

ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ ΚΡΗΤΗΣ

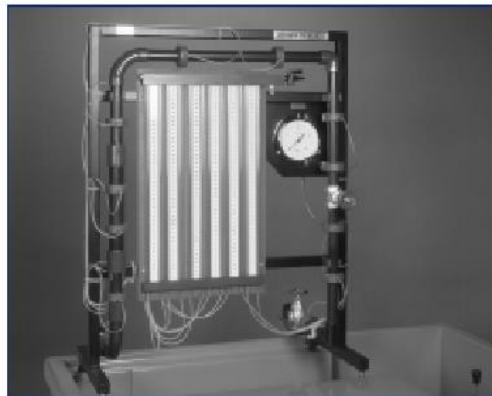
ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ

ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΓΕΩΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΗΣ ΜΗΧΑΝΙΚΗΣ

**ΣΗΜΕΙΩΣΕΙΣ ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟΥ ΡΕΥΣΤΟΜΗΧΑΝΙΚΗΣ
(ΕΞΑΜΗΝΟ 3^ο)**

ΠΕΙΡΑΜΑ 3^ο-4^ο

**ΜΕΤΡΗΤΕΣ ΠΑΡΟΧΗΣ
&
ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΕΣ ΑΠΩΛΕΙΣ ΣΕ ΚΛΕΙΣΤΟ ΑΓΩΓΟ**



XANIA 2019



ΠΕΙΡΑΜΑ 1

Θεωρία- Τεχνικά στοιχεία

Συσκευή μέτρησης παροχής "Venturi"

$$A_1 = 7.92 \times 10^{-4} \text{ m}^2$$

$$A_2 = 1.77 \times 10^{-4} \text{ m}^2$$

Συντελεστής παροχής $C_d = 0.98$

Συσκευή μέτρησης παροχής "Orifice plate"

$$A_1 = 7.92 \times 10^{-4} \text{ m}^2$$

$$A_2 = 3.14 \times 10^{-4} \text{ m}^2$$

Συντελεστής παροχής $C_d = 0.63$

Ενδείξεις μανομέτρων

h_1-h_2 venturi meter reading (ενδείξεις μετρητή)

h_1-h_3 venturi loss (απώλειες μετρητή)

h_4-h_5 variable area meter loss (απώλειες μετρητή)

h_6-h_7 Orifice plate reading (ενδείξεις μετρητή)

h_6-h_8 Orifice loss (απώλειες μετρητή)

Παροχή μετρητών

Μετρητής venturi:

$$Q_v = \frac{C_d A_2}{\sqrt{1 - \left(\frac{A_2}{A_1}\right)^2}} \sqrt{\frac{2\Delta p}{\rho}}$$

$$\sqrt{\frac{2\Delta p}{\rho}} = \sqrt{2g\Delta h}$$

Μετρητής orifice plate:

$$Q_o = \frac{C_d A_2}{\sqrt{1 - \left(\frac{A_2}{A_1}\right)^2}} \sqrt{\frac{2\Delta p}{\rho}}$$

$$\sqrt{\frac{2\Delta p}{\rho}} = \sqrt{2g\Delta h}$$

Δh είναι η διαφορά των ενδείξεων των μανομέτρων για τον κατάλληλο μετρητή Μετρητής Variable area (Q_a): διαιρέστε την ένδειξη του μετρητή με 60000

Η μέση ογκομετρική παροχή υπολογίζεται από την σχέση:

$$Q_t = \frac{V}{t}$$

Όπου:

V: είναι γνωστός όγκος νερού

t: είναι ο χρόνος που χρειάζεται να συγκεντρωθεί ο συγκεκριμένος όγκος νερού

Ποσοστιαίο σφάλμα μετρητών

Variable area %	$(Q_a - Q_t)/Q_t * 100$
Flow rate error	

Orifice plate %	$(Q_o - Q_t)/Q_t * 100$
Flow rate error	

Venturi meter %	$(Q_v - Q_t)/Q_t * 100$
Flow rate error	

Απώλειες Μετρητών

Variable area	$H_a = h_4 - h_5$
Head loss	

Orifice plate	$H_o = h_6 - h_8$
Head loss	

Venturi meter	$H_v = h_1 - h_3$
Head loss	

Διαδικασία Πειράματος - Εξοπλισμός

Τοποθετήστε τη συσκευή στον υδραυλικό πάγκο έτσι ώστε η βάση της να είναι οριζόντια. Αυτό είναι απαραίτητο για την ακριβή μέτρηση του ύψους από τα μανόμετρα. Συνδέστε τον σωλήνα εισροής στον υδραυλικό πάγκο και το σωλήνα εκροής στην ογκομετρική δεξαμενή. Εκκινήστε την αντλία και ανοίξτε την βαλβίδα για να γεμίσει με νερό η συσκευή.

Αφαίρεση του αέρα από τα μανόμετρα

Προκειμένου να αποβάλετε τον αέρα από τα σωληνάκια και τα μανόμετρα, κλείστε την βαλβίδα του υδραυλικού πάγκου, την βαλβίδα ελέγχου ροής της συσκευής και ανοίξτε τη βαλβίδα διαρροής αέρα καθώς και αφαιρέστε το καπάκι από την παρακείμενη αεροβαλβίδα.

Συνδέστε ένα μικρού μήκους σωληνάκι από την αεροβαλβίδα στην ογκομετρική δεξαμενή. Κατόπιν ανοίξτε τη βαλβίδα του υδραυλικού πάγκου και επιτρέψτε ροή νερού μέσω των μανόμετρων για να αποβληθεί όλος ο αέρας από τα μανόμετρα. Κατόπιν, σφίξτε την αεροβαλβίδα και ανοίξτε εν μέρει την βαλβίδα του υδραυλικού πάγκου και τη βαλβίδα ελέγχου ροής της συσκευής. Έπειτα, ανοίξτε ελαφρώς τη βαλβίδα διαρροής αέρα για να επιτραπεί η εισαγωγή αέρα στην κορυφή των μανόμετρων (μπορεί να πρέπει να ρυθμίσετε και τις δύο βαλβίδες προκειμένου να το επιτύχετε αυτό). Σφίξτε ξανά τη βαλβίδα όταν τα επίπεδα μανόμετρων φθάσουν σε έναν κατάλληλο ύψος.

Καταγραφή αποτελεσμάτων.

Σε μια καθορισμένη παροχή καταγράψτε τις ενδείξεις των μανομέτρων αλλά και την ένδειξη του "variable area meter". Στην συνέχεια πρέπει να πραγματοποιήσετε χρονομετρημένη συλλογή όγκου νερού, χρησιμοποιώντας την ογκομετρική δεξαμενή, προκειμένου να καθορίσετε την ογκομετρική παροχή. Αυτό επιτυγχάνεται μετρώντας (με ένα χρονόμετρο) το χρόνο που χρειάζεται για να συσσωρευτεί ένας γνωστός όγκος νερού μέσα στην ογκομετρική δεξαμενή, ο οποίος διαβάζεται από έναν πλαϊνό μετρητή. Επίσης πρέπει να συλλέξετε νερό για τουλάχιστον ένα λεπτό για να ελαχιστοποιηθούν τα σφάλματα συγχρονισμού.

ΠΕΙΡΑΜΑ 2

Σκοπός Πειράματος.

Να ερευνηθούν οι ενεργειακές απώλειες οι οποίες οφείλονται στην τριβή της ροής του νερού μέσα σε αγωγό και να υπολογιστεί ο αντίστοιχος συντελεστής τριβής.

Θεωρία.

Μία βασική ανάλυση παροχής σε ένα κάθετο σωλήνα ομοιόμορφης διατομής δείχνει ότι η διαφορά πίεσης ($p_1 - p_2$) μεταξύ δύο σημείων του σωλήνα οφείλεται στην επίδραση του ιξώδους (τριβή). Οι ενεργειακές απώλειες Δh είναι ανάλογες της διαφοράς πίεσης και δίνονται από την σχέση

$$\Delta h = \frac{(p_1 - p_2)}{\rho g}$$

Ο συντελεστής τριβής f σχετίζεται με τις ενεργειακές απώλειες με την σχέση

$$h_{f=}\Delta h = \frac{fLv^2}{2gd}$$

$L = 31 \text{ cm}$ - μήκος σωλήνα

$d = 3.1 \text{ cm}$ - διάμετρος σωλήνα

Δh - μετρίεται από το μανόμετρο (mm)

Η ταχύτητα v είναι η μέση ταχύτητα και δίνεται από την σχέση

$$v = \frac{4Q}{\pi d^2}$$

Το θεωρητικό αποτέλεσμα για στρωτή ροή είναι ισοδύναμο με

$$f = \frac{64}{\text{Re}}$$

Όπου $\text{Re} = \text{Reynolds number}$: $\text{Re} = \frac{vd}{\nu}$

ν (στον παρανομαστή) είναι το κινηματικό ιξώδες.

Για τυρβώδη ροή σε λείο σωλήνα μια γνωστή καμπύλη προσαρμογής για πειραματικά δεδομένα δίνεται από την σχέση:

$$f = 0.316 \text{Re}^{-0.25}$$

Διαδικασία – Καταγραφή αποτελεσμάτων.

Τοποθετήστε την εγκατάσταση στον υδραυλικό πάγκο και ρυθμίστε την βάση ώστε να εξασφαλίσετε ότι η βάση είναι οριζόντια και, ως εκ τούτου, τα μανόμετρα είναι κάθετα. Επίσης ελέγξτε ότι το μανόμετρο υδραργύρου (Hg) έχει γεμιστεί σωστά. (ένδειξη 250mm).

Μεγάλες Παροχές

Εφαρμόστε έναν σφιγκτήρα Hoffman σε κάθε ένας από τους σωλήνες σύνδεσης μανόμετρων ύδατος (αποτρέψτε μια πορεία ροής παράλληλη στο τμήμα δοκιμής).

Κλείστε τη βαλβίδα ελέγχου ροής του οργάνου και πάρτε μια μηδενική ανάγνωση ροής από το μανόμετρο Hg.

Με τη βαλβίδα ελέγχου ροής πλήρως ανοικτή, μετρήστε τις απώλειες h που παρουσιάζονται από το μανόμετρο.

Καθορίστε το ποσοστό ροής από τη χρονομετρημένη συλλογή ύδατος και μετρήστε τη θερμοκρασία του νερού. Το κινηματικό ιξώδες του ύδατος στην ατμοσφαιρική πίεση μπορεί να καθοριστεί από τον πίνακα που παρέχεται.

Επαναλάβετε αυτήν την διαδικασία με εννέα διαφορετικές παροχές με την μικρότερη να δίνει h , $Hg = 30mm$ περίπου.

Μικρές παροχές

Επαναλάβετε την παραπάνω διαδικασία αλλά χρησιμοποιήστε το μανόμετρο ύδατος. Με τη βαλβίδα ελέγχου ροής πλήρως ανοικτή, μετρήστε τις απώλειες h που παρουσιάζονται από το μανόμετρο.

Καθορίστε το ποσοστό ροής από τη χρονομετρημένη συλλογή ύδατος και μετρήστε τη θερμοκρασία του νερού. Το κινηματικό ιξώδες του ύδατος στην ατμοσφαιρική πίεση μπορεί να καθοριστεί από τον πίνακα που παρέχεται.

Επαναλάβετε αυτήν την διαδικασία με οκτώ διαφορετικές παροχές με την μικρότερη να δίνει h , $Hg = 30mm$ περίπου.

Γραφήματα.

Σχεδιάστε τα παρακάτω γραφήματα κατά προτίμηση σε περιβάλλον excel.

- $\ln$ (Συντελεστή τριβής) προς $\ln$ (Αριθμό Reynolds) ή [$\ln(f)$ vs $\ln(Re)$]
- $\ln$ (Απωλειών) προς $\ln$ (ταχύτητας) ή [$\ln(\Delta h)$ vs $\ln(v)$]

Μήκος Σωλήνα L (m)	Διάμετρος Σωλήνα d (m)	Όγκος V(m ³)	Χρόνος Συλλογής Υδατος t (sec)	Θερμοκρασία Υδατος °C	Κινηματικό Ιξώδες ν (m ² /sec)	Ένδειξη h ₁ (m)	Ένδειξη h ₂ (m)	Απώλειες Δh (m)	Παροχή Q _t (m ³ /s)	Ταχύτητα v (m/sec)	Συντελεστής Τριβής f	Re	ln f	ln Re	ln Δh	ln v

Συμπεράσματα ΠΕΙΡΑΜΑ 1

1. Σχολιάστε αναλυτικά τις διαφορές στην ακρίβεια των μετρητών.
2. Σχεδιάστε την γραφική παράσταση των τριών παροχών με τις ενεργειακές απώλειες κάθε μετρητή παροχής.
3. Γιατί ο μετρητής “variable area meter” έχει μικρότερες αποκλίσεις απωλειών με τις διάφορες παροχές από ότι οι άλλοι μετρητές?

Συμπεράσματα ΠΕΙΡΑΜΑ 2

1. Προσδιορίστε τη στρωτή και τυρβώδη ροή. Ποίος είναι ο κρίσιμος αριθμός Reynolds.
2. Υποθέστε μια σχέση της μορφής $f = K Re^n$, υπολογίστε τις τιμές αυτές από το γράφημα και συγκρίνεται τις με τις αποδεχόμενες τιμές της θεωρίας.
3. Δώστε το υλικό κατασκευής του σωλήνα λαμβάνοντας υπόψη το συντελεστή τριβής και τον αριθμό Re.