιακού συνδέσμου βιδώνονται δύο μαστοί και αυτοί με τη σειρά τους συνδέονται με δύο βάνες έδρας. Στην έξοδο κάθε βάνας συνδέθηκε ένα ρακόρ (τύπου αρσενικό-αρσενικό) με βιδωτό περίβλημα. Εσωτερικά του περιβλήματος υπάρχει δακτυλίδι το οποίο αναλαμβάνει το ρόλο του σφικτήρα στην ένωση με το αλφαδολάστιχο. Στην έξοδο του τρίτου συνδέσμου 'ταυ' το ρόλο του μαστού αναλαμβάνει σπειροτομημένη και από τις δύο οπές σωλήνα PVC. Ο λόγος είναι καθαρά πρακτικός και σχετίζεται με την αδυναμία περιστροφής της βάνας κατά το βίδωμα επειδή η πορφυρή στρόφιγγα συναντούσε αντίσταση στα γειτονικά μεταλλικά εξαρτήματα. Η συνέχεια της διαδικασίας είναι ίδια με αυτήν η οποία περιγράφηκε παραπάνω. Τέλος, θα πρέπει να αναφερθεί ότι στη δεξιά είσοδο του πρώτου συνδέσμου 'ταυ' βιδώθηκε εκ νέου ένας μαστός και εν συνεχεία μία βάνα κρουνού. Η εν λόγω βάνα λειτουργεί ως by-pass του συστήματος αλλά και ως σύστημα καθαρισμού του όταν επιβάλλεται αλλαγή ρευστού. Στην πραγματικότητα είναι άλλος ένας τρόπος ελέγχου της παροχής η οποία εισρέει στην ανυψωμένη δεξαμενή. Η κατασκευή αυτή αρχικώς ήταν απαραίτητη, διότι είχε επιλεγεί φυγοκεντρική αντλία η οποία παρείχε ρευστό λειτουργώντας στη μέγιστη ισχύ της. Καθώς όμως η πειραματική διαδικασία απαιτούσε μικρές ογκομετρικές παροχές, θα ήταν άσκοπο να επιβαρύνεται η αντλία με

πλεονάζων φορτίο. Επομένως με το σύστημα αυτό ήταν δυνατή η επανεισαγωγή μέρους της ποσότητας του υγρού στην κυρίως δεξαμενή και χρησιμοποίηση του εναπομείναντος για την εξελικτική διαδικασία. Ενώ λοιπόν το by-pass έλυσε το πρόβλημα του περεταίρω ελέγχου της ογκομετρικής παροχής, δημιούργησε ένα άλλο αρκετά σημαντικό. Η θερμοκρασία του ρευστού (γλυκερίνη) αύξανε σημαντικά με την πάροδο του χρόνου (ενδεικτικά αναφέρεται ότι σε 30 min λειτουργίας η θερμοκρασία από 20 °C αυξήθηκε στους 27 °C), φαινόμενο το οποίο συντελεί στην αλλαγή των φυσικών και χημικών ιδιοτήτων του. Η κατάσταση αυτή δεν είναι επιθυμητή διότι οδηγεί σε εσφαλμένες μετρήσεις και παρατηρήσεις. Η εισροή νερού ως ψυκτικό μέσο, όπως αναφέρθηκε σε προηγούμενη παράγραφο έλυσε σε ικανοποιητικό βαθμό το πρόβλημα της θέρμανσης του υγρού.

Όπως αρχικώς αναφέρθηκε, η πρωταρχική αντλία ήταν φυγοκεντρική (Σχήμα 15.3) με ονομαστική παροχή (νερό) 3800 lit/h ή 0,00105 m³/sec, ισχύ 2 Hp, εφαρμοζόμενης πίεσης 5 bar και μέγιστο μανομετρικό ύψος 50 m. Πρέπει να τονιστεί ότι το προς μελέτη ρευστό στην τελική διαδικασία είναι λάδι σιλικόνης (silica oil) των 50 και 200 cSt (centistokes) ή 50 x 10⁻⁶ και 200 x 10⁻⁶ m²/s. Η φυγοκεντρική αντλία όμως δοκιμάστηκε με νερό και διαλύματα σιλικόνης 50% και 75% κατ'όγκο, υγρά των οποίων οι διατυπητικές τάσεις με την επιφάνεια της πλάκας δεν είναι ισχυρές αλλά και τα ιξώδη τους δεν είναι ιδιαίτερος υψηλά (15 και 35 cp αντιστοίχως). Ήταν αναμενόμενο η κίνηση του ύδατος στην κάθετη πλάκα να μη δίνει εμφανή προς παρατήρηση στάσιμα κύματα εξαιτίας του χαμηλού δυναμικού ιξώδους (1,002 x 10⁻³ Kg/m x s). Εν αντιθέσει, τα διαλύματα της γλυκερίνης βελτίωναν αισθητά τα οπτικά αποτελέσματα των κυματομορφών (Σχήμα 16.3) αλλά όχι σε ικανοποιητικό βαθμό από πλευράς ψηφιακής καταγραφής. Επομένως έπρεπε να χρησιμοποιηθεί πιο παχύρευστο υγρό, πράγμα που θα δυσκόλευε τη λειτουργία της φυγοκεντρικής αντλίας λόγω υπερθέρμανσης. Αυτός ήταν και ο πρώτος λόγος ο οποίος επέβαλλε την αλλαγή του αντλιτικού συστήματος.



Σχήμα 15.3. Απεικόνιση των κύριων τμημάτων μίας φυγοκεντρικής αντλίας.[3]

Δύο άλλοι λόγοι ενέκυψαν στο να γίνει απαιταίσιση του συστήματος. Ο ένας εξ αυτών σχετίζεται με την ομοιομορφία της κίνησης του υγρού στην κάθετη πλάκα. Παρατηρήθηκε οπτικά ότι στο τμήμα της υπερχειλίσης της μικρής δεξαμενής προς την πλάκα η ποσότητα του υγρού κατά το μήκος του στομίου (210 mm) διέφερε αισθητά. Επί παραδείγματι, η ροή άλλοτε ήταν περισσότερη στο δεξιό τμήμα, άλλοτε στο αριστερό ή στο μεσαίο. Έγιναν αρκετές προσπάθειες διορθώσεως του προβλήματος είτε ελέγχοντας την παροχή μέσω των βανών, είτε ελέγχοντας τις γεωμετρικές συνιστώσες της κάθετης πλάκας. Παρότι η καθετότητα ($89,5^{\circ}$) και η οριζοντιότητα ($0,5^{\circ}$) της πλάκας πλησίαζαν την τελειότητα αλλά και ο έλεγχος της παροχής γίνονταν λεπτομερέστερα, το πρόβλημα εξακολουθούσε να υφίσταται και σε ορισμένες περιπτώσεις επιδεινώνονταν με πλήρη κατάργηση της ροής από το μεσαίο, το δεξιό ή το αριστερό τμήμα της υπερχειλίσης. Ο σημαντικότερος όμως λόγος ο οποίος επέβαλλε την αλλαγή της αντλίας ήταν η πλήρη κατάργηση της ροής σε μικρές παροχές. Η έναρξη της διαδικασίας ως πρωταρχικό σκοπό είχε την εξαέρωση του συστήματος για να αποφεύγονται πιθανές διαταραχές από την ύπαρξη φυσαλίδων. Επομένως, στα πρώτα στάδια η κυκλοφορία του υγρού γίνονταν με μεγάλες παροχές για τη διασφάλιση διαφυγής του αέρα. Όταν όμως οι βάνες στραγγαλιζόνταν για να ελαττωθεί η παροχή ενέκυπταν προβλήματα ακινησίας του υγρού άμεσα ή τις πλείστες φορές μετά την πάροδο ορισμένου χρόνου. Πρέπει να αναφερθεί ότι κατά την κίνηση του

διαλύματος πριν επέλθει ακινησία, η ροή παρουσίαζε το επιθυμητό αποτέλεσμα (Σχήμα 16.3). Οι εξηγήσεις οι οποίες δόθηκαν για τη διερεύνηση των προβλημάτων καθώς και οι απαιτούμενες λύσεις δόθηκαν από τις γενικές αρχές των συστημάτων άντλησης. Κατά πρώτον υπάρχει το ενδεχόμενο η φυγοκεντρική αντλία να μην ήταν μονωμένη επαρκώς, άρα να μην ήταν δυνατή η πλήρης εξαέρωση της. Επομένως οι φυσαλίδες μπορεί να ωθούν ή να απομάκρυναν διάλυμα σε τοπικό επίπεδο και να παρατηρούνταν η τμηματική κατάργηση της ροής.



Σχήμα 16.3. Απεικόνιση του φαινομένου του διαλύματος γλυκερίνης 75% κατ'ογκο.

Κατά δεύτερον, μερίδιο στα αίτια αύξησης της πίεσης ίσως να έχει η λεγόμενη πίεση ατμών (vapor pressure head) του υγρού. Για να υπάρξει ροή είναι η πίεση στην οποία το υγρό και οι ατμοί του συνυπάρχουν σε συγκεκριμένη θερμοκρασία. Η μετατροπή της πιέσεως των ατμών σε απώλεια μανομετρικού λόγω των αερίων εμποδίζει την κίνηση του υγρού. Το μέγεθος αυτό αντιτίθεται στην πίεση του ρευστού στην επιφάνεια της δεξαμενής, της δύναμης δηλαδή η οποία οδηγεί το ρευστό στο τμήμα αναρρόφησης και παρατηρείται πτώση πίεσης στο συγκεκριμένο σημείο. Το φαινόμενο της αύξησης της θερμοκρασίας δημιουργεί περισσότερους ποσοτικά ατμούς επομένως και μεγαλύτερες πτώσεις πίεσεων στο τμήμα αναρρόφησης του υγρού [3]. Η ονομασία του προβλήματος αυτού είναι κavitation και οδηγεί σε εσφαλμένη λειτουργία την αντλία. Η εξίσωση η οποία δίνει το μέγεθος της απώλειας μανομετρικού αναρρόφησης είναι η παρακάτω.

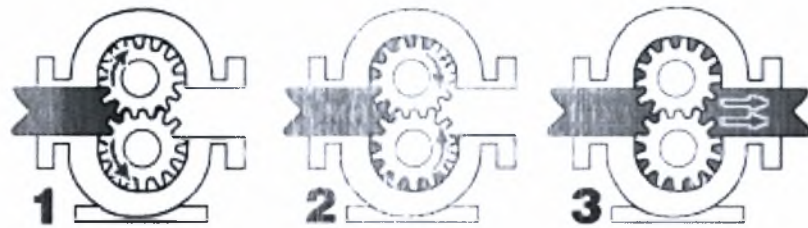
$$\text{Εξίσωση 1.3. } H_{\text{m}} = \frac{P_a}{\rho g} - \left(\sigma_c \times H_a + \frac{V_s^2}{2g} + h_f + \frac{P_v}{\rho g} \right)$$

| | |
|------------|---|
| P_a | Ατμοσφαιρική Πίεση |
| P_v | Τάση Ατμών Ρευστού στη Θερμοκρασία Λειτουργίας |
| V_s | Ταχύτητα Αναρρόφησης |
| h_f | Απώλειες σε Αναρρόφηση και σε Συνδεσμολογία |
| H_a | Μανομετρικό Αντλίας |
| σ_c | Σταθερά Σπηλαιώσης άμεσα εξαρτούμενη από σχεδιασμό Φτερωτής και Ειδικής Ταχύτητας |

Η σταθερά σ_c αν είναι μεγαλύτερη από $0,0005(N_s)^{1,37}$ τότε δεν παρατηρείται σπηλαιώση ενώ όταν σ_c είναι μικρότερο από $0,00022(N_s)^{1,37}$ παρατηρείται, όπου N_s η ειδική ταχύτητα. Το εύρος μεταξύ μεγαλύτερης και μικρότερης τιμής θεωρείται γκριζή ζώνη [4]. Τέλος όταν ξεπεραστεί το πρόβλημα της σπηλαιώσης και αρχίσει η κίνηση του ρευστού η πίεση εκροής ελαττώνεται. Στη περίπτωση της φυγοκεντρικής αντλίας παρατηρείται αύξηση της παροχής και άρα δύσκολος έλεγχος [5].

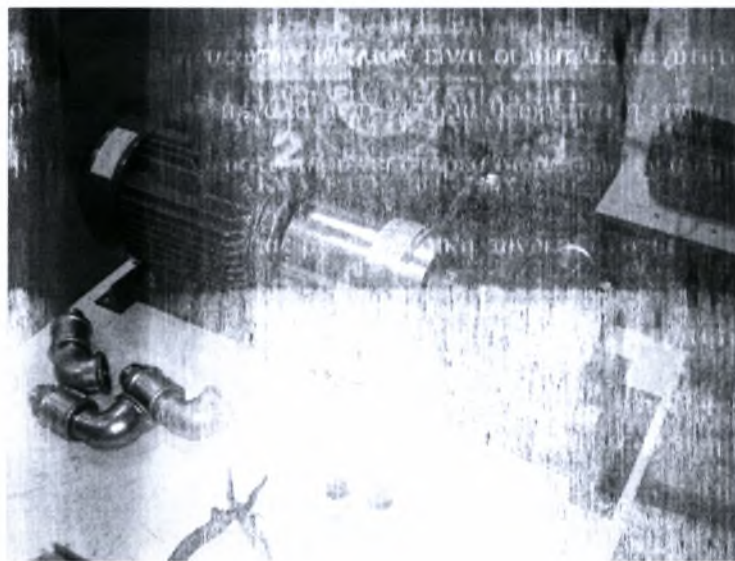
Ο τρίτος λόγος ο οποίος ενδυνάμωσε την προοπτική αντικατάστασης της αντλίας είναι ότι δεν συνιστάται για διακίνηση ρευστών μεγάλου ιξώδους λόγω της δραματικής πτώσεως στην απόδοση. Γενικά οι φυγοκεντρικές αντλίες δεν σχεδιάζονται για ιξώδη μεγαλύτερα των 4000 SSU ή 880 cSt [5].

Η νέα αντλία η οποία αντικατέστησε τη φυγοκεντρική ανήκει στην κατηγορία των γραναζωτών (Σχήμα 17.3) και παρελήφθη τοποθετημένη σε μεταλλική βάση μαζί με ηλεκτροκινητήρα τριφασικού ρεύματος ο οποίος παρέχει κίνηση στον κεντρικό άξονα και αυτός με τη σειρά του στα γρανάζια της αντλίας (Σχήμα 18.3).



Σχήμα 17.3. Απεικόνιση αντλίας με εξωτερική συνδεσμολογία γραναζιών [1].

Τα μεγάλα προτερήματα των γραναζοειδών αντλιών είναι οι υψηλές ταχύτητες σε συνδυασμό με μικρές πιέσεις λειτουργίας ενώ ως μεγάλο μειονέκτημα θεωρείται η εσφαλμένη λειτουργία, σε βαθμό προξένησης βλάβης, αν το ρευστό περιέχει στερεά σωματίδια εν αιωρήσει.



Σχήμα 18.3. Απεικόνιση της πειραματικής διάταξης πειραματικού συστήματος

Το παραπάνω σύστημα συνδέθηκε με ήντερ (επόμενη παράγραφος) μέσω του οποίου καθορίζονταν οι στροφές λειτουργίας και επομένως η συνολική παροχή στην πλάκα PVC. Η αντλία θετικής μετατόπισης κινεί δεξιόστροφα το ελαστικό βελόνισμα του περιβλήματος της, εφαρμόζοντας δύναμη στα κινούμενα τακτοειδή γραναζιά, τα οποία αποτελούν και τα όρια εγκλωβισμού του ρευστού. Η λειτουργία της αντλίας βασίζεται στη σύμπλεξη δύο πανομοιότυπων γραναζιών τα οποία περιστρέφονται σε αντίθετες φορές. Το ένα εκ των δύο

ΔΗΛΩΣΜΑΤΙΚΗ ΕΥΡΕΣΗ ΤΩΝ ΠΑΡΑΜΕΤΡΩΝ ΕΥΑΙΕΛΟΥ
ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗΣ ΔΙΑΤΑΞΗΣ ΚΑΙ ΜΕΛΕΤΗ ΡΟΗΣ ΥΓΡΟΥ ΥΜΕΝΑ ΣΕ ΚΑΘΕΤΟ
ΤΟΙΧΩΜΑ
ΑΚΑΔ. ΕΤΟΣ 2007-2008

γρاناζίων λαμβάνει κίνηση από τον άξονα ενώ το δεύτερο γρανάζι κινείται λόγω της σύμπλεξης με το πρώτο. Καθώς τα γρανάζια απελευθερώνονται από τη σύμπλεξη, δημιουργούν μεγάλο όγκο ελέγχου (μικρή πίεση) στην είσοδο της αντλίας. Το υγρό εισέρχεται στην κοιλότητα και παγιδεύεται από τις οδοντώσεις των γραναζίων. Εξοχόμενος πλέον αποκτίζει, μέσα από την κίνηση του στα γρανάζια και το εσωτερικό περιβάλλον της αντλίας, την απαιτούμενη πίεση εξέρχεται για περεταίρω χρήση [1], [6].

Στην πειραματική διαδικασία χρησιμοποιήθηκε αντλία από την εταιρία OMCP Ιταλίας τύπου V 52, παροχής Q 4.5 m³/h, μανομετρικού όγκους H₂O m³ (παράρτημα I – μανομετρικό σε μέγιστες παροχές νερού και silica oil), στροφών (RPM) 1450 και ισχύος P 3 Hp [7]. Το σώμα, τα καλύμματα, και οι θάλαμοι αποτελούνται από λεπτόκοκκο φαιό χυτοσίδηρο ενώ τα γρανάζια και ο άξονας από ειδικό ανθρακούχο χάλυβα (παράρτημα I). Η στεγανοποίηση του άξονα επιτυγχάνεται με ειδική αλιφατούχο σφραγίστρα ή με μηχανικό στυπιοθλίπτη. Η αντλία διαθέτει σύστημα θέρμανσης-ψύξης για τη διατήρηση είτε πολύ θερμών είτε πολύ ψυχρών υγρών και άρα επιπρόσθετο σύστημα ελέγχου θερμοκρασίας είναι απαραίτητο. Σε συνθήκες λειτουργίας με υγρό ιξώδους 80 cSt, ειδικό βάρος 1, θερμοκρασία 20 °C και βαρομετρική πίεση 20 mbar λαμβάνονται τα εξής αποτελέσματα:

Πίνακας 3.3. Πειραματικά αποτελέσματα για σταθερή παροχή και μεταβαλλόμενη πίεση [7].

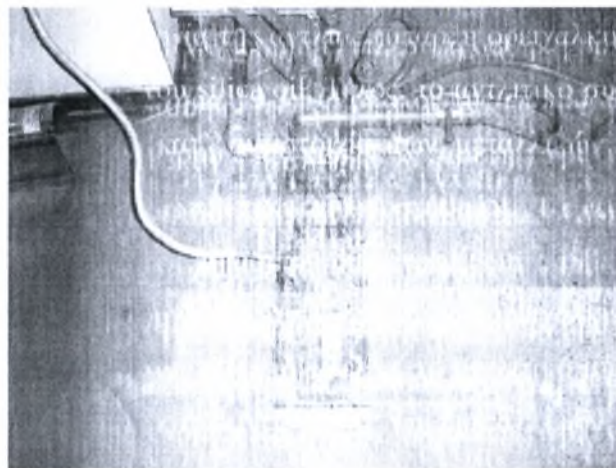
| RPM | 1 BAR | | 5 BAR | | 10 BAR | | 15 BAR | | 20 BAR | |
|------|-------|------|-------|------|--------|------|--------|------|--------|------|
| | Lit/h | Kw | Lit/h | Kw | Lit/h | Kw | Lit/h | Kw | Lit/h | Kw |
| 1450 | 4500 | 0.52 | 4430 | 1.22 | 4260 | 2.32 | 4040 | 3.32 | 3680 | 4.02 |

Πίνακας 4.3. Μεταβλητά όρια λειτουργίας της αντλίας [7].

| | |
|--------------------|---------------------------|
| Πίεση | Έως 20 bar |
| RPM | Έως 1750 |
| Ιξώδες | 77-31000 cSt |
| Θερμοκρασία | -10 °C έως +170 °C |

Η αλλαγή της αντλίας επέφερε και αλλαγές στη συνδεσμολογία των περιφερειακών εξαρτημάτων για τη διασφάλιση της ροής. Τα στόμια εισόδου και εξόδου του ρευστού είναι

διαμέτρου ϕ 1-1/4 της ίντσας. Στην έξοδο και την είσοδο της αντλίας προσαρμόστηκαν εξωτερικοί σύνδεσμοι (μούφες) διαμέτρου ϕ 1-1/4 της ίντσας για να βιδωθούν σε αυτούς δύο γωνιακοί σύνδεσμοι (αρσενικό-θηλυκό) αντιστοιχών διαμέτρων. Στα θηλυκά σπειρώματα των γωνιακών συνδέσμων προσαρμόστηκαν δυο σύνδεσμοι συστολής διαμέτρων ϕ 1-1/4 σε ϕ 1 ίντσας. Ο κύριος διανομέας της παροχής, με τις τρεις βάνες και το by-pass βιδώθηκε στον ένα σύνδεσμο συστολής ενώ η σωλήνα PVC με μία επιπλέον προσθήκη βάνας κρουνού ενώθηκε με το δεύτερο σύνδεσμο διαστολής (Σχήμα 19.3). Ο σκοπός της επιπρόσθετης βάνας στην είσοδο της αντλίας είναι η παραμονή του υγρού στην κυρίως δεξαμενή χωρίς να χρειαστεί η μετάγγιση του για λόγους αντικατάστασης εξαρτημάτων του συστήματος. Τα νέα μεταλλικά εξαρτήματα τα οποία αντικατέστησαν αυτά με τη μικρότερη διάμετρο έχουν γαλβανωθεί, χωρίς ωστόσο να προξενούν προβλήματα στη λειτουργία της αντλίας (ύπαρξη ορειχάλκινων εξαρτημάτων) εκτός της αποκτήσεως φαιού χρώματος του silica oil. Τέλος, το αντλιακό σύστημα σταθεροποιήθηκε στο έδαφος με μεταλλικά ούπα κατ' αντιστοιχία των μεταλλικών γωνιών στηρίξεως των κοιλοδοκών.



Σχήμα 19.3. Απεικόνιση του αντλιακού συστήματος σταθεροποιημένο στο έδαφος.

Το τελευταίο στάδιο ήταν η σύνδεση του ηλεκτροκινητήρα της αντλίας με τον inverter (επόμενη παράγραφος) για τον έλεγχο των στροφών και επομένως της παροχής. Στο στάδιο αυτό αναδύθηκε ένα νέο πρόβλημα το οποίο σχετιζόταν με τη λειτουργία του inverter να δεχτεί τις ρυθμίσεις προγραμματισμού με βάση την ισχύ του ηλεκτροκινητήρα αλλά και τα υπόλοιπα χαρακτηριστικά του όπως το ρεύμα και η τάση λειτουργίας. Το πρόβλημα οφείλονταν στο ότι το

**ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ ΤΟΥ ΓΙΑΝΝΙΑΚΗ ΕΥΑΓΓΕΛΟΥ
ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗΣ ΔΙΑΤΑΞΕΩΣ ΚΑΙ ΜΕΛΕΤΗ ΡΟΗΣ ΥΓΡΟΥ ΎΜΕΝΑ ΣΕ ΚΑΘΕΤΟ
ΤΟΙΧΩΜΑ
ΑΚΑΔ. ΕΤΟΣ 2007-2008**

μοτέρ από άποψη ισχύος (2,2 Kw ή 3 Hp) ήταν μεγαλύτερο του αναστροφέα (1.5 Kw ή 2 Hp), άρα ο δεύτερος αδυνατούσε να καλύψει το απαιτούμενο φάσμα ρυθμίσεων. Αξίζει να αναφερθεί ότι το σύστημα εν τέλει λειτούργησε αξιομιόνοντας τη ρύθμιση ελαχίστης συχνότητας του αναστροφέα (F 1080) αλλά η μέθοδος ήταν εσφαλμένη και ενεκροπται κίνδυνο υπερφόρτωσης του συστήματος με επισφαλή αποτελέσματα. Ο ηλεκτροκινητήρας ο οποίος αντικατέστησε αυτόν των τριών ίππων έχει τα εξής χαρακτηριστικά:

Πίνακας 5.3. Χαρακτηριστικά Ηλεκτροκινητήρα [8].

| Τύπος | Πόλοι | Ισχύς (Kw) | Ισχύς (Hp) | RPM | Αποδ. (%) | cosφ | Ρεύμα 400 V (A) | Ονομ. Ροπή (Nm) | Σχ.Ρεύμα Εκκίνησης (A) | Σχ.Ροπή Εκκίνησης (Nm) | Σχ.Ροπή Ανατροπής (Nm) | Βάρος (Kg) |
|-------|-------|------------|------------|------|-----------|------|-----------------|-----------------|------------------------|------------------------|------------------------|------------|
| K90S | 4 | 1.1 | 1.5 | 1390 | 73 | 0.78 | 2.6 | 7.5 | 6 | 2 | 2.2 | 16 |

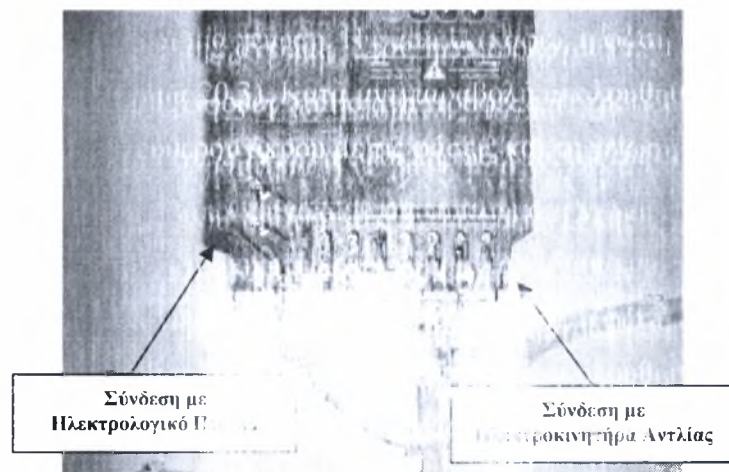
Ο νέος ηλεκτροκινητήρας κάλυπτε τη προδιαγραφή του αναστροφέα και μπορούσε πλέον να γίνει η τοποθέτηση του. Το μεγάλο μοτέρ ήταν ακινητοποιημένο στη μεταλλική βάση με τέσσερις βίδες και ο άξονας του ήταν σε πλήρη ευθυγράμμιση με τον άξονα κινήσεως της αντλίας. Το νέο μοτέρ είναι μικρότερο σε διαστάσεις από το ήδη υπάρχον με αποτέλεσμα να χρειαστεί η διάνοιξη τεσσάρων οπών στη βάση με το μαγνητικό δράπανο. Η πλήρης ευθυγράμμιση όμως επετεύχθη τοποθετώντας τρεις μεταλλικές ροδέλες σε κάθε σημείο διάνοιξης οπής. Με αυτόν τον τρόπο η τοποθέτηση και η προσαρμογή του ηλεκτροκινητήρα στη μεταλλική βάση και τον άξονα περιστροφής της αντλίας έγινε με μηδενική υψομετρική διαφορά και ελάχιστες ανοχές. Το σύστημα τέθηκε σε λειτουργία χαμηλών στροφών και είτε χαλαρώνοντας είτε συσφίγγοντας τις βίδες στήριξης διορθώθηκαν οι ανοχές του.

3.12 ΤΟΠΟΘΕΤΗΣΗ ΚΑΙ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΙΣΜΟΣ ΤΟΥ INVERTER

Ο αναστροφέας ρεύματος ανήκει στη σειρά SIEMENS 440 και ως πρωταρχική σκοπό έχει την μετατροπή του συνεχούς ρεύματος το οποίο λαμβάνει, σε εναλλασσόμενο για την τροφοδότηση του ηλεκτροκινητήρα της αντλίας. Η κύρια παράμετρος η οποία ενδιέφερε ήταν η ισχύς του κινητήρα του αναστροφέα σε συνδυασμό με την ισχύ του ηλεκτροκινητήρα της

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ ΤΟΥ ΓΙΑΝΝΙΑΚΗ ΕΥΑΓΓΕΛΟΥ
ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗΣ ΔΙΑΤΑΞΕΩΣ ΚΑΙ ΜΕΛΕΤΗ ΡΟΗΣ ΥΓΡΟΥ ΥΜΕΝΑ ΣΕ ΚΑΘΕΤΟ
ΤΟΙΧΩΜΑ
ΑΚΑΔ. ΣΤΟΣ 2007-2008

αντλίας. Στην προηγούμενη παράγραφο λέχθηκε ότι η ισχύς του ηλεκτροκινητήρα είναι 1.1 Kw. Το μοτέρ του αναστροφέα είναι 1.5 Kw. Επομένως πλέον δεν υπήρχε πρόβλημα στον προγραμματισμό των ρυθμίσεων (παράρτημα I) με βάση τα στοιχεία του ηλεκτροκινητήρα αλλά ούτε και κίνδυνος υπερφόρτωσης του συστήματος λόγω εσφαλμένης χρήσης και λειτουργίας. Πριν τον προγραμματισμό του inverter έγιναν οι απαραίτητες συνδέσεις με τον ηλεκτρολογικό πίνακα και τον ηλεκτροκινητήρα της αντλίας. Στον ηλεκτρολογικό πίνακα εισήχθη ασφάλεια ρεύματος 10 A μέσω της οποίας τροφοδοτείται ο αναστροφέας. Η τροφοδοσία επιτυγχάνεται με καλώδιο φάσης (καφέ), ουδέτερο (μπλε) για να ολοκληρωθεί το κύκλωμα και γείωσης (κίτρινο) για προστασία του συστήματος από πιθανό βραχυκύκλωμα (Σχήμα 20.3). Αντιστοίχως ο αναστροφέας τροφοδοτεί τον ηλεκτροκινητήρα με χρήση καλωδίου εναλλασσόμενου ρεύματος τριών τμημάτων για τις φάσεις και μία γείωση. Η φάση U (καφέ), η φάση V (μαύρο), η φάση W (γκρι) και η γείωση κίτρινο (Σχήμα 20.3). Κατό αντιπαραβολή ακολουθήθηκε η ίδια διαδικασία σύνδεσης των καλωδίων του ελεύθερου άκρου με τις φάσεις και τη γείωση του ηλεκτροκινητήρα της αντλίας (Σχήμα 21.3).



Σχήμα 3.20. Απεικόνιση της συνδεσμολογίας του αναστροφέα.



Σχήμα 3.21. Απεικόνιση της σκηνής με τον άξονα των φώτων και της γείωσης του αναστροφέα με τον ηλεκτροκινητήρα της αντλίας.

Τέλος, η πρόσοψη των παραγώντων της κατασκευαστικής (SDP: Status Display Panel τροποποιήθηκε με αλλαγή και προσθήκη ενός πίνακα πληροφοριών (Information Panel) διότι προσδίδει μεγαλύτερη χρηστικότητα και εύρος λειτουργιών, όπως είναι η αλλαγή στην φορά αναρρόφησης της αντλίας.

3.13 ΑΝΑΚΕΦΑΛΑΙΩΣΗ

Ως επίλογο του κεφαλαίου θα ήθελα να εισηγηθώ μια κατασκευασμένη μορφή των εξαρτημάτων και των υλικών τα οποία χρησιμοποιήθηκαν για την ολοκλήρωση της κατασκευαστικής διαδικασίας καθώς και μία συνοπτική αναφορά του υγρού και των χαρακτηριστικών του στην εκτέλεση των πειραμάτων.

Η χημική ονομασία του σιλικίου είναι Si και ανήκει στην ομάδα 14 και χαρακτηρίζεται από μικρούς έως υψηλούς αριθμούς ισοτοπίας (από 28 έως 32). Οι ιδιότητες αυτών των ρευστών μπορούν να ειπωθούν η υψηλή καθαρότητα, η αδρανής συμπεριφορά του κατά την επαφή του με πολλά υλικά, η πολλή καλή διηλεκτρική συμπεριφορά του, η μη τοξικότητα, η άοσμη υπόσταση, η σταθερότητα σε θερμοκρασιακές αλλαγές πίεσης (σταθετή αγωγιμότητα). Τα ρευστά των 50 και 200 cSt τα οποία χρησιμοποιήθηκαν στην παρούσα έρευνα έχουν τα παρακάτω φυσικά χαρακτηριστικά σε θερμοκρασία 25 °C και 1013 hPa. Έτσι, οι εκτιμητικοί πίνακες εξαρτημάτων της κατασκευής και των ιδιοτήτων του υγρού οίλ.

ΔΗΛΩΣΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ ΤΟΥ ΙΖΑΝΙΑΚΗ ΕΥΑΓΓΕΛΟΥ
ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗΣ ΔΙΑΤΑΞΗΣ ΚΑΙ ΜΕΛΕΤΗ ΡΟΗΣ ΥΓΡΟΥ ΥΜΕΝΑ ΣΕ ΚΑΘΕΤΟ
ΤΟΙΝΩΜΑ
 ΑΔΑΑ: ΣΤΟΣ 2007-2008

Πίνακας 6.3. Αντικειμενολογική λίστα υλικών και εξαρτημάτων.

| Υλικά/Εξαρτήματα | Διαστάσεις/ισχύς | Αριθμός |
|---------------------------|--------------------------------|----------|
| Κοιλοδοκός | 6 m και διατ. 100 x 100 mm | 4 |
| Στηρίγ. Κοιλοδ. | 200 x 50 mm | 8 |
| Μεταλ. Ούπα | Εξ. Περ. φ 20 mm, βίδα 12 M | 16 |
| Dexion (μικρά και μεγάλα) | 460 mm και 1470 mm | 12 και 3 |
| Βίδες Dexion | 12 M μήκους 80 mm | 30 |
| Πλάκα PVC | 1000 x 210 x 3 mm | 1 |
| Βίδες για PVC | φ 8 mm και μήκους 100 mm | 5 |
| Παξιμάδια για PVC | - | 15 |
| Λάμες για PVC | 70 x 40 mm | 5 |
| Υάλος | 1000 x 60 x 10 mm | 2 |
| Βίδες για ύαλο | 8 M μήκους 40 mm | 14 |
| Μεταλλική Σήτα | Καθαριστικό σφαιρίσμα 1 mm | 1 |
| Χονί | φ 24 mm | 1 |
| Κύρια Δεξαμενή. | 20 lit | 1 |
| Σωλήνα PVC με Σύνδεσμο | φ 1 ίντσας και μήκους 1 m | 1 |
| Κόντρα Πλακέ | 580 x 400 x 2 mm | 1 |
| Dexion Σχημ. 'Π' | 400 x 400 mm | 2 |
| Βίδες Dexion Σχημ. 'Π' | 8 M μήκους 100 mm | 4 |
| Χαλκοσωλήνα | φ 3/8 της ίντσας και 3 m μήκ. | 1 |
| Λάστιχο | φ 3/8 της ίντσας και 7 m μήκος | 1 |
| Δευτερεύουσα Δεξ. | 1.45 lit | 1 |
| Σωλήνες PVC | φ 1/2 ίντσας, μήκους 100 mm | 3 |
| Αντλία Γρανάζ. | 3 Hp | 1 |
| Μεταλλικά Ούπα | 8 M και μήκους 100 mm | 3 |
| Ηλεκτροκιν. | 1.5 Hp | 1 |
| Δαχτυλίδι | φ 1 ίντσας | 1 |
| Ελαστικές Φλάντζες | - | 2 |
| Μούφες | φ 1.50 ίντσας | 2 |
| Γωνιακοί Σύνδεσμοι | φ 1 ίντσας και φ 1.50 ίντσας | 2 και 2 |
| Σύνδεσμοι Συστολής | φ 1.50 ίντσας σε φ 1 ίντσας | 2 |
| Μεταλλικοί Σύνδεσμοι | φ 1 ίντσας | 5 |
| Σύνδεσμοι 'ταυ' | φ 1 ίντσας | 3 |
| Λάστιχο | φ 1 ίντσας και μήκους 3 m | 4 |
| Ρακόρ | φ 1 ίντσας | 4 |
| Βάνες Έδρας | φ 1 ίντσας | 3 |
| Βάνες Κρουνού | φ 1 ίντσας | 2 |
| Inverter | 2 Hp | 1 |
| Πλαστικά Ούπα | 6 M | 4 |
| Βίδες | 6 M μήκους 40 mm | 4 |
| Ασφάλεια | 30 A | 1 |
| Καλώδια | Συνεχώς παραινόμενου | 1 και 1 |

**ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ ΤΟΥ ΓΙΑΝΝΙΑΚΗ ΕΥΑΓΓΕΛΟΥ
ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗΣ ΔΙΑΤΑΞΕΩΣ ΚΑΙ ΜΕΛΕΤΗ ΡΟΗΣ ΥΓΡΟΥ ΥΜΕΝΑ ΣΕ ΚΑΘΕΤΟ
ΤΟΙΧΩΜΑ
ΑΚΑΔ. ΕΤΟΣ 2007-2008**

Πίνακας 7.3: Χαρακτηριστικά των Sphéron 001 RP

| Viscosity (cSt) | Viscosity Temperature Coefficient | Specific Gravity | Relative Index | Pour Point (°C) | Flash Point (°C) | Surface Tension (dynes/cm) |
|-----------------|-----------------------------------|------------------|----------------|-----------------|------------------|----------------------------|
| 50 | 0.59 | 0.963 | 1.402 | -70 | +285 | 20.8 |
| 200 | 0.59 | 0.972 | 1.4031 | -65 | +315 | 21 |

Η χρήση των ρευστών αυτών απαντάται στη βιομηχανία καλλυντικών και σιλβώματος επιφανειών αλλά και ως πρόσθετα σε βαφές και εκτυπωτικά μελάνια.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4 – ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΚΑΙ ΣΧΟΛΙΑΣΜΟΣ

4.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ – ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ

Η πειραματική διαδικασία ξεκίνησε εφόσον πραγματοποιήθηκε έλεγχος ως προς την ορθή λειτουργία της αντλίας. Το σύστημα δεν εμφάνιζε διαρροές και η είσοδος του νερού στο κάθετο τοίχωμα από το τμήμα της υπερχειλίσεως στέφθηκε με επιτυχία. Μετά τον τυπικό έλεγχο, το αντλιακό σύστημα καθαρίστηκε κατά το δυνατόν ώστε να εξαιρεθούν ποσότητες νερού και να μην αναμιχθούν με το silica oil. Στην κυρίως δεξαμενή προστέθηκαν 15 lit περίπου silica oil των 50 cSt τα οποία διέτρεχαν το κάθετο τοίχωμα με ανακυκλοφορία. Η παροχή όπως έχει αναφερθεί υπήρξε ελεγχόμενη μέσω των στροφών του invertor και κατ'επέκταση των στροφών της αντλίας. Η μέτρηση της παροχής δεν έγινε με χρήση μανομέτρου αλλά με τη μέθοδο της βαθμονομημένης «κανάτας». Γενικότερα η χρήση μανομέτρων ως καταγραφικά όργανα παροχών σε ρευστά με μεγάλα ιξώδη αποφεύγεται διότι χρειάζονται πολύπλοκοι συντελεστές διορθώσεων για την ανάδειξη των σωστών αποτελεσμάτων. Η χωρητικότητα της κανάτας ήταν 3 lit και χρησιμοποιήθηκε για συλλογή και καταγραφή βάρους και όγκου του ρευστού ώστε να υπολογιστεί η παροχή σε m^3/s . Η καταγραφή του βάρους του ρευστού διαιρεμένο με την πυκνότητα του υπολογίζει την παροχή. Αυτός είναι και ο ενδεδειγμένος τρόπος αλλά για λόγους συντομίας και απειροελάχιστων λαθών, καταγράφηκαν κατευθείαν οι ενδείξεις σε lit στην κανάτα. Ο χρόνος κάθε γεμίσματος κρατήθηκε με χρονόμετρο. Τα αποτελέσματα ήταν σε lit/μετρημένα sec, οπότε απαιτήθηκε η υετοποίησή τους σε m^3/s . Μετά την καταγραφή κάθε μέτρησης το ρευστό επανεισάγονταν στην κυρίως δεξαμενή για να ακολουθήσει η λήψη ψηφιακών στιγμιότυπων.

4.2 ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ

Συνολικά έγιναν τρεις σειρές πειραμάτων εκ των οποίων μόνο οι δύο πρώτες συμπεριλαμβάνουν δεδομένα περί παροχής και πάχος υμένα. Η τρίτη σειρά περιλαμβάνει μόνο φωτογραφίες. Οι μετρήσεις κάθε σειράς χωρίζονται σε κατηγορίες αναλόγως το βήμα συχνότητας που επιλέχθηκε. Ο παρακάτω πίνακας δίνει τις απαιτούμενες πληροφορίες σχετικά με τις καταγραμμένες μετρήσεις.

ΔΙΔΑΣΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ ΤΟΥ ΓΙΑΝΝΙΔΑΚΗ ΕΥΑΓΓΕΛΟΥ
ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗΣ ΔΙΑΤΑΞΕΩΣ ΚΑΙ ΜΕΛΕΤΗ ΡΟΗΣ ΥΓΡΟΥ ΥΜΕΝΑ ΣΕ ΚΑΘΕΤΟ
ΤΟΙΧΩΜΑ
ΑΚΑΔ. ΕΤΟΣ 2007-2008

Πίνακας 1.4. Πίνακας Εύρους Μετρήσεων.

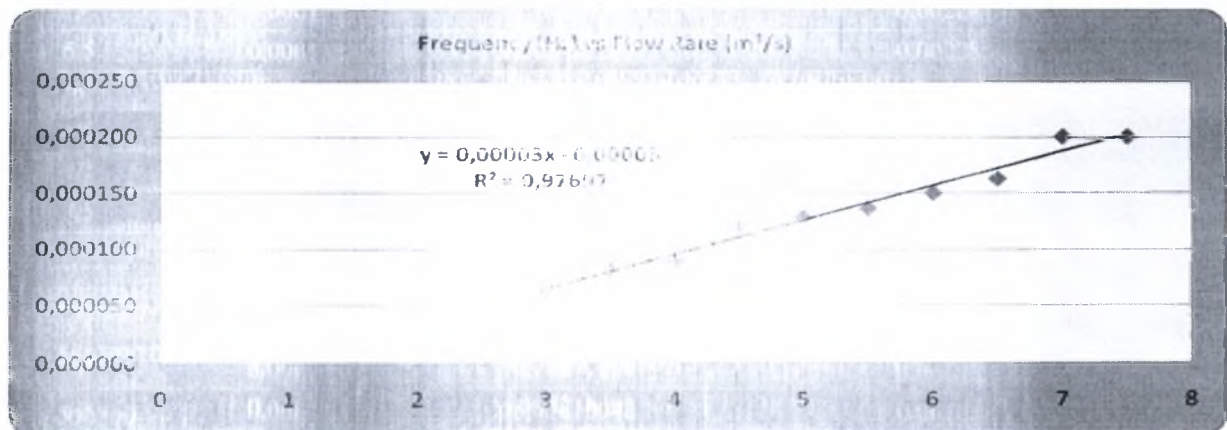
| | Βήμα Μετρ. 0.1 Hz | Βήμα Μετρ. 0.2 Hz | Βήμα Μετρ. 0.5 Hz |
|----------------------|-------------------|-------------------|-------------------|
| Σειρά 1 ^η | 2 έως 4 Hz | 3 έως 5 Hz | 3 έως 7.5 Hz |
| Σειρά 2 ^η | 2 έως 5 Hz | - | 5 έως 10Hz |
| Σειρά 3 ^η | 1.5 έως 2 Hz | - | 2 έως 7 Hz |

Πίνακες αποτελεσμάτων και γραφικές παραστάσεις πρώτης σειράς μετρήσεων.

Πίνακας 2.4. Πίνακας Μετρήσεων 1^{ης} Σειράς με 3 έως 7.5 Hz.

EX-ICA OIL: 50 CS Kinematic viscosity, Measurement Step 0.5 Hz

| Hz | Q (m ³ /s) | Re (Q/v*L) | h _L ((3*Re*v ²)/(9,81*sinφ)) ^{0,33} |
|-----|-----------------------|-------------|---|
| 3 | 0,000064 | 6,095233095 | 0,001780968 |
| 3,5 | 0,000082 | 7,792207792 | 0,001931333 |
| 4 | 0,000090 | 8,571428571 | 0,001993043 |
| 4,5 | 0,000120 | 11,42857143 | 0,002191526 |
| 5 | 0,000129 | 12,24489796 | 0,002241994 |
| 5,5 | 0,000136 | 12,98701299 | 0,002285953 |
| 6 | 0,000150 | 14,28571429 | 0,002358994 |
| 6,5 | 0,000163 | 15,47619048 | 0,002422135 |
| 7 | 0,000200 | 19,04761905 | 0,00259392 |
| 7,5 | 0,000200 | 19,04761905 | 0,00259392 |

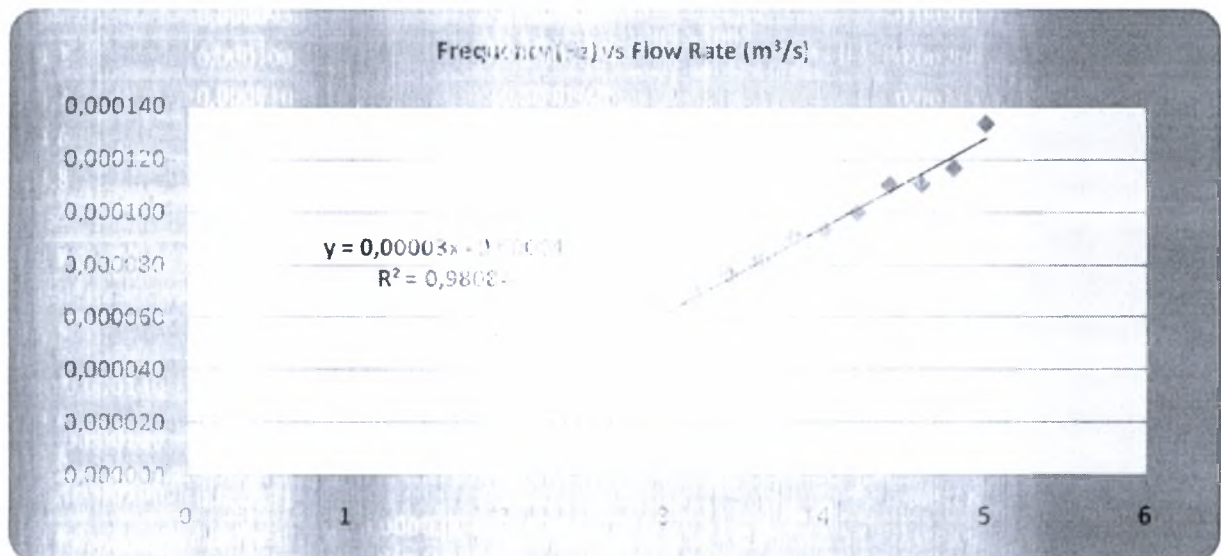


Γράφημα 1.4. Παροχή προς Συχνότητα Ηλεκτροκινητήρα.

ΔΙΔΑΣΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ ΤΟΥ ΓΖΑΝΙΑΚΗ ΕΥΑΓΓΕΛΟΥ
ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗΣ ΔΙΑΤΑΞΕΩΣ ΚΑΙ ΜΕΛΕΤΗ ΡΟΗΣ ΥΓΡΟΥ ΥΜΕΝΑ ΣΕ ΚΑΘΕΤΟ
ΤΟΙΧΩΜΑ
ΑΚΑΔ. ΕΤΟΣ 2007-2008

Πίνακας 3.4. Πίση της Μετρήσεων h_N (mm) vs Q (m³/s) @ 5 Hz

| Hz | Q (m ³ /s) | Re (Q/v*L) | $h_N [(3*Re*v^2)/(9,81*\sin\phi)]^{0,33}$ |
|-----|-----------------------|-------------|---|
| 3 | 0,000059 | 5,627705628 | 0,001734677 |
| 3,2 | 0,000069 | 6,547619048 | 0,001823546 |
| 3,4 | 0,000076 | 7,282913165 | 0,00188873 |
| 3,6 | 0,000082 | 7,84117257 | 0,00193549 |
| 3,8 | 0,000091 | 8,64443197 | 0,002001604 |
| 4 | 0,000093 | 8,8933171 | 0,002017107 |
| 4,2 | 0,000100 | 9,525809524 | 0,002063558 |
| 4,4 | 0,000110 | 10,5090712 | 0,002131694 |
| 4,6 | 0,000111 | 10,54421769 | 0,002134047 |
| 4,8 | 0,000117 | 11,11111111 | 0,002171247 |
| 5 | 0,000133 | 12,5989137 | 0,002269063 |

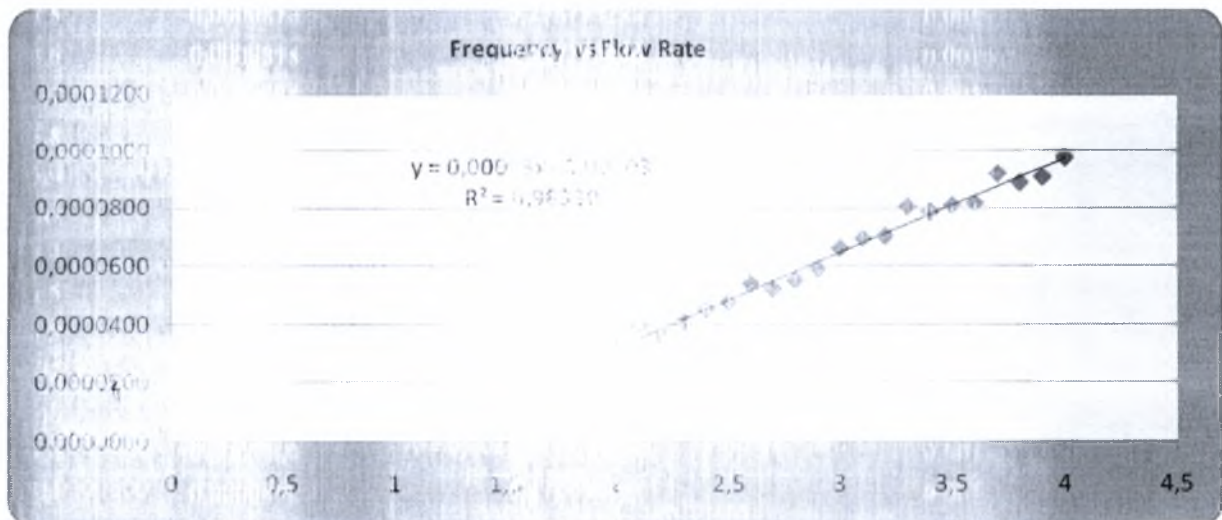


Γράφημα 2.4. Παροχή προς Συχνότητα Ηλεκτροκινητήρα.

ΑΠΛΑΣΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ ΤΩΝ ΤΖΑΝΙΔΑΚΗ ΕΥΑΓΓΕΛΟΥ
ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗΣ ΔΙΑΤΑΞΕΩΣ ΚΑΙ ΜΕΛΕΤΗ ΡΟΗΣ ΥΓΡΟΥ ΥΜΕΝΑ ΣΕ ΚΑΘΕΤΟ
ΤΟΙΧΩΜΑ
ΑΡΧ. ΕΤΟΣ 2007-2008

Πίνακας 3.1. Πίνακας Μετρήσεων $1^{η}$ Σειράς από 2 έως 4 Hz.

| Hz | Q (m ³ /s) | Re (Q/vL) | $h_N ((3*Re*v^2)/(9,81*\sin\phi))^{0,33}$ |
|-----|-----------------------|-------------|---|
| 2 | 0,0000322 | 3,064182125 | 0,001419362 |
| 2,1 | 0,0000395 | 3,761904762 | 0,001518776 |
| 2,2 | 0,0000357 | 3,395445135 | 0,001468267 |
| 2,3 | 0,0000408 | 3,87209493 | 0,001535295 |
| 2,4 | 0,0000452 | 4,38199123 | 0,001588302 |
| 2,5 | 0,0000476 | 4,57199123 | 0,001615416 |
| 2,6 | 0,0000540 | 5,142879143 | 0,001683863 |
| 2,7 | 0,0000521 | 4,96031746 | 0,0016639 |
| 2,8 | 0,0000552 | 5,258799172 | 0,001696297 |
| 2,9 | 0,0000591 | 5,627705628 | 0,001734677 |
| 3 | 0,0000662 | 6,222222222 | 0,001800731 |
| 3,1 | 0,0000696 | 6,57199123 | 0,001830654 |
| 3,2 | 0,0000703 | 6,67199123 | 0,001838344 |
| 3,3 | 0,0000806 | 7,67199123 | 0,001921446 |
| 3,4 | 0,0000788 | 7,50307234 | 0,001907429 |
| 3,5 | 0,0000810 | 7,710174285 | 0,001925094 |
| 3,6 | 0,0000818 | 7,80114846 | 0,001930916 |
| 3,7 | 0,0000921 | 8,79199123 | 0,002008244 |
| 3,8 | 0,0000869 | 8,28199123 | 0,00198489 |
| 3,9 | 0,0000909 | 8,68199123 | 0,001999665 |
| 4 | 0,0000978 | 9,310174285 | 0,002048645 |

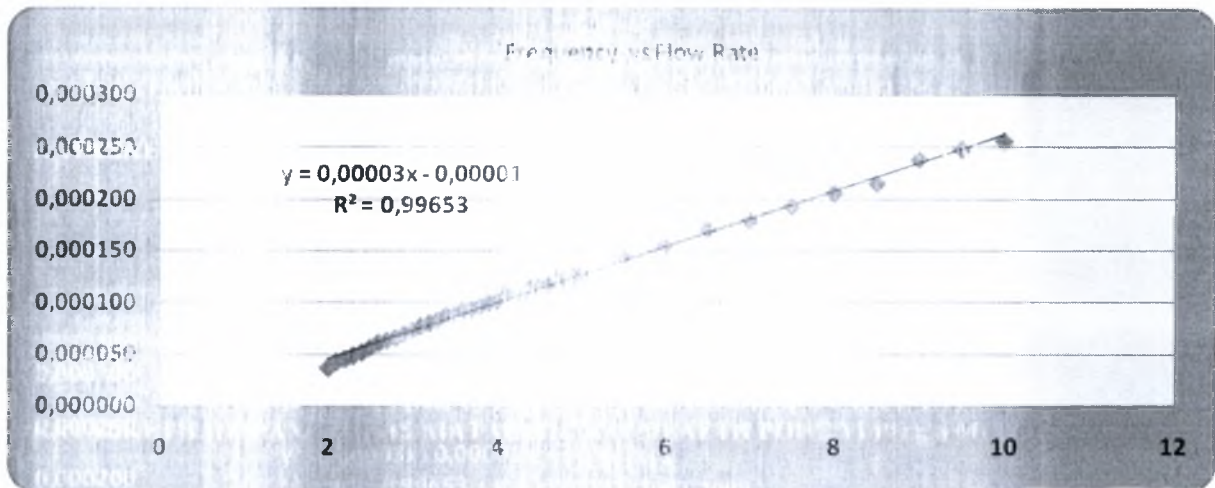


Γράφημα 3.4. Παροχή προς Συχνότητα Ηλεκτροκινητήρα.

ΟΠΙΣΘΟΜΕΤΡΙΚΗ ΕΡΕΥΝΑ ΤΟΥ ΓΕΝΙΑΚΟΥ ΕΥΑΓΓΕΛΟΥ
ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΠΕΤΡΑΜΑΤΙΚΗΣ ΔΙΑΤΑΞΕΩΣ ΚΑΙ ΜΕΛΕΤΗ ΡΟΗΣ ΥΓΡΟΥ ΥΜΕΝΑ ΣΕ ΚΑΘΕΤΟ
ΤΟΙΧΙΜΑ
ΑΚΑΔ. ΕΤΟΣ 2007-2008

Πίνακας 5.4. Πίνακας Μετρήσεων 2° Σειράς με $\theta = 20^{\circ}$ και $\mu = 10^{-4}$ Pa·s

| Hz | Q (m ³ /s) | Re (Q/μ·L) | $h_N ((3^*Re*v^2)/(9,81*\sin\phi))^{0,33}$ |
|-----|-----------------------|--------------|--|
| 2 | 0,000036 | 3,428571429 | 0,001472979 |
| 2,1 | 0,000042 | 4,010523366 | 0,001551243 |
| 2,2 | 0,000045 | 4,282082762 | 0,001585095 |
| 2,3 | 0,000048 | 4,578531111 | 0,001618159 |
| 2,4 | 0,000051 | 4,889795918 | 0,001654743 |
| 2,5 | 0,000056 | 5,294117647 | 0,00170272 |
| 2,6 | 0,000058 | 5,555555556 | 0,001748411 |
| 2,7 | 0,000063 | 5,968253968 | 0,001767636 |
| 2,8 | 0,000065 | 6,203112675 | 0,001791785 |
| 2,9 | 0,000069 | 6,540800000 | 0,00182292 |
| 3 | 0,000072 | 6,86517913 | 0,001854967 |
| 3,1 | 0,000077 | 7,311269738 | 0,001891165 |
| 3,2 | 0,000080 | 7,617384762 | 0,00191493 |
| 3,3 | 0,000082 | 7,872340426 | 0,001936337 |
| 3,4 | 0,000087 | 8,316772152 | 0,001973742 |
| 3,5 | 0,000088 | 8,389795918 | 0,001976668 |
| 3,6 | 0,000092 | 8,783672564 | 0,002009423 |
| 3,7 | 0,000093 | 8,927190596 | 0,00201548 |
| 3,8 | 0,000096 | 9,103217015 | 0,002033029 |
| 3,9 | 0,000099 | 9,419624449 | 0,002056096 |
| 4 | 0,000101 | 9,617384762 | 0,002071087 |
| 4,1 | 0,000107 | 10,16772152 | 0,002109305 |
| 4,2 | 0,000107 | 10,16772152 | 0,002110619 |
| 4,3 | 0,000109 | 10,399795918 | 0,002120233 |
| 4,4 | 0,000113 | 10,721523366 | 0,002150411 |
| 4,5 | 0,000115 | 10,90772152 | 0,00215805 |
| 4,6 | 0,000116 | 11,06772152 | 0,002168374 |
| 4,7 | 0,000121 | 11,57272152 | 0,002198112 |
| 4,8 | 0,000123 | 11,82721523 | 0,002210605 |
| 4,9 | 0,000125 | 12,07272152 | 0,00221974 |
| 5 | 0,000126 | 12,1523366 | 0,002229102 |
| 5,5 | 0,000144 | 13,71772152 | 0,002327604 |
| 6 | 0,000154 | 14,83721523 | 0,002378031 |
| 6,5 | 0,000170 | 16,14515727 | 0,0024572 |
| 7 | 0,000179 | 17,04260452 | 0,002500438 |
| 7,5 | 0,000192 | 18,35004449 | 0,002561271 |
| 8 | 0,000205 | 19,64447368 | 0,002616154 |
| 8,5 | 0,000214 | 20,53191772 | 0,002654371 |
| 9 | 0,000228 | 21,82721523 | 0,002746274 |
| 9,5 | 0,000248 | 23,27215234 | 0,002782933 |
| 10 | 0,000256 | 23,71772152 | 0,002812576 |



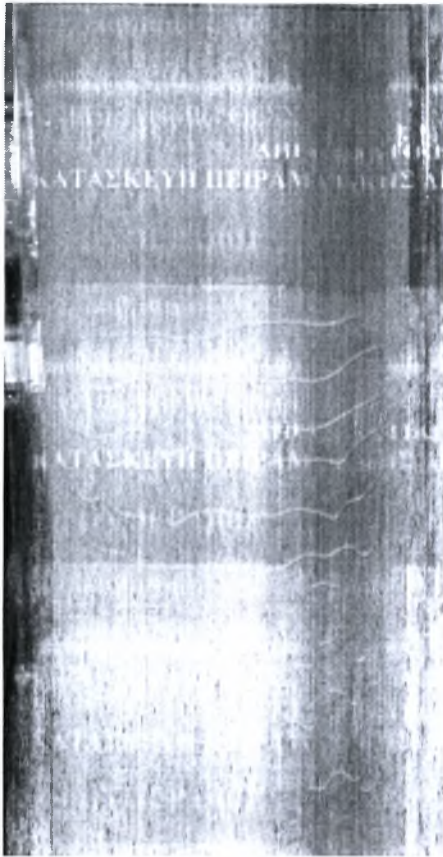
Γράφημα 4.4. Παροχή προς Συχνότητα Ηλεκτροκινητήρα.

Παρατηρείται ότι οι σχέσεις οι οποίες συνδέουν τη συχνότητα με την παροχή και το πάχος του υμένα είναι πλήρως γραμμικές σε όλες τις περιπτώσεις. Κατά αντιστοιχία, το ίδιο παρατηρείται και στις σχέσεις όπου συνδέει τον αριθμό Reynolds με το πάχος υμένα. Διπλασιασμός της συχνότητας δε συνάδει με διπλασιασμό του Reynolds και του πάχους υμένα. Ο διπλασιασμός του πάχους υμένα επιτυγχάνεται όταν η συχνότητα πενταπλασιαστεί ενώ αντιστοίχως ο Reynolds παρουσιάζεται περί 10 φορές μεγαλύτερος (παράρτημα II – αντίστοιχα γραφήματα).

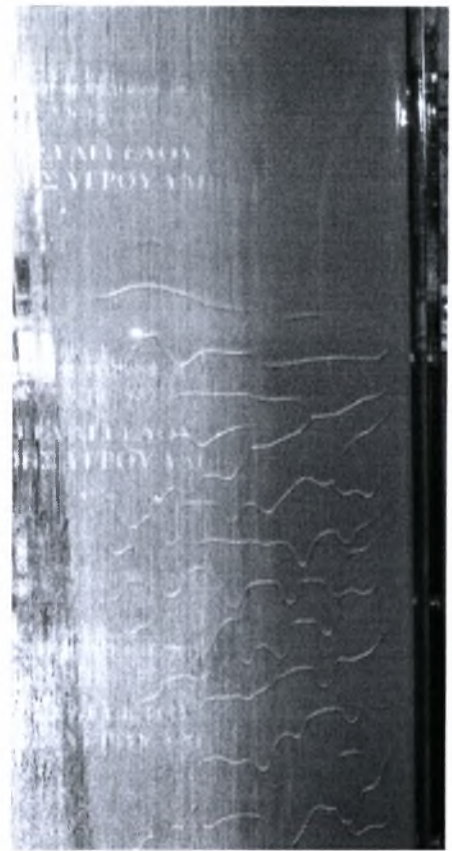
4.3 ΦΩΤΟΓΡΑΦΙΕΣ ΟΛΟΚΛΗΡΟΥ ΟΨΕΩΣ ΣΕΙΡΩΝ 1 ΚΑΙ 2.

Σε αυτήν την παράγραφο παρατίθεται ενδεικτικό φωτογραφικό υλικό της ροής στην κάθετη πλάκα σε διαφόρους αριθμούς Reynolds.

ΔΙΔΑΣΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ ΤΟΥ Γ. ΖΑΝΙΔΑΚΗ ΕΥΑΓΓΕΛΟΥ
 ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΠΕΤΡΑΜΑΤΙΚΗΣ ΔΙΑΤΑΞΕΩΣ ΚΑΙ ΜΕΛΕΤΗ ΡΟΗΣ ΥΓΡΟΥ ΥΜΕΝΑ ΣΕ ΚΑΘΕΤΟ
 ΤΟΙΧΩΜΑ
 ΑΚΑΔ. ΕΤΟΣ 2007-2008



Σχήμα 2.3. Σειρά 1^η. Re = 6.7



Σχήμα 2.4. Σειρά 1^η. Re = 7.787

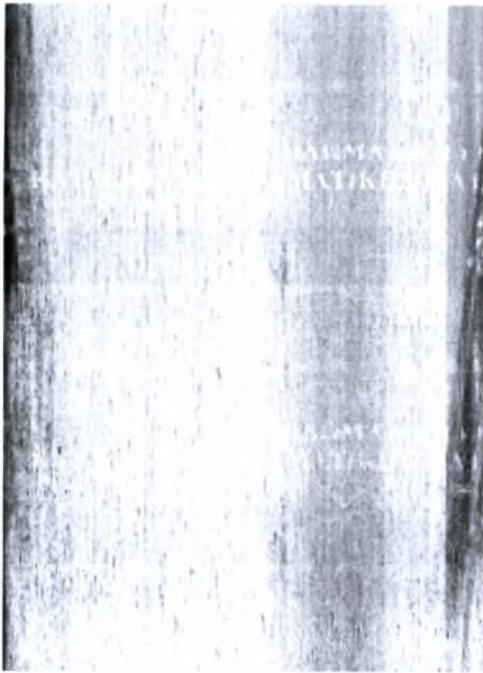


Σχήμα 2.5. Σειρά 1^η. Re = 11.1



Σχήμα 2.6. Σειρά 1^η. Re = 12.698

ΠΡΟΒΛΕΨΗ ΤΗΣ ΠΡΟΣΤΑΣΙΑΣ ΤΟΥ ΙΖΑΝΙΔΑΡΕΙΟΥ ΣΤΡΩΤΟΥ
ΚΑΤΑΣΤΡΟΦΗΣ ΤΗΣ ΜΑΤΙΚΗΣ ΠΡΟΣΤΑΣΙΑΣ ΚΑΙ ΜΕΛΕΤΗ ΡΕΥΣΗΣ ΤΟΥ ΥΜΕΝΑ ΣΕ ΚΑΘΕΤΟ
ΤΟΙΧΩΜΑ
ΑΚΑΔ. ΕΤΟΣ 2007-2008



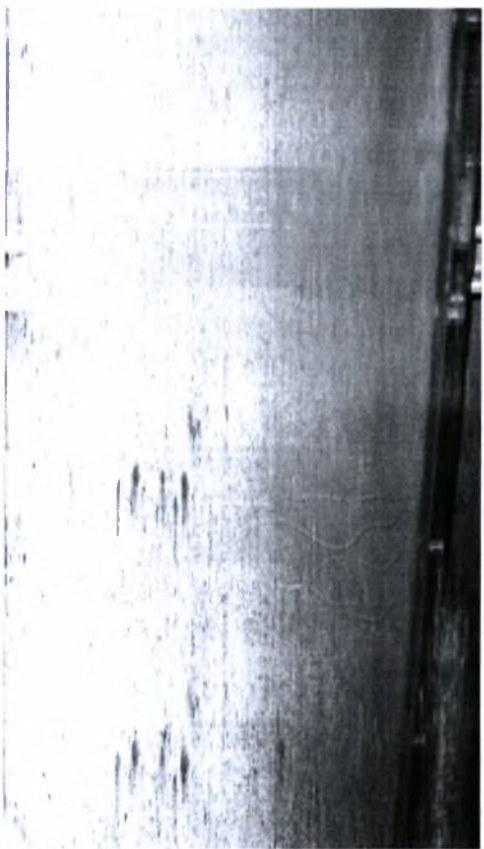
Re = 19.11



Re = 19.546



Re = 22.34



Re = 24.34

Η παρουσία των παραπάνω αποκρίσεων για διάφορους αριθμούς Reynolds εξάγει συμπεράσματα τα οποία συμφωνούν με τις αναλύσεις που έγιναν και Nosoko. Σε μικρούς αριθμούς Reynolds εμφανίζονται τρισδιάστατα κύματα και γίνεται η μετάβαση τους στη ζώνη απόδοσης ελαστικών γωνιατηριστικών (quasi-elastic). Η εξέλιξη σε καθαρά τρισδιάστατες μορφές παρουσιάζεται άκρως άτακτη με αυξανόμενη και πλάτη κυματισμών. Είναι επίσης ενδιαφέρον ότι ο κρίσιμος αριθμός Reynolds κυμαίνεται γύρω από 19 – 25. Εδώ πλέον, δυσκολεύεται κάπως όταν παρατηρείται επσοκός εκτός από τους μικρούς κυματισμούς με πολύ μικρή πλάτη (σχήμα 7.4, 7.4). Σε αυτές τις περιπτώσεις η ζώνη μετάβασης είναι περιορισμένη και αρχίζει πλήρως η ζώνη των τρισδιάστατων κυμάτων.

4.4 ΦΩΤΟΓΡΑΦΙΕΣ ΟΛΟΚΛΗΡΟΥ ΟΨΕΩΣ ΣΕΙΡΑΣ (95)

Σε αυτήν την παράγραφο παρατίθεται φωτογραφικό υλικό το οποίο σχετίζεται με την τρίτη σειρά πειραμάτων. Βάση των παραγόμενων γραφημάτων θεωρήθηκε ότι η εξίσωση η οποία εκφράζει τη σχέση μεταξύ συχνότητας και παροχής (Γράφημα 4.4) δίνεται από τη σχέση:

$$\text{Εξίσωση 4.4 } Y = 0.00003X - 0.0000$$

Η επιλογή της παραπάνω σχέσεως εκφρασης της παροχής με τη συχνότητα στην τρίτη σειρά πειραμάτων βασίζεται στο γεγονός ότι εξείχθη από μεγαλύτερο αριθμό μετρήσεων και επομένως δίνει τη δυνατότητα ασφαλέστερων αποτελεσμάτων.

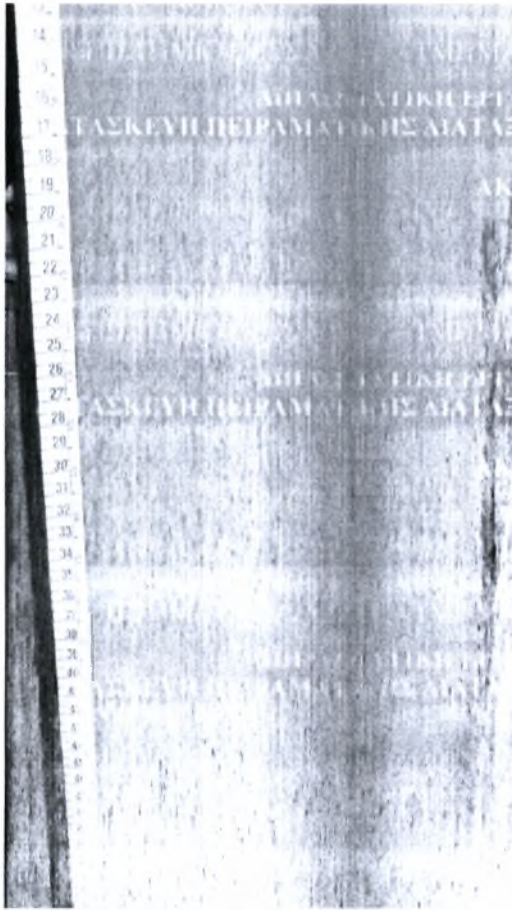
**ΔΙΔΑΣΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ ΤΟΥ ΙΖΑΝΙΔΑΚΗ ΕΥΑΓΓΕΛΟΥ
ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΠΕΡΙΡΑΜΑΤΙΚΗΣ ΔΙΑΤΑΞΕΩΣ ΚΑΙ ΜΕΛΕΤΗ ΤΩΝ ΥΓΡΟΥ ΥΜΕΝΑ ΣΕ ΚΑΘΕΤΟ
ΤΟΙΧΩΜΑ
ΔΚΑΔ. ΕΤΟΣ 2007-2008**

Πίνακας 6.4. Πίνακας Μετρήσεων 2^η Σειράς από 1,5 έως 7 Hz

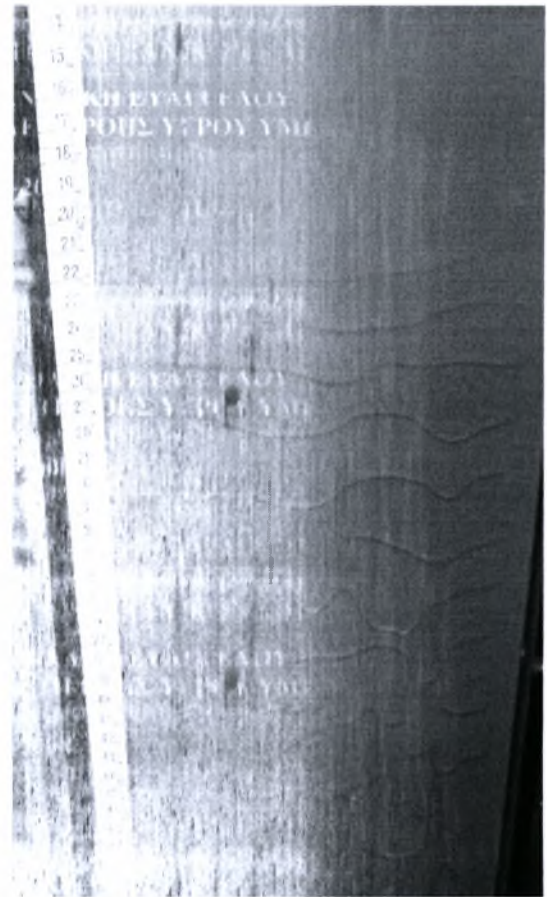
| SILICA OIL 50 CS Kinematic Viscosity | | | |
|--------------------------------------|-----------------------|------------|---|
| Hz | Q (m ³ /s) | Re (Q/v*L) | $\eta_{in} ((3*Re*v^2)/(9,81*\sin\theta))^{0,52}$ |
| 1,5 | 0,000035 | 3,3333333 | 0,001462074 |
| 1,6 | 0,000038 | 3,6190476 | 0,001502296 |
| 1,7 | 0,000041 | 3,9047619 | 0,001540443 |
| 1,8 | 0,000044 | 4,1904762 | 0,001576763 |
| 1,9 | 0,000047 | 4,4761905 | 0,001611459 |
| 2 | 0,00005 | 4,7619048 | 0,001644701 |
| 2,5 | 0,000065 | 6,1904762 | 0,001793446 |
| 3 | 0,00008 | 7,6190476 | 0,001920643 |
| 4 | 0,00011 | 10,47619 | 0,00213347 |
| 4,5 | 0,000125 | 11,904762 | 0,002225396 |
| 5 | 0,00014 | 13,3333333 | 0,002310198 |
| 5,5 | 0,000155 | 14,761905 | 0,002389112 |
| 6 | 0,00017 | 16,190476 | 0,002463061 |
| 7 | 0,0002 | 19,047619 | 0,002598764 |

Θεωρώντας περαιτέρω ότι η παράμετρος X δηλώνει συχνότητα υπολογίστηκαν οι θεωρητικές τιμές των Reynolds, πάχος υμένα και παροχής. Οι θεωρητικές τιμές, πρέπει να λεχθεί ότι προσεγγιστικά είναι αληθές εφόσον το περιθώριο λάθους δεν πλησιάζει το 3%. Εν συνεχεία παρουσιάζονται σχήματα μικρών αριθμών Reynolds με αρκετά παράδοξα ευρήματα.

ΔΙΔΑΣΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ ΤΟΥ Γ.ΖΑΝΙΔΑΚΗ ΕΥΑΓΓΕΛΟΥ
ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗΣ ΔΙΑΤΑΞΕΩΣ ΚΑΙ ΜΕΛΕΤΗ ΡΟΗΣ ΥΓΡΟΥ ΥΜΕΝΑ ΣΕ ΚΑΘΕΤΟ
ΤΟΙΧΩΜΑ
ΑΚΑΔ. ΕΤΟΣ 2007-2008



Re = 3.37



Re = 3.61, Στιβά 3^η, Re = 3.61

ΔΗΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ ΤΟΥ ΓΙΑΝΝΑΚΗ ΕΥΑΓΓΕΛΟΥ
 ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΠΕΡΙΦΡΑΜΜΑΤΙΚΗΣ ΔΙΑΤΑΞΕΩΣ ΚΑΙ ΜΕΛΕΤΗ ΡΟΗΣ ΥΓΡΟΥ ΥΜΕΝΑ ΣΕ ΚΑΘΕΤΟ
 ΤΟΙΧΩΜΑ
 ΑΡΧΑΔ. ΕΤΟΣ 2007-2008



Fig. 1. $u = 2.4$, $Sc_{eff} = 3^{\eta}$, $Re = 2.4$

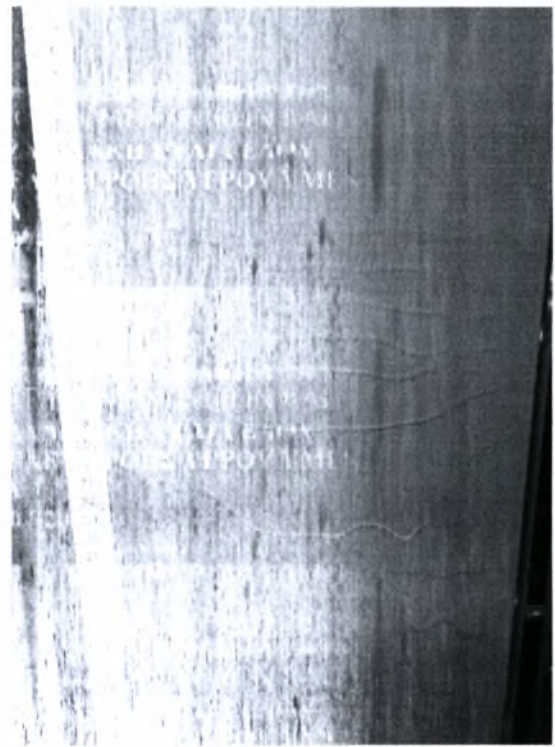


Fig. 2. $u = 2.4$, $Sc_{eff} = 3^{\eta}$, $Re = 4.47$



Fig. 3. $u = 2.4$, $Sc_{eff} = 3^{\eta}$, $Re = 13.33$



Fig. 4. $u = 2.4$, $Sc_{eff} = 3^{\eta}$, $Re = 13.33$

Η ταχύτητα της μεξούρης ποικίλλει την διαστάση και τη φάση αρχής των ορατών κυμάτων. Τα κύματα αυτά είναι από 15 έως 20 μm και περιλαμβάνει της πλάκας κατά 5 σε εκατοστά. Προκύπτουν από τις ανδύξεις των αλμάτων. Το παράδοξο είναι ότι ροές με μικρό Reynolds αναμιγνύουν κομμάτιας γρηγορότερα από ροές με μεγάλο Reynolds, ενώ η καταγραφή των κομμάτιων κυμάτων παρατηρείται σε μεγαλύτερο διάστημα. Επίσης η ζώνη μετάβασης παρατηρείται αρκετά διασπασμένη σε μικρότερες παύσεις. Η μετάβαση στην τρισδιάστατη μορφή εμφανώς επιταχύνεται μέσω της επιβολής μικρού πλάτους με πεταλοειδή σχηματισμό (Liu, 1994, 1995). Έτσι στο σχήμα της εικόνας φαίνεται φαινόμενο συνένωσης γειτνιαζόμενων κομμάτιων. Εάν δεν δικαιοδοτηθεί σε κάποια μορφή ανωμαλίας τη στιγμή αυτή, τότε πρέπει να διακρινηθεί περαιτέρω το ύψος των ορατών τριχοειδών κυμάτων σε ρευστά με μικρό αριθμό.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ Σ

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Στα πλαίσια της διπλωματικής κατασκευάστηκε εξ' ολοκλήρου η πειραματική διάταξη ροής υγρού υμένα σε κάθετο επίπεδο. Σκοπός της διπλωματικής εργασίας ήταν η απόπειρα καταγραφής και μελέτης στάσιμων κυμάτων σε κάθετο τοίχωμα, η οποία έδειξε ότι υπάρχει ένας κρίσιμος αριθμός Reynolds όπου η ροή παύει να χαρακτηρίζεται από στάσιμα κύματα μεγάλου μήκους και η μετάβαση της σε τρισδιάστατες δομές γίνεται με χαοτικό τρόπο.

Για την μελέτη των φαινομένων που διέπουν τη ροή υγρού υμένα σε κάθετο τοίχωμα απαιτείται η χρησιμοποίηση ενός ρευστού με υψηλό ιξώδες για την αποφυγή των έντονα τρισδιάστατων δομών. Περαιτέρω μελέτη των ροών με εισαγωγή συστήματος τεχνητών διεγέρσεων (ηλεκτροβάνες) και σύστημα καταγραφής σίγουρα θα βελτιώνει τα αποτελέσματα. Χρήσιμη θα ήταν επίσης η σύγκριση των αποτελεσμάτων με προγράμματα προσομοίωσης όπως για παράδειγμα, τα αποτελέσματα των Park και Nosoko αναλύθηκαν από τους B. Scheid, C. Ruyet-Quil & P. Manneville με τοντελοποίηση της δομής των κυματισμών. Από κατασκευαστικής απόψεως, σίγουρα απαιτείται η τοποθέτηση μεγαλύτερης δευτερεύουσας δεξαμενής ώστε η εισόδος του ρευστού σε αυτήν να είναι ομαλότερη και χωρίς τη δημιουργία τοπικών δινών. Αντιστοίχως, ο έλεγχος του ρευστού στο τμήμα υπερχειλίσης/τοίχωμα ίσως απαιτεί κλειστού τύπου δεξαμενή (Park – Nosoko, Karabelas – Paras – Drosos) ή την απόξεση υλικού του τοιχώματος στο εν λόγω τμήμα για τη δημιουργία κροτής επιφανείας εισόδου.

Τέλος αξ σημειωθεί ότι δεν παραγματοποιήθηκαν πειράματα με silica oil των 200 cSt αλλά ως πρόβλεψη μπορεί να ειπωθεί ότι η εμφάνιση τρισδιάστατων δομών θα γίνεται σε μεγαλύτερο μήκος από το σημείο υπερχειλίσης (200 – 305 mm), το τμήμα ημισταθερότητας (quasi-stationery) θα διαρκεί περισσότερο ενώ το τμήμα των τρισδιάστατων δομών θα είναι αισθητά περιορισμένο.

- [1] www.wikipedia.com
- [2] www.dvnlab.com
- [3] The Chemical Engineers' Resource Page, www.cheresources.com, Centrifugal Pumps: Basic Concepts of Operation, Maintenance and Troubleshooting (Part-I)
- [4] MECHANICAL ENGINEER'S DATA HANDBOOK. Author: James Carvill. Publishing Company: Butterworth-Heinemann. Year: 1999
- [5] Pumps – Centrifugal vs. Positive Displacement, www.pdhenlineer.com, Instructor: Edward P. Brunet, Jr., PE.
- [6] ΜΗΧΑΝΙΚΕΣ ΦΥΣΙΚΕΣ ΔΙΕΡΓΑΣΙΕΣ. Συγγραφέας: Ελευθέριος Γ. Καστρινάκης-Επίκουρος Καθηγητής Α.Π.Θ. Εκδόσεις Τζιόλα. Έτος: 1999
- [7] Εγχειρίδιο γβαναζωτών συστημάτων OMCP F. Ili GILARDONI S.L.R.
- [8] www.valiadis.gr
- [9] www.bascchem.co.uk
- [10] ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗΣ ΔΙΑΤΑΞΗΣ ΓΙΑ ΤΗ ΜΕΛΕΤΗ ΡΟΗΣ ΥΓΡΟΥ ΥΜΕΝΑ ΣΕ ΕΠΙΠΕΔΟ ΤΟΙΧΩΜΑ ΜΕ ΤΗ ΒΟΗΘΕΙΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΨΗΦΙΑΚΗΣ ΑΠΕΙΚΟΝΙΣΗΣ, ΣΤΑΘΑΣ ΠΑΝΑΓΙΩΤΗΣ, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας, Τμήμα Μηχανολόγων Μηχανικών Βιομηχανίας, 2007.
- [11] ΠΡΩΤΑ ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΑ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΣΤΟ ΝΕΟ ΚΑΝΑΛΙ ΡΟΗΣ ΠΙΠΤΟΝΤΟΣ ΥΜΕΝΑ, ΤΡΙΑΝΤΑΦΥΛΛΟΥ ΟΡΦΕΑ, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας, Τμήμα Μηχανολόγων Μηχανικών Βιομηχανίας, 2007.
- [12] Chemical Engineering Science. Vol. 53. No. 20, pp. 3501-3512, 1998
1998 Elsevier Science Ltd. An experimental study of freely falling films in a vertical tube, G. Karimi and M. Kawaji, Department of Chemical Engineering and applied Chemistry, University of Toronto, 200 College St., Toronto, Ontario M5S 3E5, Canada.
- [13] Characteristics of developing free falling films at intermediate Reynolds and high Kapitza numbers, International Journal of Multiphase Flow 30 (2004) 853–876, E.I.P. Drosos, S.V. Paras, A.J. Karabelas,
- [14] Wave Formation on a Vertical Falling Liquid Film. AIChE Journal (Vol. 31, No. 9), 1985, S. V. ALEKSEENKO, V. Ye. NAKORYAKOV and G. G. POKUSAEV, Institute of Thermophysics, Siberian Branch, USSR Academy of Sciences, Novosibirsk-90, 630090, U.S.S.R.

FURTHER READING

Wave patterns in thin film flows B. Scheid, C. Ruyer-Quil & P. Manneville Chimie-Physique E.P, Université Libre de Bruxelles C.P. 165/62, Avenue F.D. Roosevelt, 50 - 1050 Bruxelles Laboratoire FAST, Université Paris-Sud – UMR CNRS 7608, Campus universitaire, 91405 Orsay, France LadHyX – UMR CNRS 7646, École polytechnique, 91128 Palaiseau, France bscheid@ulb.ac.be, ruyer@fast.u-psud.fr, paul.manneville@ladhyx.polytechnique.fr

J. Fluid Mech. (2001), vol. 435, pp. 191-215. Printed in the United Kingdom © 2001 Cambridge University Press, **Observations of solitary wave dynamics of film flows**,
By M. VLACHOGIANNIS AND V. BONTOZOGLOU
Department of Mechanical and Industrial Engineering, University of Thessaly,
GR-38334 Volos, Greece

PHYSICS OF FLUIDS, VOLUME 14, NUMBER 3. MARCH 2002. **Solitary waves on inclined films: Flow structure and binary interactions**. N. A. Malamataris, M. Vlachogiannis, and V. Bontozoglou.
Department of Mechanical and Industrial Engineering, University of Thessaly, GR-38334 Volos, Greece.

J. Tihon, K. Serifi, K. Argyriadi, V. Bontozoglou. **Solitary wave Films: their characteristics and the effects on wall shear stress**. 30 May 2006, © Springer – Verlag 2006.

M. Βλαχογιάννης 2001 Διδακτορική Διατριβή, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας, Τμήμα Μηχανολόγων Μηχανικών και Βιομηχανίας. Πειραματική μελέτη της ροής υγρού υμένα πάνω σε επίπεδο και σε κυματοειδές τοίχωμα

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Ι

| English | |
|--|---|
| P0010 1 = Quick Commissioning | Start Quick Commissioning P0010 must always be set back to '0' before operating the motor. However if P3900 = 1 is set after commissioning this is done automatically |
| P0100 0 = kW / 50 Hz 1 = hp / 60 Hz 2 = kW / 60 Hz | Operation for Europe / N. America For setting 0 and 1 use DIP Switch 2. For setting 2 use P0100 |
| P0304 10 V - 2000 V | Rated Motor Voltage Nominal motor voltage (V) from rating plate |
| P0305 0... 2 * I _{nom} | Rated Motor Current Nominal motor current (A) from rating plate |
| P0307 0 kW - 2000 kW | Rated Motor Power Nominal motor power (kW) from rating plate. If P0100 = 1, values will be in hp |
| P0310 12 Hz - 650 Hz | Rated Motor Frequency Nominal motor frequency (Hz) from rating plate |

| English | |
|---------------------------------|--|
| P0311 0 - 40000 1/min | Rated Motor Speed Nominal motor speed (rpm) from rating plate |
| P0700 | Selection of Command Source (on / off / reverse) 1 = BOP 2 = Terminal / Digital Inputs (default) |
| P1000 | Selection of Frequency Setpoint 1 = BOP 2 = Analogue Setpoint (default) |
| P1080 | Min. Motor Frequency Sets minimum motor frequency (0 - 650 Hz) at which the motor will run irrespective of the frequency setpoint. The value set here is valid for both clockwise and anti-clockwise rotation |
| P1082 | Max. Motor Frequency Sets maximum motor frequency (0 - 650 Hz) at which the motor will run at irrespective of the frequency setpoint. The value set here is valid for both clockwise and anti-clockwise rotation. <i>If the maximum frequency set in P1082 is greater than the default frequency, then the same value must be set in P2000.</i> |

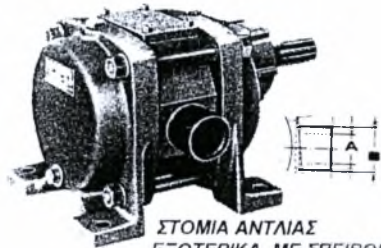
| English | |
|---------------------------|---|
| P1120 0 - 650 s | Ramp-Up Time Time taken for the motor to accelerate from standstill up to maximum motor frequency |
| P1121 0 - 650 s | Ramp-Down Time Time taken for motor to decelerate from maximum motor frequency down to standstill |
| P3900 | End Quick Commissioning 0 = End Quick Commissioning without motor calculation or factory reset. 1 = End Quick Commissioning with motor calculation and factory reset (Recommended). 2 = End Quick Commissioning with motor calculation and with I/O reset. 3 = End Quick Commissioning with motor calculation but without I/O reset. |



OMCP ITALIA S.p.A.
F.lli GILARDONI S.r.l.

ΓΡΑΝΑΖΩΤΕΣ ΑΝΤΛΙΕΣ Εξωτερικών γραναζιών

ΝΕΟΣ ΤΥΠΟΣ 2006 AX
ΑΝΕΥ ΧΙΤΟΝΙΩΝ ΨΥΞΗΣ-ΓΕΡΜΑΝΣΗΣ



Οι γραναζωτές αντλίες σειράς V του εργοστασίου O.M.C.P. επιτυγχάνουν την μέγιστη ογκομετρική απόδοση, γιατί οι οδοντωτοί τους τροχοί έχουν υποστεί ειδικές καταργασίες λείανσης, που τους προσδίδουν κατασκευαστικές ανοχές απόλυτης ακρίβειας και μειώνουν τον θόρυβο λειτουργίας στο χαμηλότερο δυνατό επίπεδο.

Ένα ιδιαίτερο πλεονέκτημα των αντλιών αυτών είναι η δυνατότητα αλλαγής φοράς περιστροφής τους, ώστε να είναι η ιδανική επιλογή σε κυκλώματα εκκένωσης-πλήρωσης. Εξάλλου, η εξαιρετικά ομαλή κίνηση των τροχών προστατεύει τα ευαίσθητα υγρά από βίαιη ανάδευση, που ενδεχόμενα θα επηρέαζε τις φυσικές τους ιδιότητες.

Οι γραναζωτές αντλίες σειράς V-O.M.C.P., όπως όλες οι αντλίες θετικής μετατόπισης :

- ✗ Είναι αυτόματης αναρρόφησης.
- ✗ Η παροχή τους είναι ανάλογη της ταχύτητας περιστροφής.
- ✗ Η αναπνευσόμενη πίεση είναι ανεξάρτητη της ταχύτητας περιστροφής.

ΧΥΤΟΣΙΔΗΡΑ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ.

- Σώμα-καλύμματα-θαλάμοι από λεπτόκοκο φαιό χυτοσίδηρο.
- Γρανάζια και άξονας από ειδικό ανθρακούχο χάλυβα.
- Εδρανα ολίσθησης από αυτολιπανόμενο ορείχαλκο.
- Στεγανοποίηση άξονα με ειδική ολιφατούχο σαλαμάστρα ή με μηχανικό στυπαιοθλίπτη extra -

| ΤΥΠΟΣ | A | B |
|-------|----|----------|
| V 15 | 5 | 3/4" G |
| V 29 | 20 | 1" G |
| V 52 | 25 | 1 1/4" G |
| V 92 | 32 | 1 1/2" G |
| V 138 | 40 | 2" G |
| V 230 | 50 | 2 1/2" G |
| V 345 | 65 | 3" G |
| V 460 | 80 | 3 1/2" G |

ΑΝΟΞΕΙΔΩΤΗ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ.

- Σώμα-καλύμματα από ανοξείδωτο χάλυβα C.F.8.M.
- Θαλάμοι από λεπτόκοκο φαιό χυτοσίδηρο.
- Γρανάζια και άξονας από ανοξείδωτο χάλυβα 316.
- Εδρανα ολίσθησης από ανθρακούχο υλικό.
- Στεγανοποίηση άξονα με ειδική ολιφατούχο σαλαμάστρα ή extra - με μηχανικό στυπαιοθλίπτη.

| ΤΥΠΟΣ | ΣΤΟΜΙΑ in | rpm | | 1 BAR | | 5 BAR | | 10 BAR | | 15 BAR | | 20 BAR | |
|-------|--------------|--------|-------|--------|-------|--------|-------|--------|-------|--------|-------|--------|----|
| | | l/hour | kw | l/hour | kw | l/hour | kw | l/hour | kw | l/hour | kw | l/hour | kw |
| V 15 | 3/4 | 1450 | 1300 | 0.18 | 1280 | 0.35 | 1230 | 0.67 | 1170 | 0.96 | 1060 | 1.18 | |
| V 29 | 1 | 1450 | 2500 | 0.31 | 2450 | 0.67 | 2370 | 1.29 | 2240 | 1.84 | 2040 | 2.21 | |
| V 52 | 1 1/4 | 1450 | 4500 | 0.52 | 4430 | 1.22 | 4260 | 2.32 | 4040 | 3.32 | 3680 | 4.02 | |
| V 92 | 1 1/2 | 1450 | 8000 | 0.86 | 7870 | 2.14 | 7580 | 4.13 | 7180 | 5.89 | 6550 | 7.14 | |
| V 138 | 2 | 1450 | 12000 | 1.18 | 11800 | 3.24 | 11360 | 6.19 | 10780 | 8.84 | 9830 | 10.71 | |
| V 230 | 2 1/2 | 1450 | 20000 | 1.84 | 19680 | 5.38 | 18940 | 10.30 | 17960 | 14.72 | 16380 | 17.85 | |
| V 345 | 3 | 1450 | 30000 | 2.58 | 29500 | 8.02 | 28400 | 15.46 | 26940 | 22.10 | 24570 | 26.81 | |
| V 460 | 3 1/2 | 1420 | 40000 | 3.24 | 39400 | 10.75 | 37880 | 20.60 | 35920 | 29.44 | 32760 | 35.71 | |

| ΤΥΠΟΣ | rpm | 1 BAR | | 5 BAR | | 10 BAR | | KG |
|-------|-----|--------|------|--------|------|--------|------|-----|
| | | l/hour | kw | l/hour | kw | l/hour | kw | |
| V 15 | 960 | 860 | 0.12 | 850 | 0.22 | 815 | 0.45 | 7 |
| V 29 | 960 | 1650 | 0.23 | 1620 | 0.45 | 1570 | 0.85 | 10 |
| V 52 | 960 | 3000 | 0.34 | 2930 | 0.81 | 2820 | 1.55 | 16 |
| V 92 | 960 | 5300 | 0.56 | 5210 | 1.40 | 5020 | 2.73 | 26 |
| V 138 | 960 | 8000 | 0.79 | 7815 | 2.14 | 7520 | 4.13 | 45 |
| V 230 | 960 | 13250 | 1.26 | 13000 | 3.57 | 12540 | 6.85 | 64 |
| V 345 | 960 | 19900 | 1.69 | 19530 | 5.30 | 18800 | 10.3 | 83 |
| V 460 | 960 | 26500 | 2.14 | 26090 | 7.14 | 25080 | 13.7 | 103 |

Τα δεδομένα αναφέρονται σε υγρά με ιξώδες 80 cSt, ειδικό βάρος 1, θερμοκρασία 20°C, και βαρομετρική πίεση 20 mbar.

| ΟΡΙΑ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ | ΧΥΤΟΣΙΔΗΡΑ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ | ΑΝΟΞΕΙΔΩΤΗ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ |
|------------------|----------------------|----------------------|
| Πίεση | έως 20 bar. | έως 10 bar. |
| R.P.M | έως 1750 | έως 1150 |
| Ιξώδες | 77-31000 cSt | 77-31000 cSt |
| Θερμοκρασία | -10°C έως +170°C | -10°C έως +170°C |

Οι αντλίες V15, V29, V52 είναι διαθέσιμες και με ενσωματωμένο κινητήρα (σειρά VM), για μέγιστη πίεση λειτουργίας 5 bar.
Οι αντλίες της σειράς VM διαθέτουν σαν στήνα μηχανικό στυπαιοθλίπτη.

Οι αντλίες της σειράς V διατίθενται και με ενσωματωμένο ασφαλιστικό για μέγιστη πίεση λειτουργίας έως 10 bar.

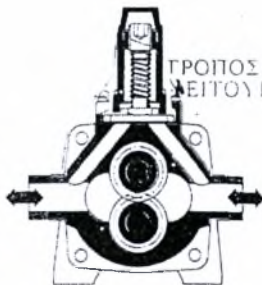
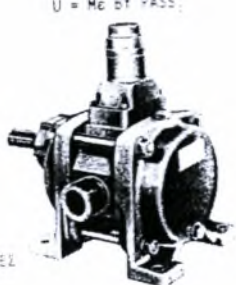
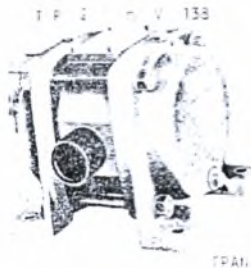
Όλες οι αντλίες της σειράς V παραδίδονται και σαν πλήρη αντλητικά συγκροτήματα με ηλεκτρικούς κινητήρες 220,380,440V

U = Mc BY PASS.

Κατά την εγκατάσταση, αυξήστε την παραδύναμη 15 ως 20 %

Οι γραναζωτές αντλίες OMCP χρησιμοποιούνται ευρύτατα για την διακίνηση υγρών θερμών ή ψυχρών, χαμηλού ή υψηλού ιξώδους, υπο την προϋπόθεση ότι δεν περιέχουν στερεά σωματίδια και ότι έχουν κάποια λιπαντική ικανότητα.

Οι αντλίες διαθέτουν θαλάμους θέρμανσης-ψύξης για διακίνηση είτε πολύ θερμών υγρών, είτε ψυχρών που πρέπει να παραμείνουν λεπτόευστα (γλυκόζη, σοκολάτα, λίπη, κερι, εστέρες, κλπ)



ΜΑΝΟΜΕΤΡΙΚΟ ΑΝΤΛΙΑΣ

| ΔΕΔΟΜΕΝΑ | ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΙ | | | | ΠΙΛΑΚΕΣ | ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΙ |
|-------------------------------|-----------------------------------|---------------------------------|--------------------|--------------------|--------------------------|---|
| | Μήκος (m) | Πλήθος (n) | $D_{external}$ (m) | $D_{internal}$ (m) | Ολικό Μήκ. (m) | L/D |
| Λάστιχα | 3 | 4 | 0.0254 | 0.025 | 12 | 480 |
| | Μήκος (m) | Πλήθος (n) | $D_{external}$ (m) | $D_{internal}$ (m) | L/D | |
| Σωλήνα PVC | 1.5 | 1 | 0.0254 | 0.02 | 75 | |
| | Ανοίγμα | Πλήθος (n) | L/D | κ | n ³ κ | |
| Βάνα Έδρας | 100% | 3 | 330 | 0.13 | 0.39 | |
| | Ανοίγμα | Πλήθος | L/D | κ | n ³ κ | |
| Βάνα Κρουινός | 100% | 2 | 100 | 0.2 | 0.4 | |
| | Πλήθος | L/D | κ | n ³ κ | | |
| Συνήθεις Γων.Σύνδεσμοι | 4 | 32 | 0.74 | | 2.96 | |
| | Πλήθος | L/D | κ | n ³ κ | | |
| Σύνδεσμοι Βαθ. Συσ. | 2 | 1.25 | 0.1 | | 0.2 | |
| | Πλήθος | L/D | κ | n ³ κ | | |
| Σύνδεσμοι Τύπου Ταυ | 3 | 46 | 1 | | 3 | |
| | D_{tank} | $D_{tank}/D_{internal}$ | κ | | | |
| Κύρια Δεξαμενή | 0.4 | 16 | 16>3 | 0.44 | Απότομη Συστολή | |
| | D_{tank} | $D_{internal}/2 \cdot D_{tank}$ | Πλήθος | κ | | |
| Δευτερ. Δεξαμενή | 0.2 | 0.0025 | 3 | 2.9999625 | Απότομη Διαστολή | |
| | Q_{max} m ³ /h | Q_{max} m ³ /s | κ | u m/s | | |
| Αντλία | 1125 | - | - | 0.0003125 | 0.636942675 | |
| | $Re = u \cdot D \cdot \rho / \mu$ | Ανοίγματα Σωλήνα | f_D | $(L/D)_{total}$ | $(u^2/2g)$ | $h_{fc} = f_D \cdot (L/D) \cdot (u^2/2g)$ (m) |
| NEPO | 18923.56688 | Λαία | 0.027 | 555 | 0.020677674 | 0.309854951 |
| | | | | k_{total} | $(u^2/2g)$ | $h_r = k \cdot (u^2/2g)$ |
| | | | | 10.3899625 | 0.020677674 | 0.214840261 |
| | | | | | $H_{tot} = h_{fc} + h_r$ | 0.524695212 |

Αν θεωρήσουμε ατμοσφαιρικές πιέσεις, μηδενικές ταχύτητες, z2=1,5 και z1=0,2 τότε από εξίσωση ενέργειας προκύπτει ότι Δh=

1.000000000

| | $Re = u \cdot D \cdot \rho / \mu$ | Ανοίγματα Σωλήνα | f_D | $(L/D)_{total}$ | $(u^2/2g)$ | $h_{fc} = f_D \cdot (L/D) \cdot (u^2/2g)$ (m) |
|--------------------------|-----------------------------------|------------------|-------|-------------------|--------------------------|---|
| SILICA OIL 50 cSt | 316.4713376 | Λαία | 0.3 | 565 | 0.020677674 | 3.442832785 |
| | | | | k_{total} | $(u^2/2g)$ | $h_r = k \cdot (u^2/2g)$ |
| | | | | 10.3899625 | 0.020677674 | 0.214840261 |
| | | | | | $H_{tot} = h_{fc} + h_r$ | 3.657673047 |

Αν θεωρήσουμε ατμοσφαιρικές πιέσεις, μηδενικές ταχύτητες, z2=1,5 και z1=0,2 τότε από εξίσωση ενέργειας προκύπτει ότι Δh=

4.957673047

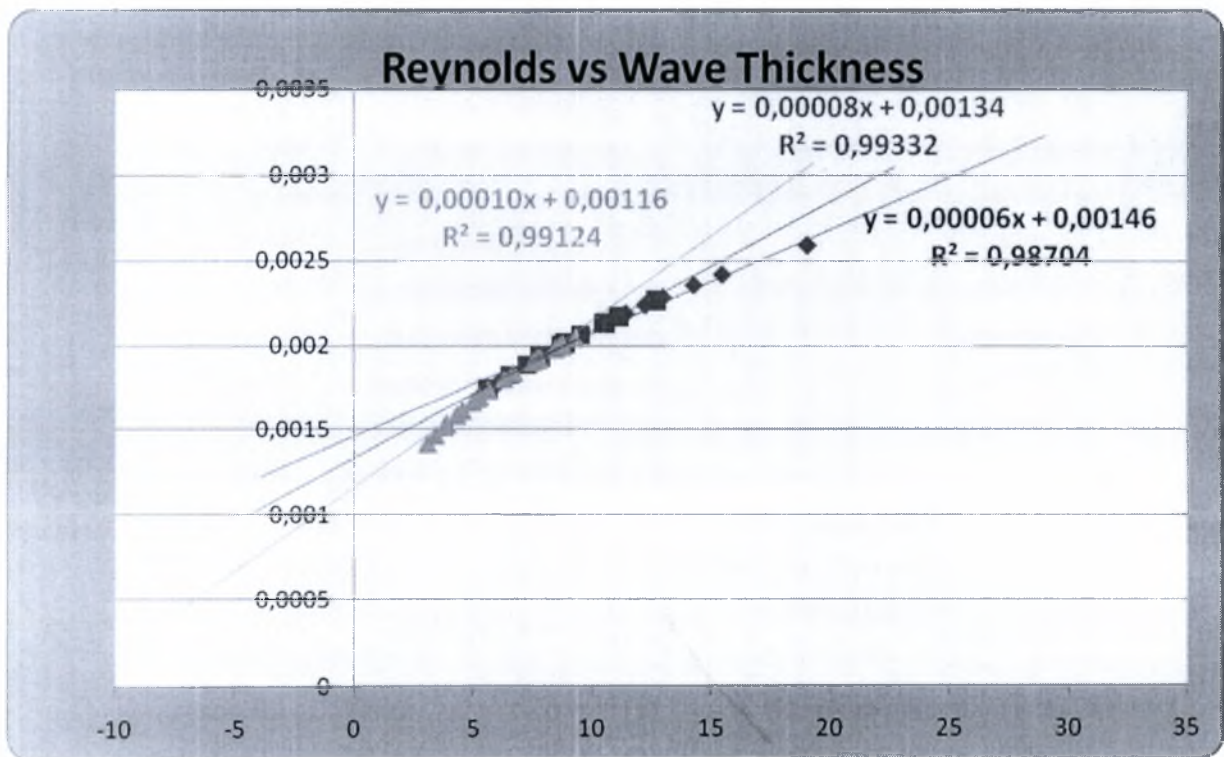
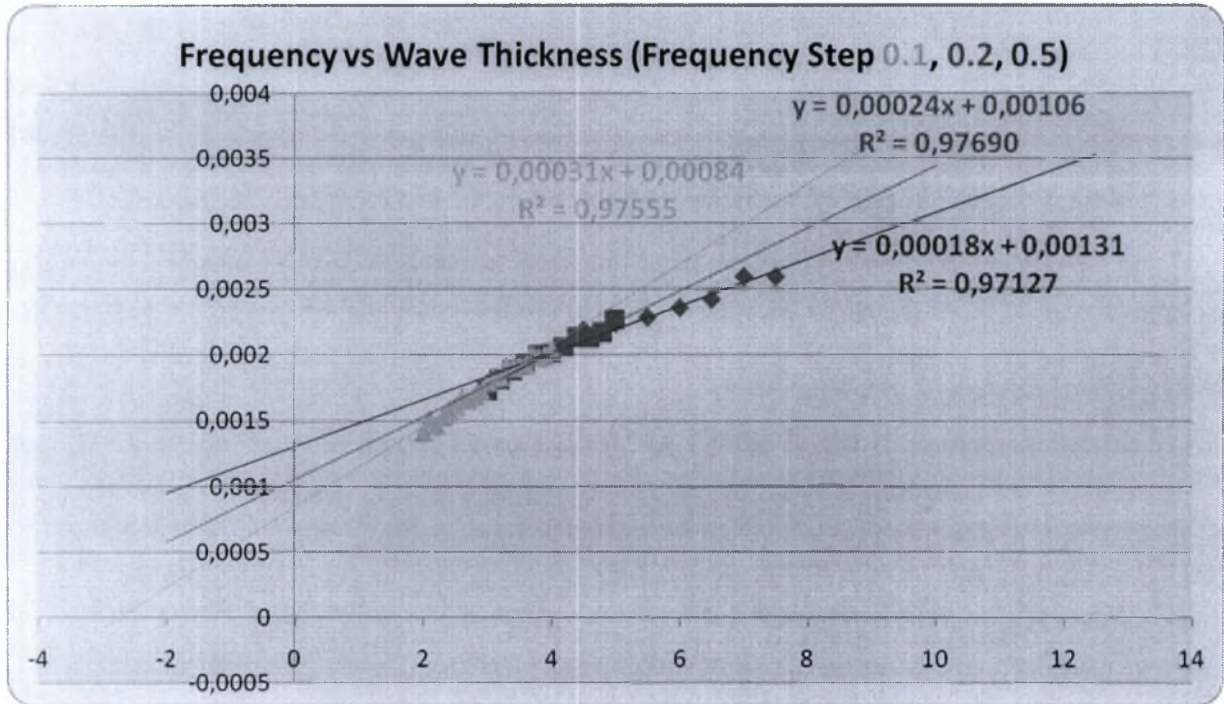
| | $Re = u \cdot D \cdot \rho / \mu$ | Ανοίγματα Σωλήνα | f_D | $(L/D)_{total}$ | $(u^2/2g)$ | $h_{fc} = f_D \cdot (L/D) \cdot (u^2/2g)$ (m) |
|---------------------------|-----------------------------------|------------------|-------|-------------------|--------------------------|---|
| SILICA OIL 200 cSt | 79.61783439 | Λαία | 0.6 | 555 | 0.020677674 | 6.88566557 |
| | | | | k_{total} | $(u^2/2g)$ | $h_r = k \cdot (u^2/2g)$ |
| | | | | 10.3899625 | 0.020677674 | 0.214840261 |
| | | | | | $H_{tot} = h_{fc} + h_r$ | 7.100505832 |

Αν θεωρήσουμε ατμοσφαιρικές πιέσεις, μηδενικές ταχύτητες, z2=1,5 και z1=0,2 τότε από εξίσωση ενέργειας προκύπτει ότι Δh=

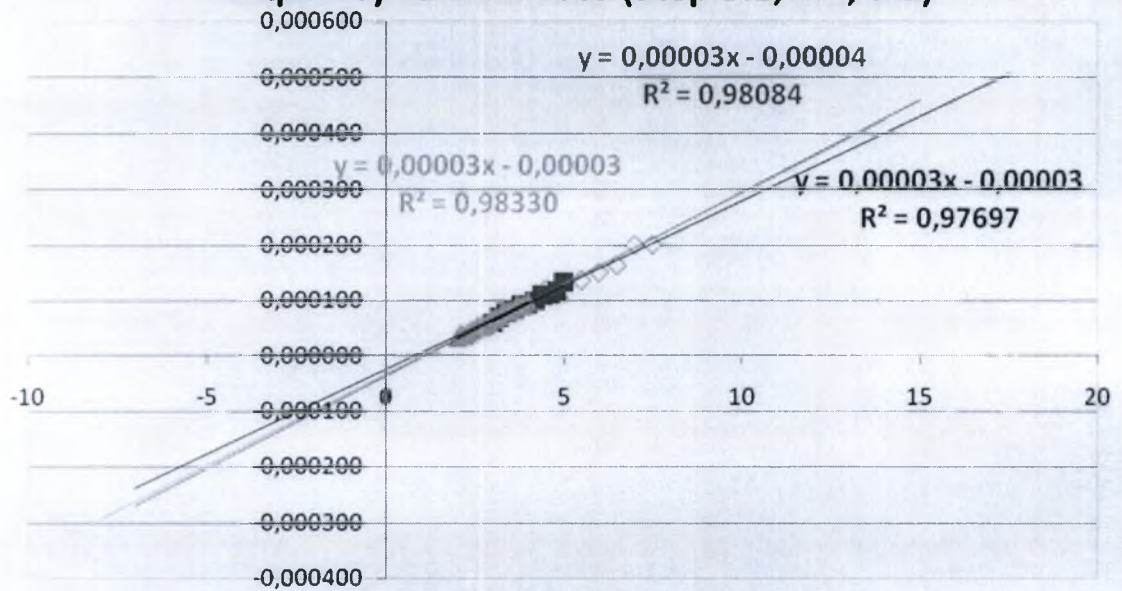
8.400505832

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ ΙΙ

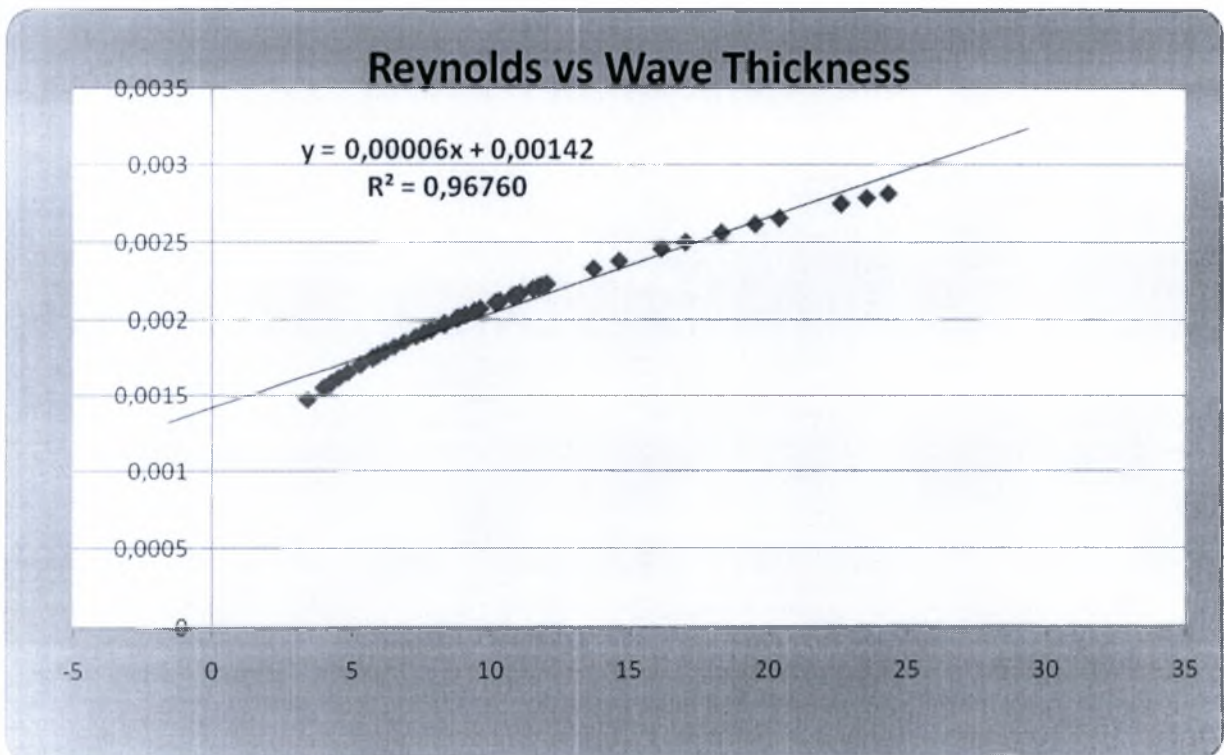
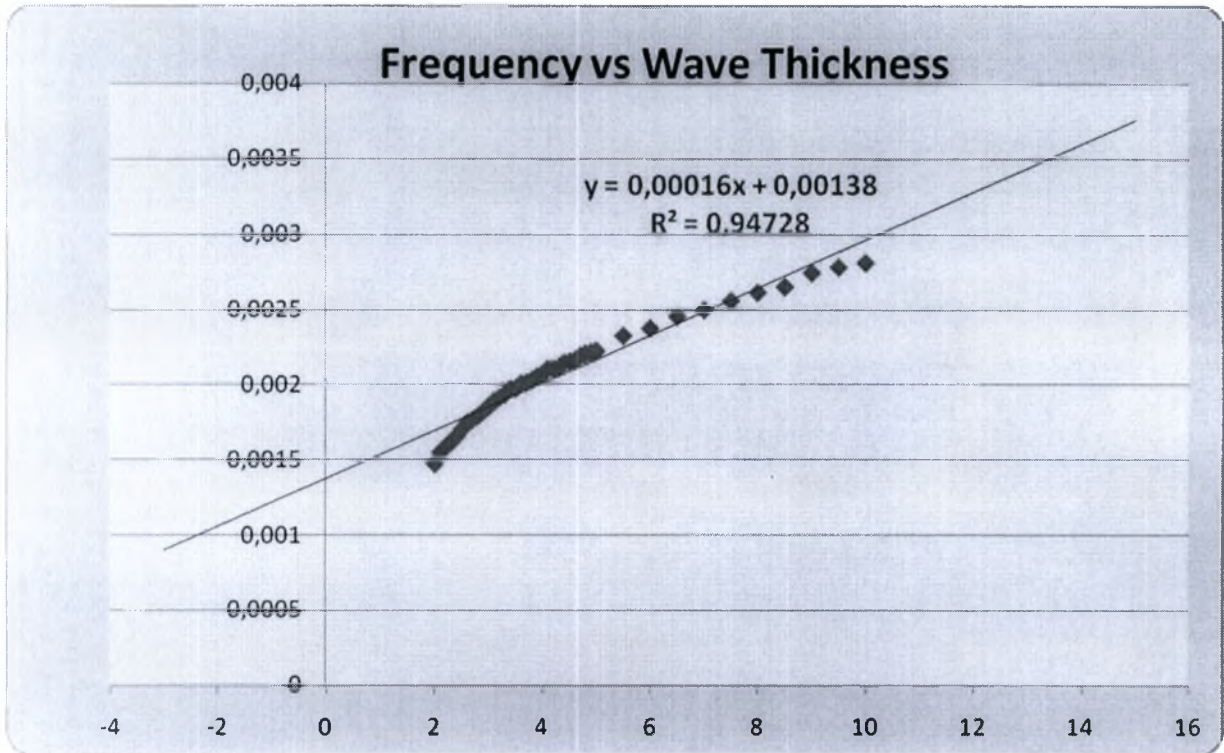
ΠΡΩΤΗ ΣΕΙΡΑ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ



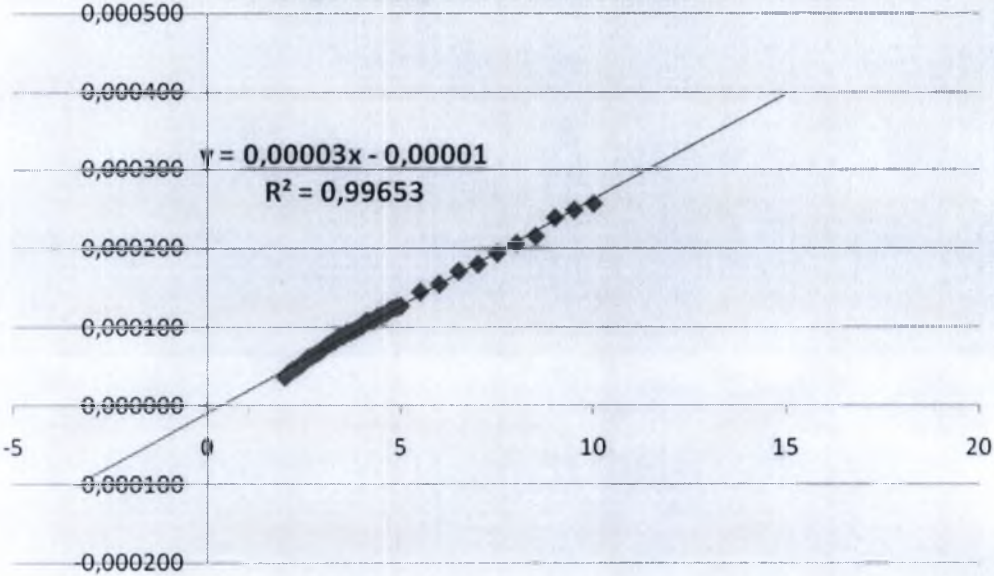
Frequency vs Flow Rate (Step 0.1, 0.2, 0.5)



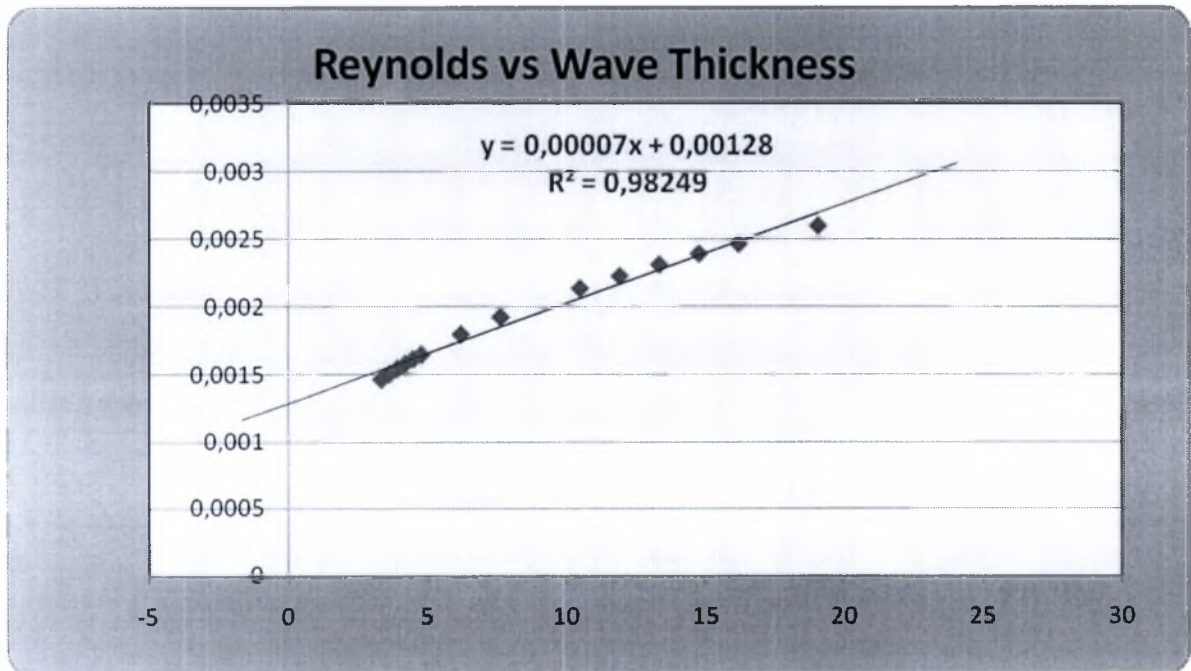
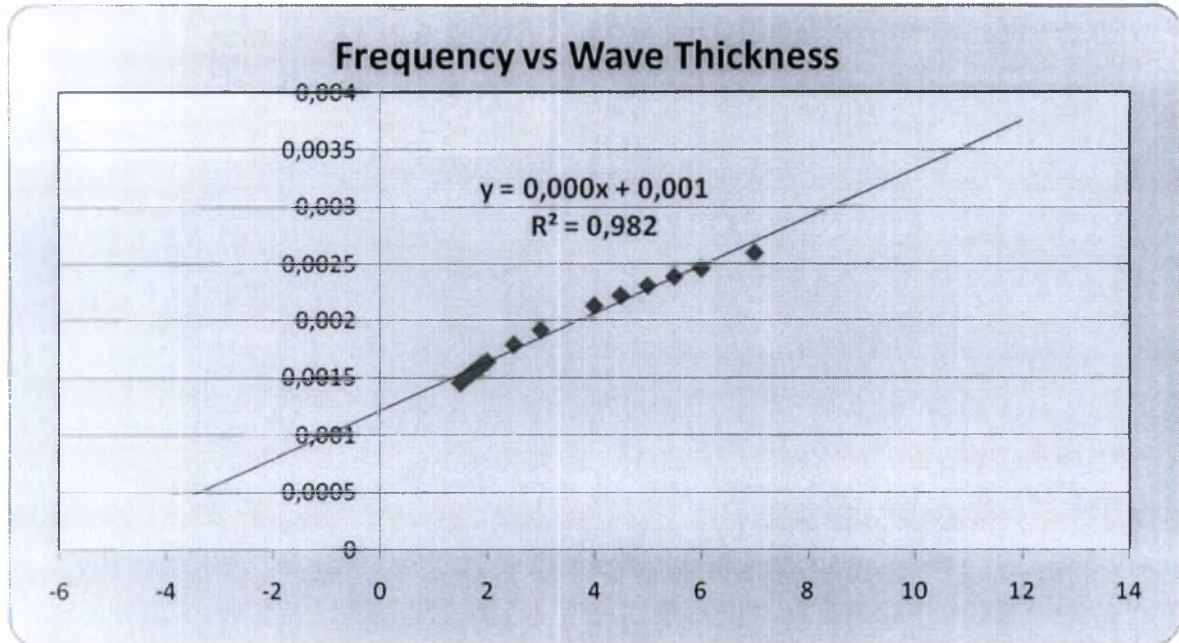
ΔΕΥΤΕΡΗ ΣΕΙΡΑ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ



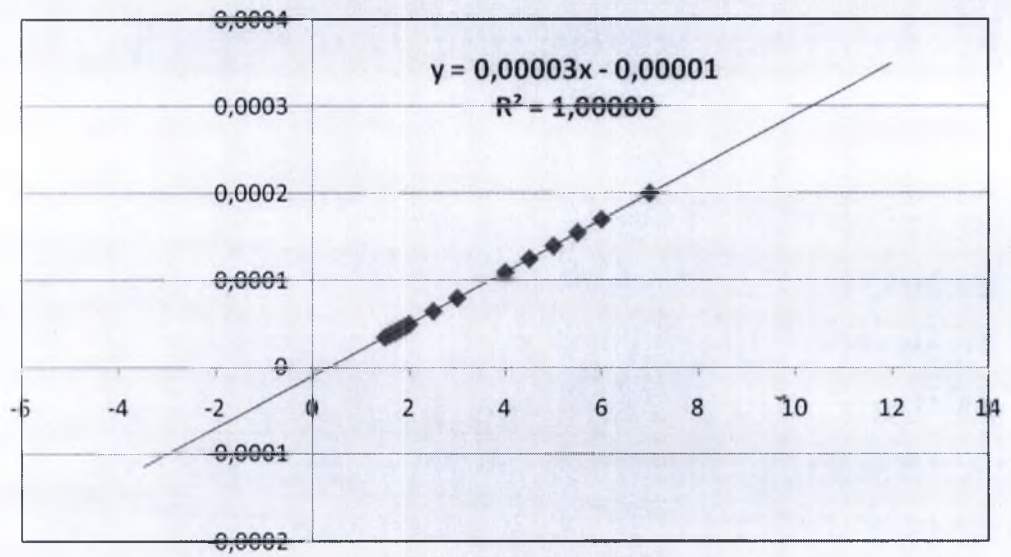
Frequency vs Flow Rate



ΤΡΙΤΗ ΣΕΙΡΑ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ



Frequency vs Flow Rate





ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ
ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ



004000091447