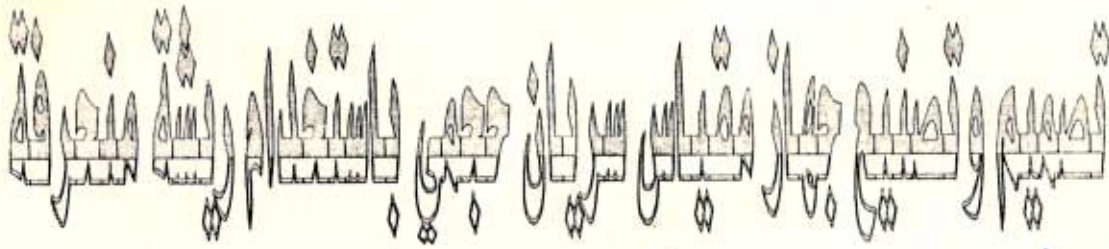


Design and Manufacture of Discharge Measurement Device Using Deflecting Blade



Assistant Professor: Osama Mohammed Elmardi Suleiman



Design and Manufacture of discharge measurement device using deflecting blade

إعداد:

أبو بكر محمد صالح حاج حمد

حسن فتح الرحمن سليم سعد

عز الدين محمد، الياس عثمان

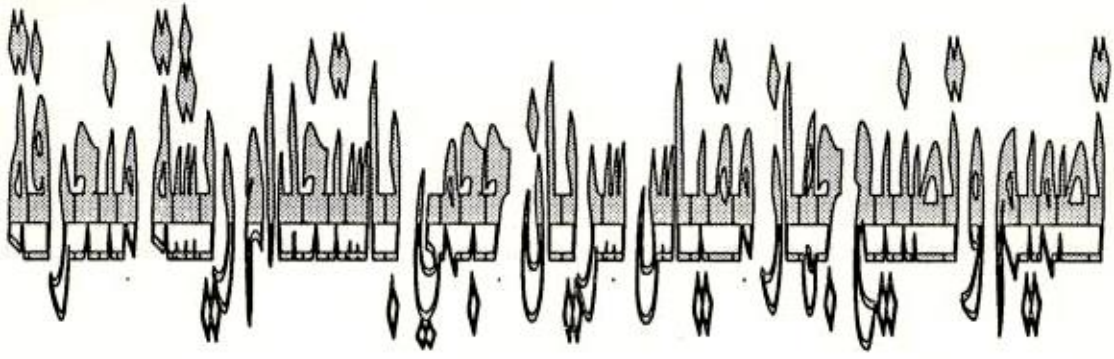
supervised By :- Osama Mohammed Elwardi Suleiman
Assistant professor at Nile valley university, Faculty
of Engineering and Technology, Mechanical Engineering Department
مشروع تخرج كمطلوب تكميلي لنيل درجة البكالوريوس في الهندسة الميكانيكية ✓

قسم الهندسة الميكانيكية

كلية الهندسة والتقنية

جامعة وادي النيل

مايو 2004



إعداد :-

أبو بكر محمد صالح حاج حمد 201D001

حسن فتح الرحمن سليم سعد 201D033

عز الدين محمد الياس عثمان 201D057

إشراف الأستاذ :

أسامة محمد المرضي سليمان

مشروع تخرج كمطلوب تكميلي لنيل درجة الدبلوم في الهندسة الميكانيكية

قسم الهندسة الميكانيكية

كلية الهندسة والتقنية

جامعة وادي النيل

مايو 2004

الافتتاحية

قال تعالى :

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

(وَقُلْ اَعْمَلُوا فَسَيَرَى اللَّهُ عَمَلَكُمْ وَرَسُولُهُ وَالْمُؤْمِنُونَ وَسَتُرَدُّونَ إِلَى
عَالِمِ الْغَيْبِ وَالشَّهَادَةِ فَيُنَبِّئُكُمْ بِمَا كُنْتُمْ تَعْمَلُونَ) .

(النوبة: 105)

بِسْمِ اللَّهِ
الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

الإهداء

إلى الأمل والمستقبل والحلم الجميل

أمي

إلى صانع المستحيل

أبي

إلى الذين سكبوا دمائهم لنكون نحن

إخواننا وأحبابنا

إلى الذين كانوا لنا نبراساً ونوراً وزاداً

أساتذتنا

إلى الذين وقفوا معنا بكل حواسهم

أهلنا الأعزاء

إلى شمس 2001 D

زملائنا

والي كل باحث في بحور المعرفة والعلم نهدي هذا العمل المتواضع

شكر وعرفان

فتناقض الحروف وترتبك الأنامل ولا تسع اللغة الشكر ... تتواري الحروف عبر نقصان
مساحة سلطتي واشعر أنى ملك في منفي خارج أسوار لغتي بقدر ما نستطيع الشكر أجزله
إلى كل من ساهم معنا في إنجاح هذا العمل وكل من لفت أنظاره هذا المشروع ونخص بالشكر
... الأستاذ الجليل أسامه محمد المرضى سليمان الذي كان روحاً وفكراً وعقلاً معنا .. يقل
عثرتنا ويقوي ساعدنا كلما التوي بأعباء العمل .

والشكر موصول إلى قسم ورشة اللحام وخاصة ... الأستاذ / حاتم

الطلاب المنفذون

الفهرس

الموضوع	رقم الصفحة
الافتتاحية	II
الإهداء	III
شكر وعرفان	V
الفهرس	VI
الملخص	VII
الفصل الأول	
1؛1 المقدمة	2
1؛2 الهدف من الدراسة	2
الفصل الثاني	
2. نظريات حول المشروع	4
2؛1 أجهزة قياس التدفق	4
2؛2 نماذج من أجهزة القياس	8
2؛2؛1 أنبوب فنشوري	8
2؛2؛2 أنبوب بيتوت	9
2؛2؛3 الفوهات والأبواق والأنابيب	12
2؛2؛4 المقياس الدوار	16
2؛2؛5 العداد المنزلي	17
الفصل الثالث	
3- تصميم وتصنيع الجهاز	20
3؛1 تصميم الجهاز	20
3؛1؛1 أجزاء الجهاز المستخدم	21
3؛2 عملية تصنيع الجهاز	24
الفصل الرابع	
4- المعايير	26
4؛1 خطوات إجراء المعايرة	26
4؛2 المعايير والحسابات	26
4؛3 مناقشة المعايير	30
الفصل الخامس	
5؛1 الخاتمة	32
5؛2 التوصيات	32
المراجع	33
الملاحق (A) الرسوم التوضيحية	35
الملاحق (B) الرسومات البيانية	39

ملخص Abstract

يتناول هذا المشروع محاولة لتصميم وتصنيع ^{كاس} معدة لقياس معدل السريان لمائع ينساب في خزان . يحتوي الفصل الأول منه على مقدمة توضح أهمية التجارب العملية والأجهزة المستخدمة ومدي الاستفادة منها . أما الفصل الثاني فيحتوي على نظريات حول المشروع وأجهزة قياس التدفق وكنماذج منها الفنشورى وأنبوب بيتوت . والفصل الثالث من التقرير يوضح تصميم وتصنيع الجهاز أما الباب الرابع فيحتوي على المعايير والحسابات على الجهاز التي تم تصنيعه وتركيبه . الفصل الخامس يحتوي على الخاتمة والتوصيات التي توصلنا إليها بعد إجراء المعايرة.

الفصل الأول

1-1 المقدمة Introduction :-

التجارب العملية تعتبر اختبارات لأجهزة معينة ، الغرض منها معرفة النتائج التي يمكن الحصول عليها وإمكانية تطبيقها في الحياة العملية وهي تعتبر عينة للتطبيقات العامة ، ومعظم التجارب العملية تعطي نتائج أقرب للمثالية بخلاف النتائج التي يمكن الحصول عليها من التطبيقات النظرية المباشرة .
ويجب على ^{الطالب} ~~الطالب~~ ^{الهندسي} أن يقوم بكثير من التجارب العملية ليتمكن من تطبيق الدراسات النظرية التي تمر عليه من خلال دراسته وهي تعمل على تفتح ذهن الطالب وتتمى إبداعه الهندسي وابتكاراته ، مما يسهل عليه فهم التطبيقات في الحياة العامة عندما ينتقل من المرحلة الدراسية إلى المرحلة العملية .

ولذلك نجدها تساهم وبقدر كبير في دفع عجلة التنمية والتقدم ، وهناك الكثير من أجهزة القياس التي تستخدم في التجارب العملية والأمثلة كثيرة سنورد بعض منها مثال : جهاز فنشوي وجهاز لقياس فاقد الطاقة التصادمي لمائع ينساب في أنبوبة وجهاز قياس الانسياب في القناة المكشوفة وغيرها من الأجهزة التي يفضل التجارب استطاعت ان تقرب الفكرة النظرية وتطرحها إلى نجاح الكثير من المشاريع .

ولعل أهمية المعامل في الحياة العملية لا تخفي على طالب علم أو باحث معرفة ، ونحن اذ نقدم هذا المشروع ... (جهاز لقياس السريان الحجمي بواسطة ريشة منحرفة) . الذي يسهل فهمه في المسائل النظرية بطرحة في خضم التجارب العملية تقريباً لرؤية علمية من منطلق الفائدة والاستيعاب لسريان السوائل بأشكاله وسرعاته المختلفة والمتباينة .
ونتمنى أن يطور هذا المشروع في المستقبل أكثر من ذلك لتعم الفائدة ولحاجة ^{خاصة} الطالب لمثل هذه الأجهزة النادرة .

1-2 الهدف من الدراسة Objectives :-

تهدف هذه الدراسة لتصميم وتصنيع جهاز لقياس سريان السوائل خلال قنوات مكشوفة حيث يتم معايرة الجهاز لقياس معدل السريان الحجمي للماء أو أي سائل آخر بوسيلة سهلة التصنيع والتشغيل .

الفصل الثاني

2 . نظريات حول المشروع

1-2 أجهزة قياس التدفق

1-1-2 مقدمة عن الأجهزة :

لعدة سنوات مقاييس فرق الضغط يعتمد عليها عند قياس معدل التدفق الحجمي في الأنابيب بدقة مقبولة ، مؤخراً تغير ذلك لكنها ما زالت تمتلك حيزاً مهماً هذا المجال .
توجد وسائل عديدة لقياس الجريان منها ما تعطي قراءة مباشرة لمعدل الجريان ويستند تشغيل معظم المقاييس إلى معادلة برنولي إذ يستخدم تضيق في مجري المائع لتوليد هبوط في الضغط مصحوب بزيادة في السرعة ومن المعروف أن معدل الجريان دالة هبوط الضغط ، لذا نستطيع تقويمه من معرفة مقدار هبوط الضغط الذي يقرأ عادة باستخدام المانومتر .
أما مقاييس فرق الضغط فقد حظيت باستخدام واسع وذلك لامتلاكها مميزات حسنة من أهمها :-

1. بساطة التركيب ، لا توجد أجزاء متحركة داخل الأنبوب تصعب صيانتها.
 2. متعددة الاستخدام، تستخدم لكل أنواع الموائع وان درجة الحرارة المرتفعة أو ذات التركيب الكيميائي الحمضي.
 3. الخبرة العملية ، استخدمت لفترة طويلة
 4. استخدامات متعددة، لذا توفرت منها معلومات كثيرة تساعد عند استعمالها.
- ومن المميزات السيئة:-

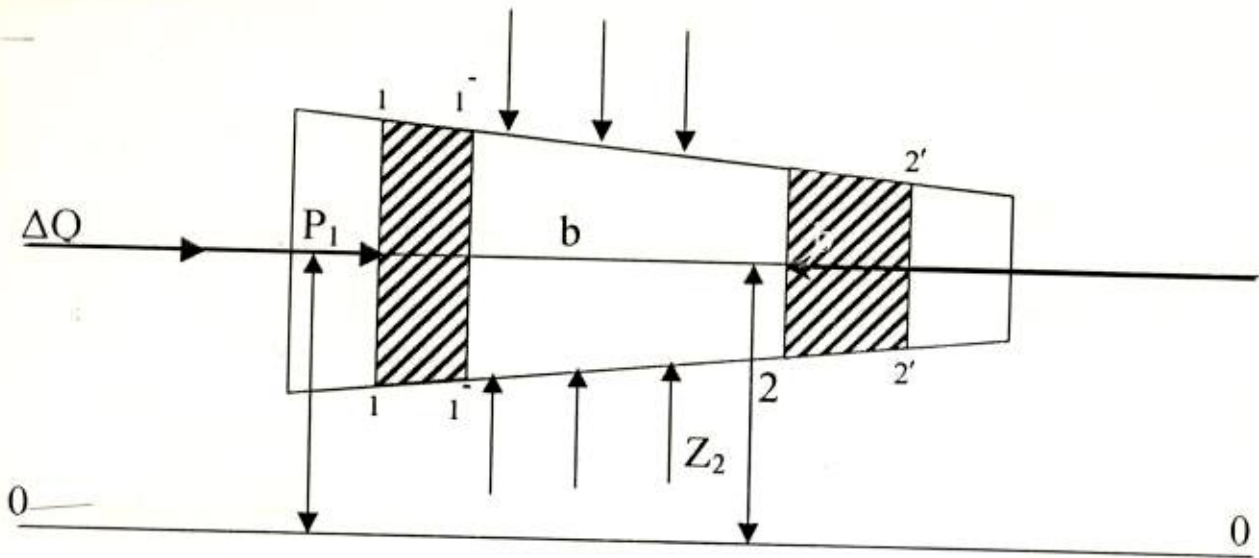
1. ليست ذات دقة عالية إذا ما قورنت مع بعض أجهزة القياس الأخرى .
2. المقدار الناتج لا يتناسب خطياً مع معدل التدفق ولكن يتناسب مع معدل التدفق الحجمي (Q^2) وهي لا تشكل معلومة مهمة فتي معطيات حل المسائل فتي الوقت الحاضر .

2-1-2 المعادلات الأساسية Basic Principles:

هنالك بعض القوانين الأساسية تعمل على أساسها مقاييس الموائع ومن أهمها معادلة برنولي ومعادلة الاستمرارية ورقم رينولدز .

(I) معادلة برنولي Bernoulli's Equation :

نستنتج هذه المعادلة من استخدام مبدأ الاحتفاظ بالطاقة لحالات السريان للموائع وتشمل طاقة المائع المتحرك الطاقة الداخلية وطاقات الضغط وطاقات الحركة .
ويمكن تلخيص هذا المبدأ في معادلة عامة تستخدم في اتجاه السريان كما يلي :-



الطاقة عند المقطع (1) + الطاقة المضافة - الطاقة المفقودة - الطاقة المستغلة =
الطاقة عند المقطع (2).

وتبسط هذه المعادلة في حالة الحركة اللا زمنية للموائع الانضغاطية التي يهمل فيها

تغير الطاقة الداخلية .

$$\left(\frac{P_1}{W} + \frac{V_1^2}{2g} + Z \right) + H_A - H_L - H_E = \left(\frac{P_2}{W} + \frac{V_2^2}{2g} + Z_2 \right)$$

حيث ان :

$H_E \equiv$ الطاقة المستغلة ، $P \equiv$ الضغط ، $H_A \equiv$ الطاقة المضافة ، $H_L \equiv$ الطاقة المفقودة

$Z \equiv$ الارتفاع من خط الإسناد ، $G \equiv$ عجلة الجاذبية ، $V \equiv$ السرعة ، $W \equiv$ الوزن النوعي

وتعرف هذه المعادلة بمعادلة برنولي ويمكن تبسيطها ، عندما لا تكون هنالك فواقد ،

أي في الحالة المثالية ، كما يلي :-

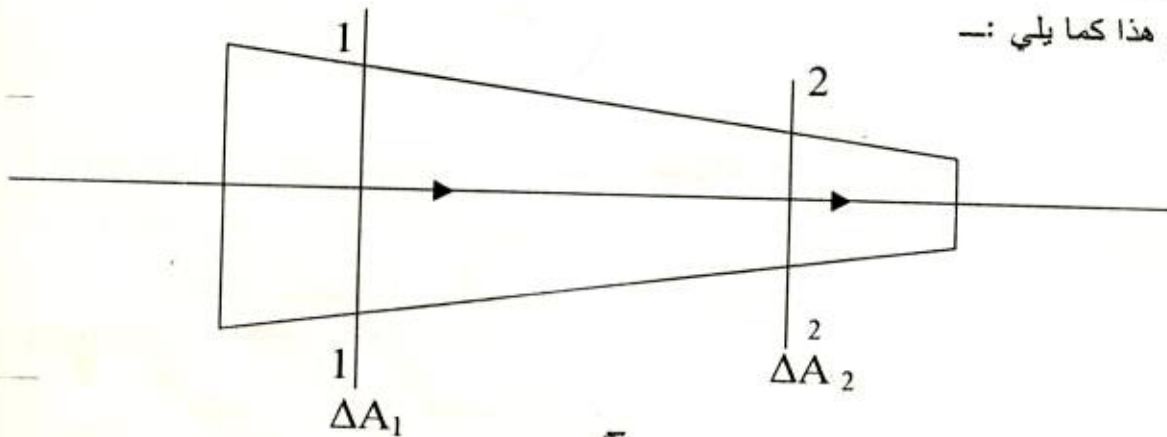
$$\frac{P_1}{W} + \frac{V_1^2}{2g} + Z_1 = \frac{P_2}{W} + \frac{V_2^2}{2g} + Z_2 \quad (2-1)$$

II معادلة الاستمرارية Continuity's Equation :-

نستنتج معادلة الاستمرارية من مبدأ الاحتفاظ بالكتلة ، هذا المبدأ هو ان الكتلة للمائع

في وحدة الزمن المتحرك لا زمنياً خلال كل المقطع لتيار المائع تكون ثابتة ، ويمكن التعبير

عن هذا كما يلي :-



$$P_1 A_1 V_1 = P_2 A_2 V_2 = \text{Constant} \quad (2-2)$$

أو بوحدات الوزن .

$$P_1 g A_1 V_1 = P_2 g A_1 V_2 = C \quad (2-3)$$

وفي حالة الموائع اللا انضغاطية يمكن عملياً اعتبار أن :

$$P_1 = P_2$$

وتكون المعادلة كالآتي :-

$$Q = A_1 V_1 = A_2 V_2 = \text{Const} \quad (2-4)$$

وتكون الوحدات

$$M^3 / S$$

أي أن التصريف المار في مقاطع الجريان المختلفة لا يتغير ، وحيث أن مساحة مقطع

الجريان والسرعة المتوسطة من الممكن ان يتغيرا من مقطع لآخر فإن :

$$\frac{V_1}{V_2} = \frac{A_2}{A_1} \quad (2-5)$$

أي ان السرعة المتوسطة تتناسب عكسياً مع مسافة مقطع الجريان .

III رقم رينولدز Reynolds Number :

العالم الإنجليزي رينولدز توصل عام 1883 إلى تحديد الظروف والعوامل التي يعتمد

عليها نظام الجريان وهي كالآتي :-

1. معامل اللزوجة الديناميكية للسائل المتحرك μ

2. السرعة المتوسطة للجريان V .

3. كثافة السائل المتحرك ρ

4. قطر الماسورة التي يحدث بها الجريان (D) .

أو علي وجه العموم أي طول معبر عن الجريان مثل نصف القطر الهيدروليكي R

أو في حالة الجريان في المجاري المفتوحة عمق (Y) .

جمع رينولدز كل هذه العوامل في خاصية واحدة قياسية تسمى رقم رينولدز ويرمز

لها بالرمز (Re) حيث :-

$$Re = \frac{VD\rho}{\mu} = \frac{VD}{\nu} \quad (2-6)$$

إذا ما عبرنا عن رقم رينولدز من خلال نصف القطر الهيدروليكي R

$$Re = \frac{4VR}{\nu} \quad (2-7)$$

نتيجة للأبحاث التي أجراها رينولدز علي حالة جريان في ماسورة طويلة مستديرة

المقطع وفي حالة عدم وجود فواقد في الشكل توصل إلى أن نظام الجريان يكون طبقياً إذا كان

رقم رينولدز اقل من قيمة معينة تسمى بالقيمة الحرجة السفلي رقم رينولدز حيث :-

$$\text{Lower critical } Re = 2000$$

ويكون نظام الجريان مضطرباً إذا كان رينولدز أكبر من قيمة معينة تسمى بالقيمة
الدرجة العليا لرقم رينولدز حيث :-

$$\text{Upper Critical Re} = 4000$$

فيما بين هاتين القيمتين فإن الجريان يكون أما طبقاً للظروف الوصفية للجريان وتسمى
تلك المنطقة بالمنطقة الانتقالية .

2-2 نماذج من أجهزة قياس الدفق

2-2-1 أنبوب فنشوري Venturi Tubes :-

تعد الأنبوبة المتقاربة المقطع وسيلة جيدة لتحويل سمت الضغط إلى سمت سرعة بينما تحول الأنبوبة المتباعدة المقطع سمت السرعة إلى سمت ضغط . يمكن جمع الاثنين لتكوين أنبوب فنشوري سمت بـ (فنشوري) الإيطالي الجنسية الذي درس نظريتها عام 1791 ولقد طبقت على الماء بواسطة (كليمر هرشل) عام 1886.

كما موضح في الشكل (1.2) يتكون من أنبوب محدود العنق ينتج عنها زيادة في السرعة مصحوبة بانخفاض في الضغط يليها جزء تدريجي التباعد تتحول السرعة فيه ثانية إلى ضغط مع فاقد احتكاك قليل حيث أن توجد علاقة محدودة بين فرق الضغط ومعدل الانسياب يمكن أن تستخدم كوسيلة قياس لكل من السوائع الانضغاطية واللا انضغاطية .

معامل التدفق في الفنشوري عادة يكون 0.98 قريباً من الوحدة ويكون دالة في رقم رينولدز عدا القيم الصغيرة لرقم رينولدز انظر الشكل (2-2) .

في هذا البند سوف نعتبر تطبيق مقياس فنشوري بالنسبة للسوائع اللانضغاطية ، وذلك كما يلي :-

بتطبيق معادلة برتولي بين المقطعين 1،2

$$\frac{P_1}{W} + \frac{V_1^2}{2g} + Z_1 = \frac{P_2}{W} + \frac{V_2^2}{2g}$$

بالتعويض عن معادلة الاستمرار

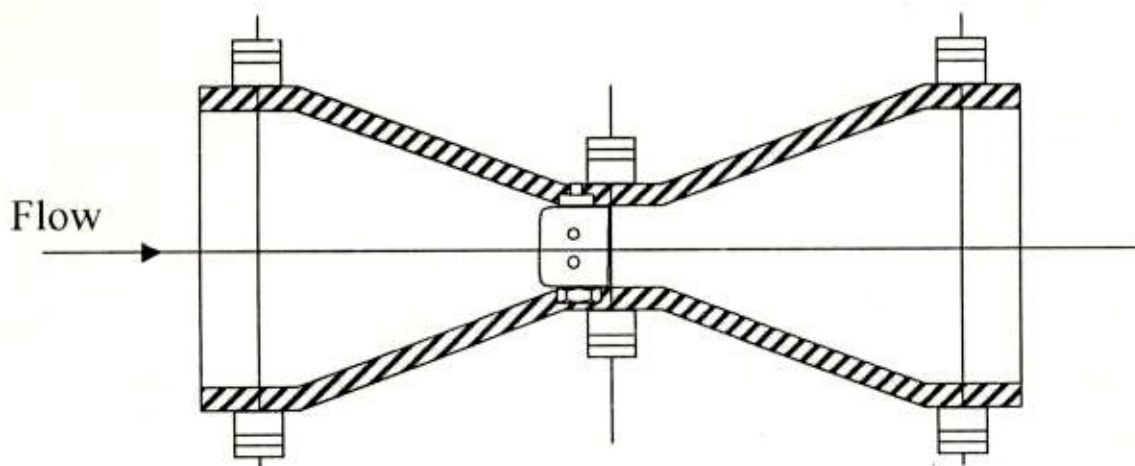
$$V_1 = (A_2 / A_1) V_2$$

نحصل بالنسبة لسرعة العنق المثالية علي :

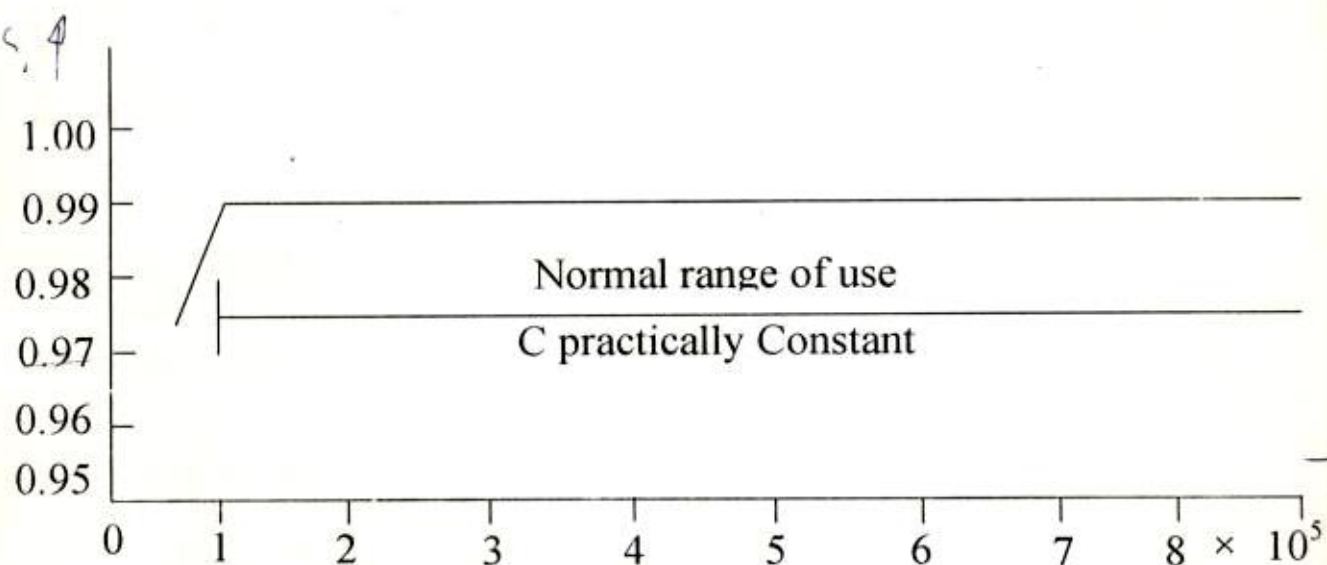
$$(V_2)_i = \frac{1}{\sqrt{1 - (A_2/A_1)^2}} \sqrt{2g \left(\frac{P_1}{W} + Z_1 - \left(\frac{P_2}{W} + Z_2 \right) \right)} \quad (2-8)$$

حيث انه يوجد بعض الفقد بالاحتكاك فيما بين 1،2 فإن السرعة الحقيقية تكون اقل قليلاً عن القيمة المعطاة بهذه العلاقة وبالتالي يمكن تقديم معامل التصريف (C) حيث ان الانسياب يعطي بالعلاقة الآتية

$$Q = A_2 V_2 = \frac{CA_2}{\sqrt{1 - (D_2/D_1)^2}} \sqrt{2g \left(\frac{P_1}{W} + Z_1 - \left(\frac{P_2}{W} + Z_2 \right) \right)} \quad (2-9) \text{ معادلة}$$



الشكل (2.1) أنبوبة فنشوري



الشكل (2.2)

2-2-2 أنبوب بيتوت Pitot Tubes

يتألف أنبوب بيتوت من أنبوبة زجاجية تشكل نهايتها زاوية قائمة كما مبين في الشكل

(2-3).

وإذا ثبت أنبوب بيتوت في جدار الأنبوب فإن ارتفاع السائل فيه سيعطي مقدار

الضغط السكوني Static Pressure . وبتطبيق معادلة برنولي في النقطتين 1 و 2 نحصل

علي :-

$$\frac{P_1}{W} + \frac{V_1^2}{2g} + Z_1 = \frac{P_2}{W} + \frac{V_2^2}{2g} + Z_2 \quad (2-10)$$

وكل المائع في النقطة 2 يكون في حالة سكون أي :

$$V_2 = \text{Zero}$$

لذا من الواضح ان :-

$$Z_1 = Z_2$$

لذا نختصر المعادلة (2-10) إلى :-

$$\frac{P_1}{W} + \frac{V_1^2}{2g} = \frac{P_2}{W}$$

يمثل الضغط P_1 الضغط السكوني وهو يكافئ عمود الضغط السكوني H_1 الذي يقرأ في الأنبوب البترومتري أما في النقطة (2) فالارتفاع H_2 تمثل مجموع عمود الضغط السكوني والعمود المكافئ للطاقة الحركية . إذ أن الطاقة الحركية تحولت في النقطة (2) عمود إضافي من السائل ويسمى P_2 الضغط الصدمي Impact Pressure .
إن

$$P = h \rho g$$
$$h_1 + \frac{V_1^2}{2g} = h_2$$
$$h_2 - h_1 = \frac{V_1^2}{2g}$$

وهكذا تحسب السرعة من :-

$$V_1 = C_v \sqrt{2g \Delta h} \quad (2-11)$$

تعطي المعادلة (2-11) السرعة نظرياً أما في التطبيق فيجب إدخال معامل انقياس C_v ، فتصبح المعادلة :

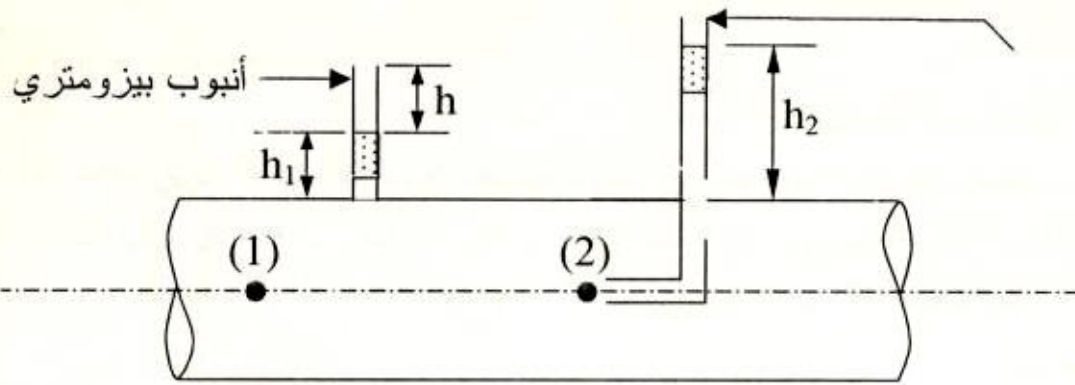
$$V_1 = C_v \sqrt{2g \Delta h} \quad \longrightarrow (2-12)$$

$$= C_v \sqrt{\frac{2(P_2 - P_1)}{\rho}} \quad \longrightarrow (2-13)$$

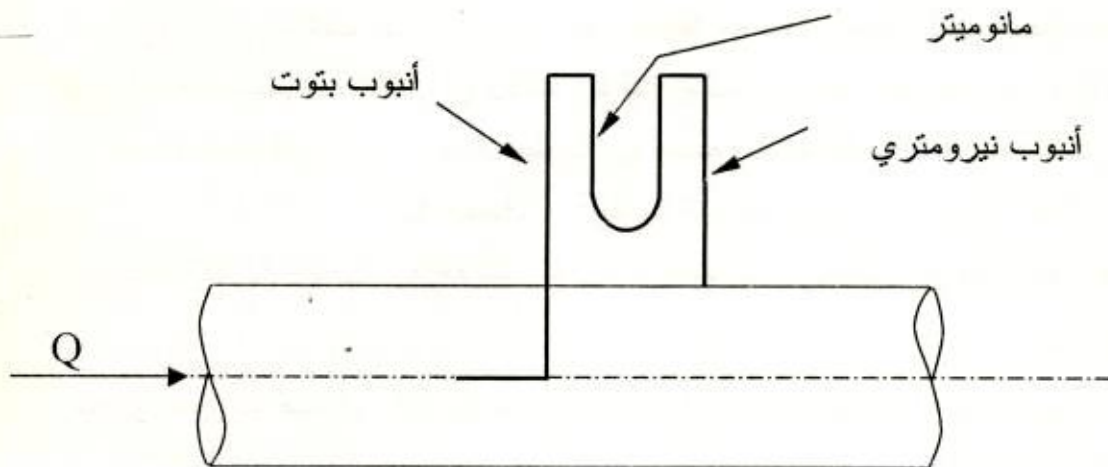
وقيمة (C_v) تساوي الوحدة في معظم الحالات أو مقارنة له جداً .

كما توضح المعادلة (2-12) طريقة حساب السرعة من معرفة ارتفاعي السائل h_1 و h_2 ويمكن توصيل ذراعي أنبوب بيتوت والأنبوب البيترومتر (Manometer) لقراءة فرق الضغط مباشرة وتجدر الإشارة هنا إلى أن السائل في المانومتر هو نفس السائل الجاري أما إذا كان مختلفاً كما هو مبني في الشكل (2-4) .

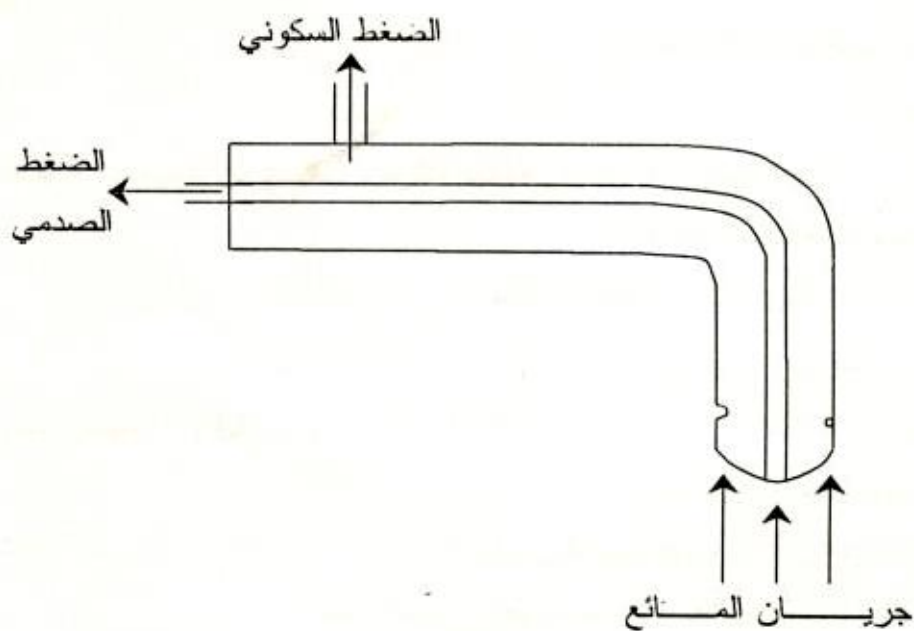
فيستحسن استخدام المعادلة (2-13) بدلاً عن (2-12) وكذلك يمكن استخدام أنبوب بيتوت ستاتك Pitot Static Tube الذي بحوض عن الترتيب المبين في الشكل (2-4) وهو يتألف من أنبوبين متمركزين ، إذ يقيس الأنبوب الداخلي منهما الضغط الصدمي بينما يعطي الأنبوب الخارجي الضغط السكوني من خلال الثقوب في نهايته انظر الشكل (2-5) .
وعادة يتصل الأنبوبان الداخلي والخارجي بمانومتر لقياس فرق الضغط ويمكن فيما يخص الموائع الانضغاطية استخدام أنبوب بيتوت أيضاً .



الشكل (2.3) أنبوب بيتوت



شكل (2.4) أنبوب بيتوت متصل بمانومتر



الشكل (2.5) أنبوب بيتوت استاتيك

3-2-2 الفوهات والأبواق والأنابيب :

من بين الوسائل المستخدمة في قياس التصريف توجد الفوهات والأبواق ، نادراً ما تستخدم الأنابيب لان نظريتها واحدة وأعطت التجارب علي الأنابيب بيانات مثل فواقد المدخل من الخزانات إلى خطوط الأنابيب .

(1) الفوهة :-

هي فتحة في جدار خزان أو في لوح عمودي علي محور الأنبوب ويكون اللوح أما في نهاية الماسورة أو في موضع متوسط تختص الفوهة بأن سمك الجدار منها أو اللوح يكون صغيراً جداً بالنسبة لحجم الفتحة والفوهة القياسية هي التي تكون لها حافة حادة كما في الشكل (2-10) (أ) أو ذات الكتف القائم المطلق كما في الشكل (2-10) (ب) بحيث انه فقط يوجد تلامس خطي مع المائع والفوهة الموضحة في الشكلين (2-10) (ج) (د) ليست قياسية لان الانسياب خلالها يتأثر بسمك اللوح ، خشونة السطح ... بالنسبة إلى . بنفس قطر النقوش وبالتالي يجب معايرة مثل هذه الفوهة عند الحاجة إلى دقة عالية .

(2) البوق :-

هو أنبوبة متقاربة المقطع شكل إذا استخدام مع السوائل ولكن بالنسبة إلى الغاز والبخار يمكن أن البوق منقارياً ثم يتباعد ثانية للحصول علي انسياب فوق صوتي . بالإضافة إلى إمكانية استخدامه كوسيلة قياس تصريف فإن للبوق استخدامات أخرى هامة ، مثل الحصول علي نفث ذو سرعة عالية . لمكافحة الحريق أو توليد القدرة في التوربين البخاري أو عجلة بلتون المائية .

(3) الأنبوب :-

هي ماسورة قصيرة لا يتعدى طولها أكثر من (2-3) من قطرها ، لا يوجد فرق كبير بين الأنبوب والفوهات سميكة الجدار . يمكن أن تكون الأنبوبة منتظمة القطر أو تكون متباعدة.

(4) المقياس الفوهي :-

يمكن استخدام فوهة خط أنابيب كما في الشكل (2-10) (أ) كمقياس بصورة مشابهة لطريقتي أنبوب فنشوري أو بوق الانسياب . كما يمكن أن توضح أيضاً في نهاية الماسورة بحيث يكون تصريفها كنفث حر معدل الانسياب من خلال قياس الفوهة عادة ما يعبر عنه بالمعادلة :

$$Q = K A_0 \sqrt{2g \left[\frac{(P_1 + Z_1)}{W} - \frac{(P_2 + Z_2)}{W} \right]}$$

حيث A_0 مساحة مقطع الفوهة .

التغير في قيم K مع رقم رينولدز مختلفة كلياً عنه بالنسبة لمعامل الانسياب لأنابيب فنشوري . عند أرقام رينولدز المرتفعة تكون K ثابتة لكن مع انخفاض رقم رينولدز يلاحظ زيادة قيم K للفوهة تعطي قيم قصوى لـ K عند أرقام رينولدز ما بين 2000 - 600 معتمد علي نسبة D_0/D_1 للفوهة يؤدي انخفاض رينولدز إلى زيادة تأثير اللزوجة التي تسبب انخفاض C_v وزيادة في C_c ويبدو ان تأثير C_c اقوي من C_v حتى تصل C_c إلى أقصى قيمة وهي حوالي 1.0 مع انخفاض اكثر في رقم رينولدز تصبح K اقل لان C_v تستمر في الانخفاض الشكل (9-2) الفرق بين مقياس الفوهة وأنبوب فنشوري هو انه بالنسبة للأخير لا يوجد تقلص بحيث ان A_2 تكون أيضا مساحة مقطع العنق وتكون ثابتة بينما بالنسبة للفوهة A_2 هي مساحة مقطع النفث وتكون متغير و اقل من A_0 وهي مساحة الفوهة لأنبوب فنشوري أو بوق الانسياب فإن معامل التدفق عملياً .

أما بالنسبة للفوهة فتتأثر كثيراً بتغيير C_c عنه بالنسبة إلى C_v يمكن قياس فرق الضغط بين نقطة تقريباً علي بعد قطر الماسورة إلى مصعد سطح الفوهة وبين اصغر مقطع تقلص والذي يقع تقريباً علي بعد نصف قطر الماسورة إلى المهبط . المسافة إلى اصغر مقطع تقلص ليست ثابتة ولكن تقل مع زيادة D_0/D_1 كما يمكن أيضا قياس فرق الضغط بين الركنتين علي جانبي لوح الفوهة مأخذ الشفة هذه لها ميزة وهي أن قياس الفوهة يكون وحدة بذات ويمكن انزلاق لوح الفوهة بخط الأنابيب بدون عمل وصلات بترومترية في الماسورة . كما أن للفوهة ميزة كوسيلة قياس حيث انه يمكن تركيبها في خط الأنابيب مع اقل مشاكل و اقل تكلفة و عيبها الأساسي هو مقاومة الاحتكاك الزائدة التي تحدثها مقارنة بأنبوبة فنشوري .

المقياس الفوهي للجريان رياضياً :

يتألف من صفيحة مثقوبة تعترض مجري المائع كما موضع في البند السابق .

من معادلة برنولي

$$\frac{\Delta V^2}{2\alpha} + g \Delta Z + \int_1^2 v dp + W_s + L_f = \text{Zero} \quad (2-14)$$

وتعتمد قيمة (α) علي نوع الجريان إذا كان الجريان انسيابياً تكون قيمتها

$\alpha = 0.5$ وإذا كان اضطرابياً فإن $\alpha = 1$ وهي معامل تصحيح الطاقة ففي حالة يكون المائع

لا انضغاطي يصبح التكامل

$$\int_1^2 v dp = v(p_2 - p_1)$$

ويمكن تبسيط المعادلة 2.14 إذ أن :-

$$Z_1 = Z_2 \quad W_s = 0 \quad L_f = 0$$

$$\frac{V_2^2}{2\alpha_2} - \frac{V_1^2}{2\alpha_1} = V(P_2 - P_1) \quad (2.15)$$

ومن معادلة الاستمرارية :

$$V_1 A_1 \rho_1 = V_2 A_2 \rho_2$$

لكن

$$\rho_1 = \rho_2$$

$$\therefore V_1 = V_2 (A_2/A_1)$$

ونعوض قيمة V_1 في المعادلة (2.15) :

$$V_2^2/2 \alpha (1 - (\alpha_2 A_2^2 / \alpha_1 A_1)) = V(P_1 - P_2)$$

$$V_2 = \sqrt{2 \alpha_2 V(P_1 - P_2) / 1 - (\alpha_2 / \alpha_1) (A_2/A_1)^2}$$

ولكن :

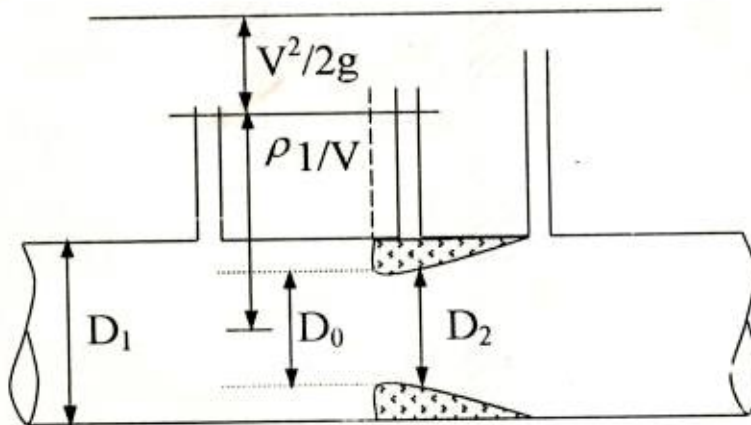
$$Q = A_2/V_2 \sqrt{2 \alpha_2 V(P_1 - P_2) / 1 - (\alpha_2 / \alpha_1) (A_2/A_1)^2}$$

ويلاحظ أن مقطع الجريان ينقص من A_1 في المقطع (1) إلى مساحة الفوهة A_0 ثم إلى A_2 في المقطع الأقلص للجريان ويعرف معامل التقلص على أساس مساحة المقطع الأقلص ومساحة الفوهة كالآتي :-

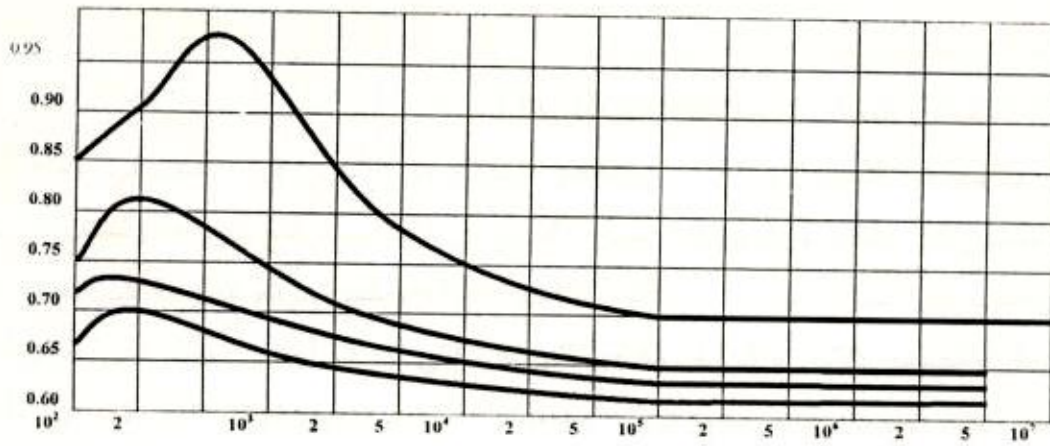
$$C_c = A_2/A_0 \quad (2.17)$$

ونعوض عن A_2 في المعادلة (2.16) من المعادلة (2.17) نحصل على معادلة بدلالة

الفوهة .

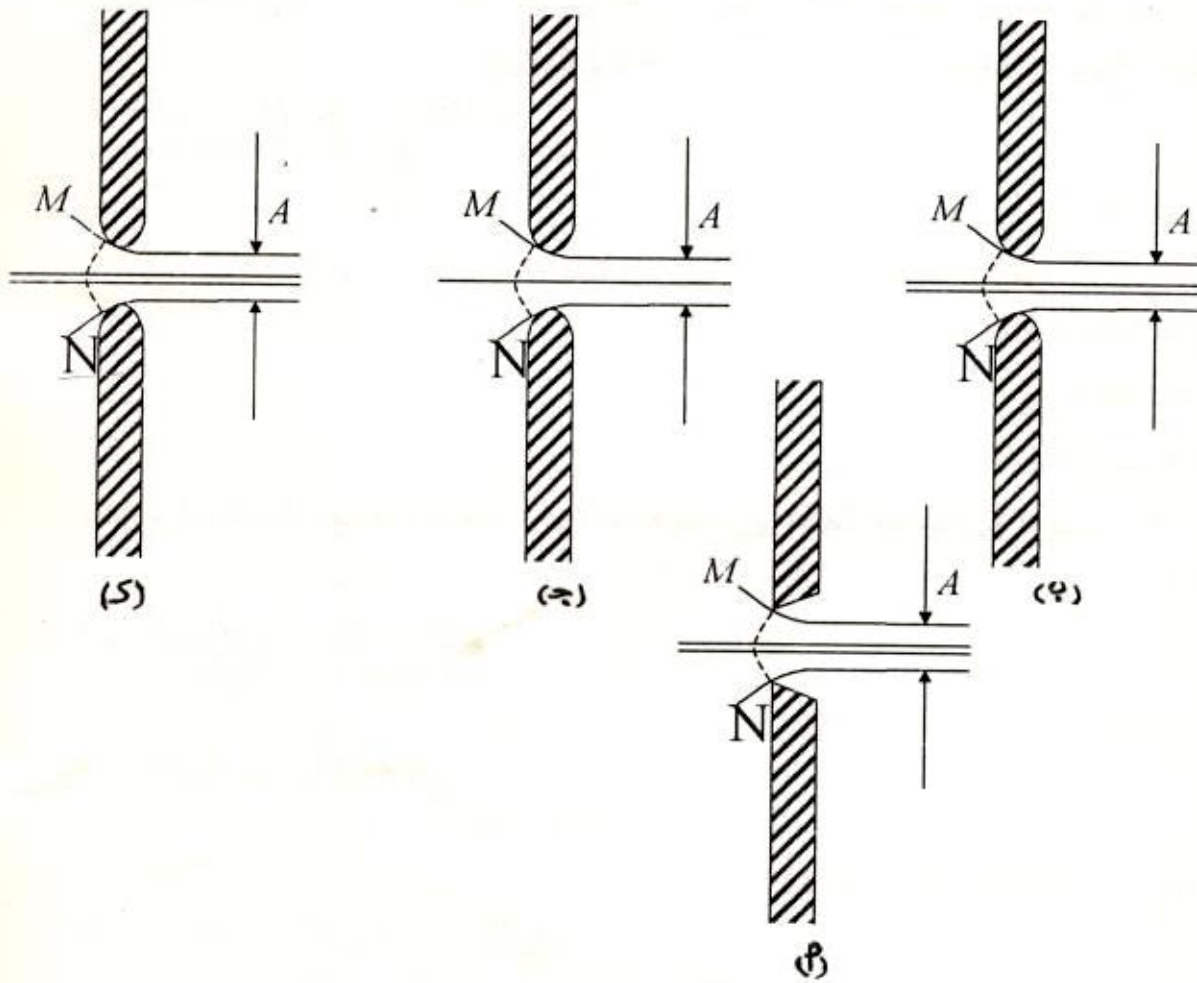


الشكل (2.8) فوهة في لوح رفيع في ماسورة



الشكل (2.9) رقم رينولدز الاقترابي

$$N_R = \frac{D_1 V_1 \rho_1}{M_1}$$



الشكل (2.10)

2.2.4 المقياس الدوار :- The Rotometer

يتألف هذا المقياس من أنبوب متناقص المقطع من الأعلى إلى الأسفل في داخله طوافة كما مبين في الشكل (2.10) فعند مرور المائع في المقياس ترتفع الطوافة وتستقر في موقع معين لتوازن قوة الجاذبية مع القوة الداخلية للمائع ويشير موقع الطوافة إلى مقدار معدل الجريان وتجدر الإشارة إلى أن مقياس الجريان التي تعرفنا لها ان تعتمد على ظاهرة تغير فرق مع معدل الجريان بينما يكون فرق الضغط في مقياس الدوار ثابتاً وتتغير المساحة المتاحة للجريان حيث تزداد كلما ارتفعت الطوافة في الأنبوب وهذا الغير في المساحة يتناسب مع معدل الجريان لذا يعد هذا المقياس مقياساً فوهياً متغير الفتحة ويمكن تطبيق معادلة المقياس الفوهي عليه بعد إجراء بعض التعديلات الطفيفة .

يعطي فرق الضغط $(-\Delta P)$ عبر الطوافة بموازنة القوة المؤثرة على الطوافة حيث الضغط + القوة الدافعة بسبب ثقل المائع المزاح = قوة الجاذبية .

$$V_f \rho_f g = V_f \rho g + (-\Delta P) A_f$$

$$-\Delta P = V_f (\rho_f - \rho) / A_f \quad (2-18)$$

حيث يمثل كل من :

$A_f \equiv$ مساحة المقطع العرضي للجانب الكبير من الطوافة .

$\rho_f \equiv$ كثافة المادة الطوافة .

$\rho \equiv$ كثافة المائع .

$V_f \equiv$ حجم الطوافة .

إذا رمزنا إلى مساحة الحلقة بين الطوافة والأنبوبة A_2 إلى مقطع الأنبوب A_1 وطبقنا

المعادلة :-

$$Q = \frac{C_b A_0}{V} \sqrt{\frac{2V(P_1 - P_2)}{1 - (A_0/A_1)^2}}$$

على المقياس الدوار نحصل على الآتي :

$$Q = C_D A_2 \rho \sqrt{\frac{2(-\Delta P)}{\rho [1 - (A_2/A_1)^2]}}$$

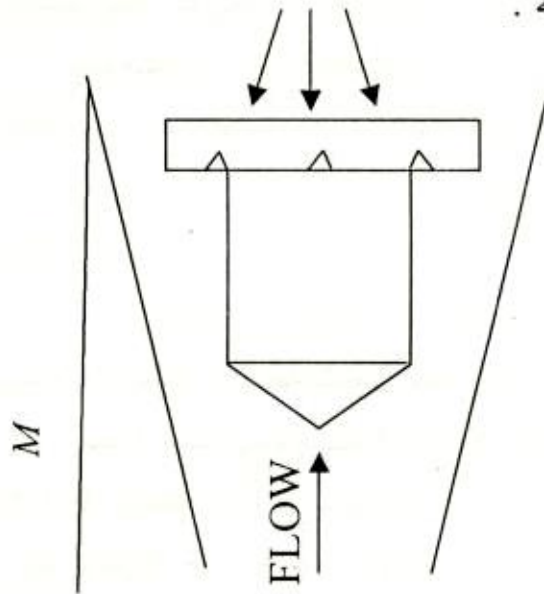
ونعوض عن $(-\Delta P)$ من معادلة (2.18)

$$Q = C_D A_2 \sqrt{\frac{2gV_f (\rho_f - \rho)}{A_f [1 - (A_2/A_1)^2]}}$$

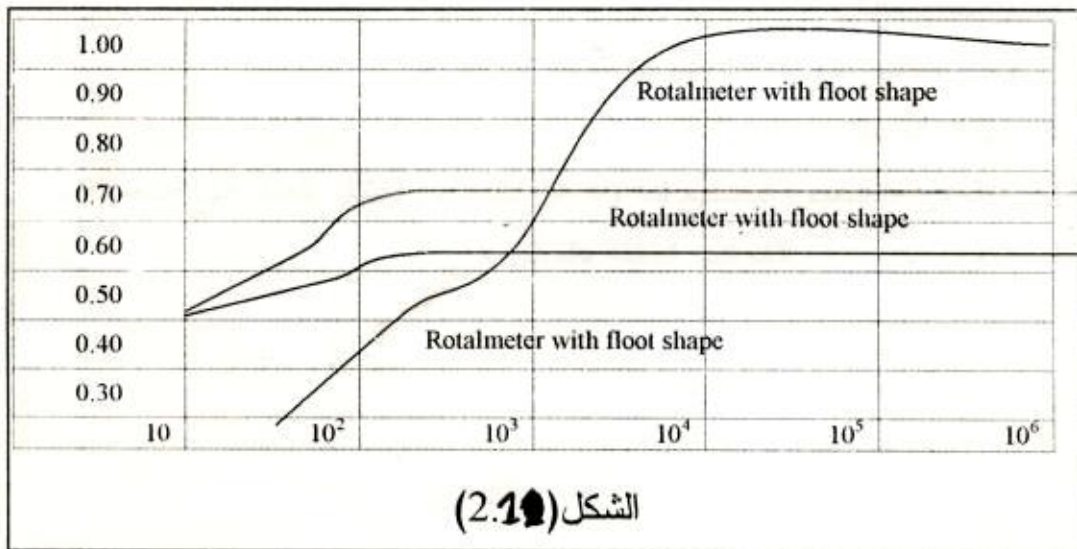
ويعتمد المعامل C_D على شكل الطوافة وعلى مقدار رقم رينولدز المحسوب على أساس

متوسط القطر الهيدروكي لحلقة الجريان كما مبين في الشكل (2.11) .

تتوفر هذه المقاييس تجارياً بحجوم مختلفة إذ يكون بعضها متخصصاً لقياس جريان مائع معين كالماء والهواء وعاد يكون المقياس مدرجاً ولا ضرورة لحساب معدل الجريان بل يقرأ مباشرة من موقع الطوافة .



الشكل (2.10)



الشكل (2.11)

2.2.5 العداد المنزلي :-

والوظيفة الأساسية للعداد المنزلي هي قراءة كمية الماء المناسبة لوحدة زمنية معينة حيث تمر الماء في اتجاه واحد .
الأجزاء :-

الغطاء الخارجي :-

1. القاعدة : بها مدخل ومخرج لا ينساب الماء بحيث يحدد اتجاه السريان بسهم على القاعدة ومقطع المخرج والمدخل دائري وقطرهما على حسب حجم العداد وفي بعض الأحيان يصنع على المدخل مصفاة لتنقية الماء من الشوائب .
2. الغطاء العلوي :يصنع من مادة شفافة لتسهيل القراءة وأسفله معدني لحماية الأجزاء الداخلية ولتأمين القراءة .

الأجزاء الداخلية :-

1. المروحة . 2. التروس السفلي . 3. التروس العليا .
- تصميم المروحة بشكل معين بحيث تحركها الماء باتجاه سريانها والمروحة متصلة بمجموعة من التروس السفلي (الساعة السفلي) وهي متصلة بمجموعة التروس العليا (الساعة العليا) والتروس الخاصة بالساعات متصلة بمؤشر لتعطي القراءة عادة ما تكون واحد من عشرين والآحاد والعشرات والمئات والألوف ، والمروحة لا بد أن تفي بالمواصفات الآتية :-
1. أن تصمم بشكل معين بحيث ينساب الماء بالاتجاه المطلوب .
2. بكثافة معينة .
3. أن تقاوم مادتها التآكل .
- ومن أسباب عدم دقة القراءة في العداد المنزلي :-
1. الهواء المحبوس داخل السائل .
2. خطأ في التصميم والتصنيع لذا لابد من تجريب واختبار العداد قبل استعماله .
3. المواد الكيميائية والشوائب العالقة بالسائل .

الفصل الثالث

تصميم وتصنيع جهاز مقياس السريان ذو الريشة المنحرفة Deflecting Vane - Flow meter

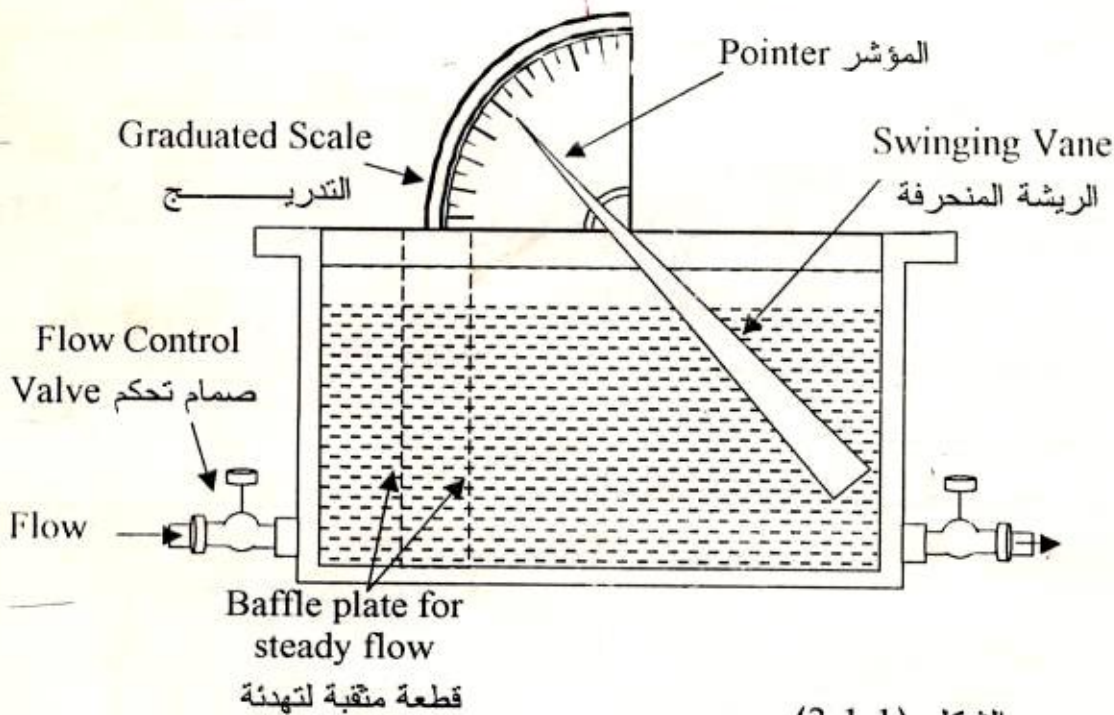
3.1 تصميم الجهاز :-

يستخدم هذا الجهاز عادة لقياس معدل سريان سائل في قنوات مفتوحة أو قياس سرعة الهواء في مواسير تنفيس .

يتكون المقياس من لوحة مفصلية أو ريشة معلقة في جدول سريان السائل كما موضح في الشكل التوضيحي (3.1.1) في الوضع الموضح . تكون الريشة في حالة أتران مع جدول السريان i.e. بمعنى أن القوة الواقعة على الريشة بالسائل المنساب يتم مقاومتها إما بكتلة الريشة نفسها أو بياي مناسب موضوع على المفصل . إذا زاد معدل السريان ستتحرف الريشة خلال زاوية أكبر إلى وضع أتران جديد ، وإذا نقص معدل السريان سينخفض انحراف الريشة i.e. بمعنى أن وضع الريشة هو قياس لمعدل السريان ، يتم الإشارة إلى حركة الريشة على مقياس (تدريج) يمكن معايرته بوحدات معدل السريان كمثال (m^3/min) . كما في الشكل (1-1) ، ملحق (A) .

من مساوئ هذا الجهاز الآتي :-

1. يقوم باعتراض معدل السريان .
2. يحتاج لإعادة معايرة لموانع ذات كثافات المختلفة . .



الشكل (3.1.1)

رسم توضيحي لمقياس السريان الحجمي ذو الريشة المنحرفة

1-1-3 أجزاء الجهاز المستخدم :-

1) الخزان من الصاج ذو سماكة (1/32) بوصة وله محاسن ومساوي ومن محاسنه -
1. قلة التكلفة .

2. سهولة تقطيعه وتكسيحه وتنقيبه .

أما من المساوي هو انصهاره عند درجة الحرارة العالية لذا يصعب لحمه . وتم اختيار

أبعاد الخزان كالآتي :-

a. الطول 80cm

b. العرض 42cm

c. الارتفاع 40cm

2. القطع المنقبة Baffle plates :-

عبارة عن قطعتين من الصاج يتم تنقيبهما بأقطار متساوية بحيث البعد بين كل ثقب والآخر متساوي أيضاً ، وتم اختيار أبعاده على حسب العرض وارتفاع الخزان وتستخدم لتهدئة السريان في الخزان .

3. الصمامات Valves :-

تستخدم الصمامات لتنظيم جريان المائع في الخزان حيث يمكننا تغير فتحة الصمام للتحكم بمعدل الجريان بحيث يوجد صمامين في الخزان أحدهما للدخول والآخر للخروج بقطر (1/2) بوصة . كما في الشكل (1.3) ، ملحق A

4. التدرج Graduated scale :-

هو عبارة عن منقلة في شكل ربع دائري تم اختيارها بنصف قطر 22cm . الشكل (1-4) ،

5. الريشة والمؤشر Pointer and vane :-

عبارة عن لوحة مفصلية معلقة في جدول سريان بطول 60cm . الشكل (1-4) ملحق A

6. تصميم الهيكل الحديدي :-

أولاً : نوجد الوزن عندما يمتلئ بالخزان بالماء :

الحجم الكلي بالخزان = الطول × العرض × الارتفاع

$$= 0.8 * 0.42 * 0.4 = 0.1344 \text{ m}^3$$

الوزن = الكثافة × الحجم

$$\text{كثافة الماء} = 10^3 \text{ kg / m}^3 \text{ constant}$$

$$\text{الوزن} = 0.1344 * 1000$$

$$= 134.4 \text{ kg}$$

$$\text{القوة } F = Mg$$

حيث M هي الوزن بالـ Kg
و g عجلة الجاذبية .

$$F = 134.4 * 9.81 = 1318 \text{ N}$$

بما أن القاعدة سوف تصمم بأربعة أرجل إذن القوة الدافعة على الرجل الواحدة .

$$F = 1318 / 4 = 329.5 \text{ N}$$

$$\delta = F / A$$

حيث أن :-

$F \equiv$ القوة الواقعة على الرجل .

$A \equiv$ مساحة مقطع الرجل .

$\delta \equiv$ الإجهاد الواقع على الرجل .

$$\delta_{all} = \frac{\delta y}{F.S}$$

حيث أن

$\delta y \equiv$ إجهاد الخضوع للمادة .

$\delta_{all} \equiv$ الإجهاد المسموح به .

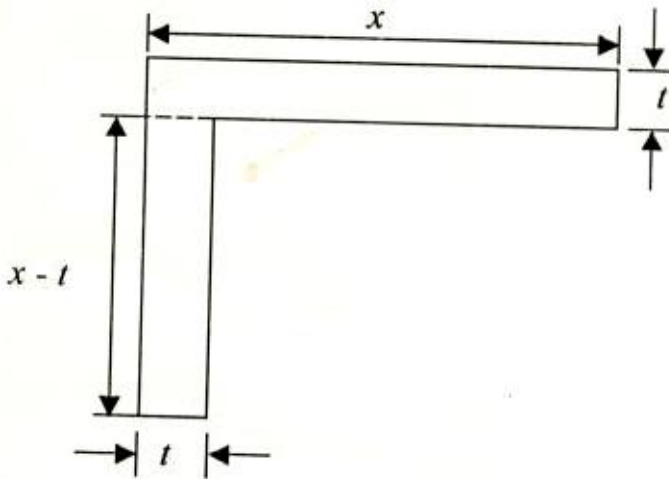
$F.S \equiv$ عامل الأمان

إجهاد الخضوع بالنسبة لل فولاذ منخفض الكربون $= 280 \text{ MN/m}^2$

نفرض أن عامل الأمان $= 3$

$$\delta_{all} = 280 / 3 = 93.3 \text{ MN/m}^2$$

بالنسبة لمساحة الزاوية :-



المساحة الكلية A :

$$A = xt + (x - t) t$$

$$\delta_{all} = F / A$$

$$93.3 * 10^6 = 329.5 / A$$

$$\therefore A = 3.5316 * 10^{-6} \text{ m}^2 = 3.5316 \text{ mm}^2$$

يتم اختيار الزاوية علي حسب الافتراضات التالية :

$$X = 1 \text{ بوصة} = 25.4 \text{ mm}$$

$$t = 1/8 \text{ بوصة} = 3.175 \text{ mm}$$

حيث نوجد t بدلالة X :-

$$\frac{x}{t} = 8$$

$$\therefore x = 8t$$

بتعويض قيمة x في قانون المساحة الكلية =

$$A = 8t^2 + (8t - t)t$$

$$= 8t^2 + 7t^2 = 15t^2$$

$$3.5316 = 15t^2$$

$$\therefore t = 0.485 \text{ mm}$$

ونسبة لان السمك بسيط يتم اختيار اقل زاوية وهي زاوية بسمك $1/8$ بوصة .

2-3 : عملية تصنيع الجهاز :-

هذه المرحلة هي المرحلة التي تلي مرحلة التصميم حيث تحدد عملية التصميم المعايير والأسس والاحتياجات التي تتطلبها عملية التصنيع من المواد الداخلة في التصنيع وشكل التصنيع ومقاييسه ولذلك تعتبر عملية التصنيع ترجمة عملية التصميم إلى الواقع .

تمت عملية التصنيع على النحو التالي :-

1. تصنيع الخزان :-

تم قطع الصاج بواسطة المقص وتكسيحه بواسطة الكساحة وتثبيتته بواسطة اللحام .

2. تصنيع القطعة المثقبة :-

تم تقطيعها بواسطة المقص حسب الأبعاد (40cm × 40cm) وتنقيتها بالدريكين وتثبيتها داخل الخزان باللحام .

3. تصنيع التدريج :-

تم قطعها من البوسنايت والخشب الأبيض بواسطة المنشار وتجميعها بواسطة الغراء وتنقيتها بواسطة المثقاب وتثبيتها بمسامير الربط .

4. تصنيع الريشة والمؤشر :-

تم قطعها من الخشب في شكل مسلوب بطول 60cm و تم عمل تشطبيها بالفارة وتثبيتها بمسامير على التدريج .

5. تصنيع الهيكل الحديدي :-

تم قطعه بواسطة المقص والمنشار بطول 80cm وعرض 42cm وارتفاع 80cm ومن ثم تجميعها بواسطة اللحام و تم عمل تشطبيها وطلاءها .

جدول يوضح :-

جدول رقم (3.1) يوضح العمليات المختلفة التي تمت لتنفيذ المشروع :-

الرقم	اسم الجزء	الورشة التي نفذ فيها	العمليات
1	الخزان	اللحام	قطع - لحام - تشطيب
2	القطعة المثقبة Baffle plate	اللحام	قطع - تنقيب - لحام
3	التدريج	النجارة	قطع - تنقيب - تشطيب
4	الريشة والمؤشر	النجارة	قطع - تنقيب - تشطيب
5	الهيكل الحديدي	اللحام	قطع - لحام - تشطيب
6	الطلاء	اللحام	الطلاء

الفصل الرابع

المعايير Metering

4-1 : خطوات إجراء المعايرة:-

1. يتم وزن الخزان باستخدام ميزان كحول بحيث يكون الماء في مستوى واحد .
2. يتم فصل صمام تصريف الخرج (عند مدخل الماء إلى الخزان) إلى أن يمتلئ بالماء.
3. يتم فتح صمام الخرج وتسجيل الزمن (t) وارتفاع الماء (h) عند انحراف الريشة كل 10 درجات .
4. نسبة لاختلاف ضغط الماء في المواسير يتم تكرار الخطوات (1، 2، 3) عدة مرات بالصباح والمساء وإذا كان هنالك تذبذب في الزمن والارتفاع يؤخذ المتوسط لهذه النتائج .
5. يتم تسجيل هذه النتائج على التدرج أو عمل التجربة الثانية التي يكون فيها صمام الدخول والخروج فاتحين بحيث أن زاد معدل السريان سنحرف الريشة إلى وضع أكبر وبالتالي تعطي قراءة مباشرة لمعدل السريان .
6. معدل الانسياب (Q) يتم حسابه كآتي :-

$$Q \text{ (m}^3/\text{min)} = \frac{\text{حجم الماء المتدفق عند انحراف } 10}{\text{الزمن المطلوب لتصريف هذا المقدار}}$$

$$Q = h \times \frac{\text{الطول} \times \text{العرض}}{t} \text{ (m}^3 / \text{min)}$$

7. يتم رسم منحنى الارتفاع (h) ضد معدل الانسياب ومنحنى انحراف الريشة بالدرجات (θ) ضد الارتفاع (h) وأيضاً منحنى الارتفاع (h) ضد الزمن (t) .

4-2 المعايير والحسابات :-

معايير يوم السبت المساء 24.4.2004

المعايرة (I) :-

زاوية انحراف الريشة بالدرجات (θ)	زمن التفريغ بالدقائق (t)	الارتفاع (h) (m)	معدل الانسياب (Q) m ³ / min
85°	—	0.39	0.1334
75°	1.1	0.34	0.1008
65°	1.083	0.28	0.0682
55°	1.15	0.23	0.0672
45°	1.18	0.18	0.0511
35°	1	0.14	0.0463

0.0370	0.11	1	25°
0.0319	0.095	1	15°
0.0268	0.08	1	5°
0.0202	0.05	0.83	0°

معايرة (II) :-

معدل الانسياب (Q) (m ³ / min)	الارتفاع (h) (m)	زمن التفريغ بالدقائق (t)	زاوية انحراف الريشة بالدرجات (θ)
0.1262	0.39	—	85°
0.1069	0.35	1.1	75°
0.0878	0.283	1.083	65°
0.0658	0.235	1.2	55°
0.0527	0.195	1.12	45°
0.0432	0.15	1.15	35°
0.0403	0.12	0.016	25°
0.0353	0.105	1	15°
0.0292	0.087	1	5°
0.0222	0.055	0.83	0°

معايرة (III) :-

معدل الانسياب (Q) (m ³ / min)	الارتفاع (h) (m)	زمن التفريغ بالدقائق (t)	زاوية انحراف الريشة بالدرجات (θ)
0.1357	0.93		85°
0.1119	0.333	1.033	75°
0.0871	0.285	1.1	65°
0.0786	0.234	1.06	55°
0.0563	0.19	1.133	45°
0.0504	0.15	1.15	35°
0.0403	0.12	1	25°
0.0336	0.10	0.983	15°
0.0290	0.085	0.983	5°

0.0222	0.055	0.83	0°
--------	-------	------	----

معايير يوم الأحد (الصباح) 25.4.2004

المعايرة (I) :-

معدل الانسياب (Q) (m ³ / min)	الارتفاع (h) (m)	زمن التفريغ بالدقائق (t)	زاوية انحراف الريشة بالدرجات (θ)
0.1441	0.39	—	85°
0.1157	0.35	1.016	75°
0.0823	0.29	1.83	65°
0.0722	0.24	1.16	55°
0.0611	0.20	1.1	45°
0.0461	0.16	1.16	35°
0.0437	0.13	1.05	25°
0.0353	0.105	1	15°
0.0286	0.085	1	5°
0.0202	0.05	0.83	0°

المعايرة (II) :-

معدل الانسياب (Q) m ³ / min	الارتفاع (h) (m)	زمن التفريغ بالدقائق (t)	زاوية انحراف الريشة بالدرجات (θ)
0.1328	0.39	—	85°
0.1070	0.345	1.083	75°
0.0812	0.29	1.183	65°
0.0645	0.24	1.16	55°
0.0592	0.185	1.05	45°
0.0426	0.15	1.183	35°
0.0378	0.12	1.1	25°
0.0267	0.09	1.05	15°
0.0218	0.065	1	5°
0.0202	0.05	0.83	0°

المعايرة (III) :-

معدل الانسياب (Q) m^3/min	الارتفاع (h) (m)	زمن التفريغ بالدقائق (t)	زاوية انحراف الريشة بالدرجات (θ)
0.1329	0.39	—	85°
0.1088	0.34	1.05	75°
0.0847	0.29	1.15	65°
0.0733	0.24	1.1	55°
0.0576	0.20	1.16	45°
0.0426	0.15	1.183	35°
0.0403	0.12	1.033	25°
0.0288	0.09	1	15°
0.0255	0.07	1	5°
0.0222	0.055	0.83	0°

متوسط المعايرات :-

معدل الانسياب (Q) (m^3/min)	الارتفاع (h) (m)	زمن التفريغ بالدقائق (t)	زاوية انحراف الريشة بالدرجات (θ)
0.13415	0.39		85°
0.1084	0.343	1.063	75°
0.085	0.296	1.13	65°
0.0699	0.237	1.138	55°
0.0574	0.192	1.123	45°
0.0462	0.15	0.1405	35°
0.0391	0.12	1.0305	25°
0.0325	0.0975	1.006	15°
0.0264	0.0787	0.997	5°
0.0212	0.0525	0.83	0°

4.3: مناقشة المعايير :-

يتضح من مخططات العلاقة بين السمت والزمن ومخططات العلاقة بين مربع التصريف (Q) والارتفاع (h) أنها علاقة خطية بحيث أن ثابت التناسب للحالة الأولى هو C_d . كما في الأشكال (4.1) ، (4.2) ، (4.3) ملف (B) السرعة والحالة الثانية هو معامل التصريف C_d . على قيمة التصريف الفصلية ومقارنتها بأخذ معايير للإمداد الرئيسي للحصول على معامل التصريف للجهاز .
بمتوسط المعايير يمكن الحصول على معامل التصريف للجهاز .

الفصل الخامس

5.0 الخاتمة والتوصيات

5-1 الخاتمة :-

تم بحمد الله وتوفيقه بين أياديكم التقرير النهائي لمشروع تصميم وتصنيع قياس السريان الحجمي وذلك بعد اكتمال تنفيذ هذا المشروع .
وقد تم الحصول على نتائج إيجابية لقيمة معدل الانسياب بعد أخذ المتوسط ومنها توصلنا إلى تدريج الجهاز .

5-2 التوصيات :-

- بعد الانتهاء من تصنيع وتركيب المشروع وإجراء التجارب خرجنا بالتوصيات التالية :-
1. يفضل استخدام مضخة (Pump) في الإمداد نسبة لتغيير ضغط الماء في المواسير .
 2. لا يعطي الجهاز قراءات دقيقة نتيجة لمجموعة من العوامل من أهمها تأثيرات القصور الذاتي ، والتناقل للريشة ، والدوامات التي تنشأ عند مدخل الماء إلى الخزان .

إلى أن يصير ملكه ، معمار الحاضر عمر حراة السريان

المراجع :-

1.

تأليف / روبرت ل . دوجرتي A.B.M.E .

جوزيف ب . فرانزيني Ph.D

ترجمة د/ قداح شاكر قداح (دار ماكجروهيل للنشر - القاهرة 1982م)

ميكانيكا الموائع وتطبيقاتها الهندسية .

2.

الدكتور / محمد تقي داود الكامل

ميكانيكا الموائع والدقائق .

دار الكتب للطباعة والنشر (بغداد) 1986 .

3.

Alan T. J. Hay word

FLOWMETER

MACMILLAN PUBLISHERS LTD.

London 1984

4.

J. F. Douglas

Solving Problems In Fluid Mechanics.

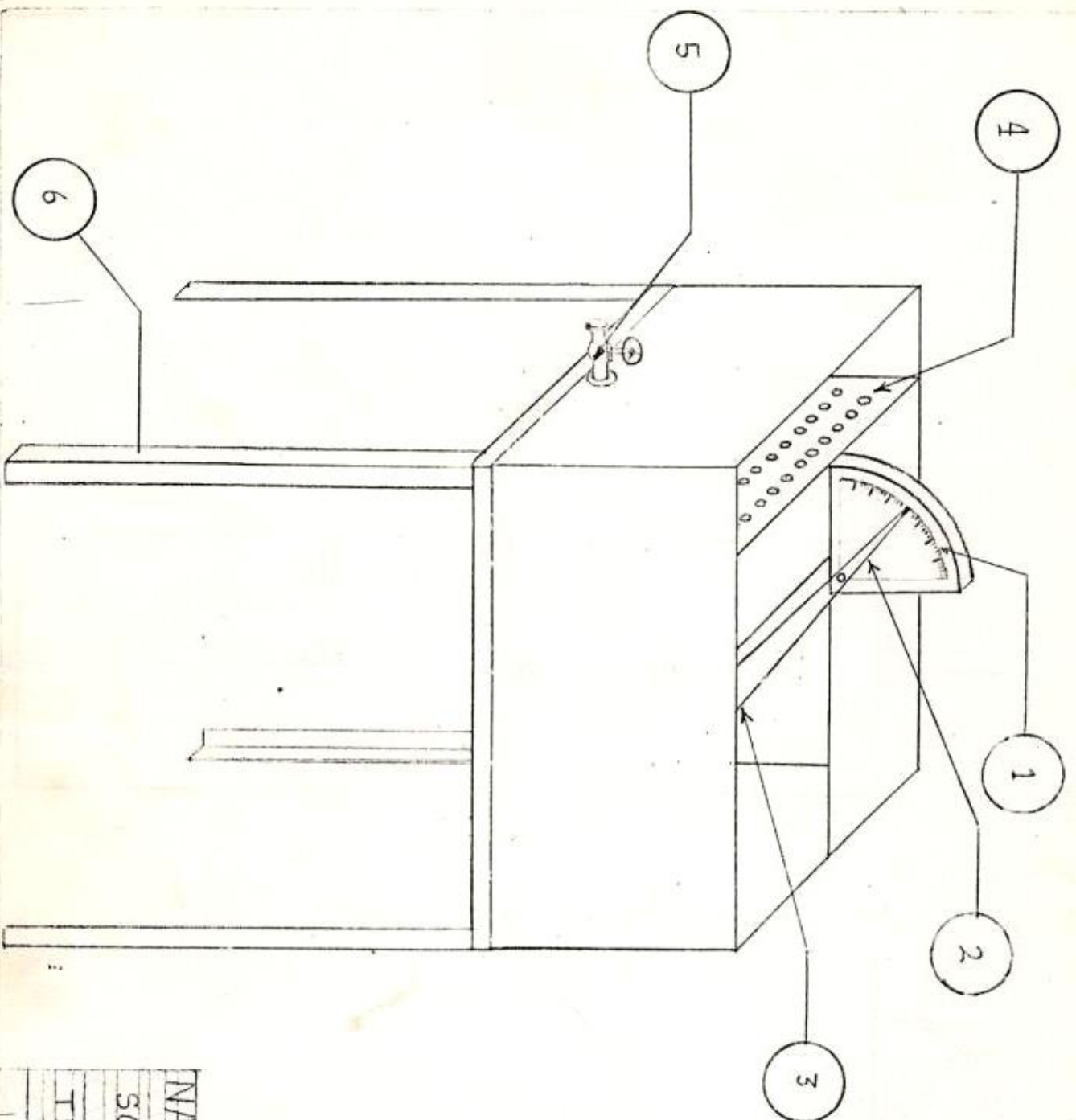
England. London / English Language Book.

Society / Longman 1988

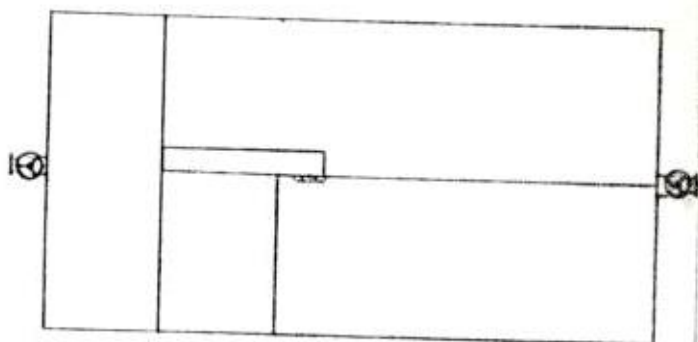
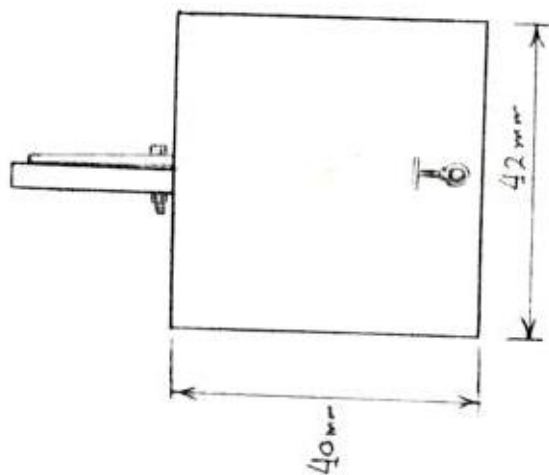
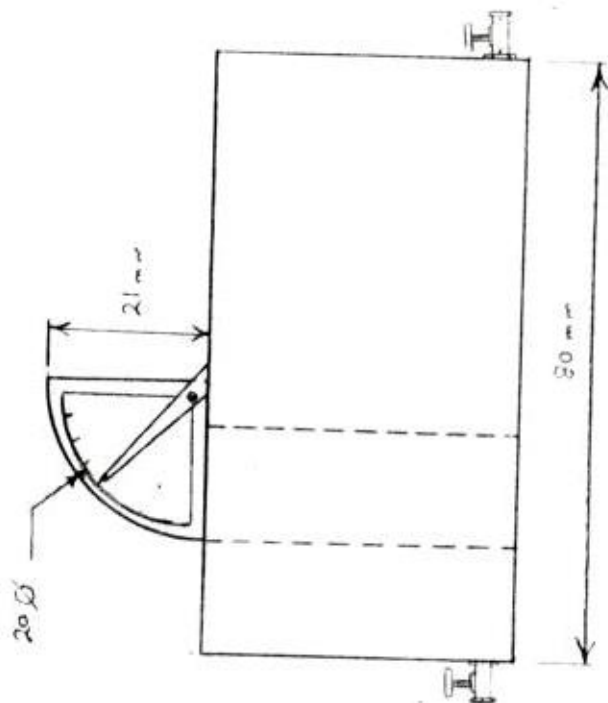
الله

1	الترسج ، Graduated scale
2	اللوحة ، pointer
3	ريشة متوقفه ، Swinging vane
4	Baffle plates
5	Control valve
6	الضبط الكامل ، fully adjustable

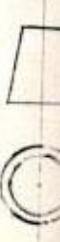
(1) Urbani

[illegible]

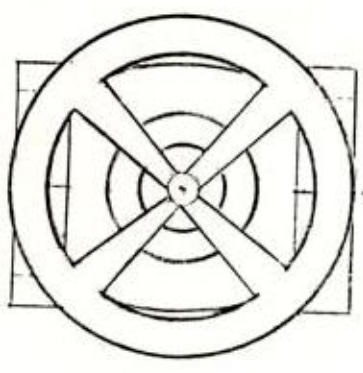
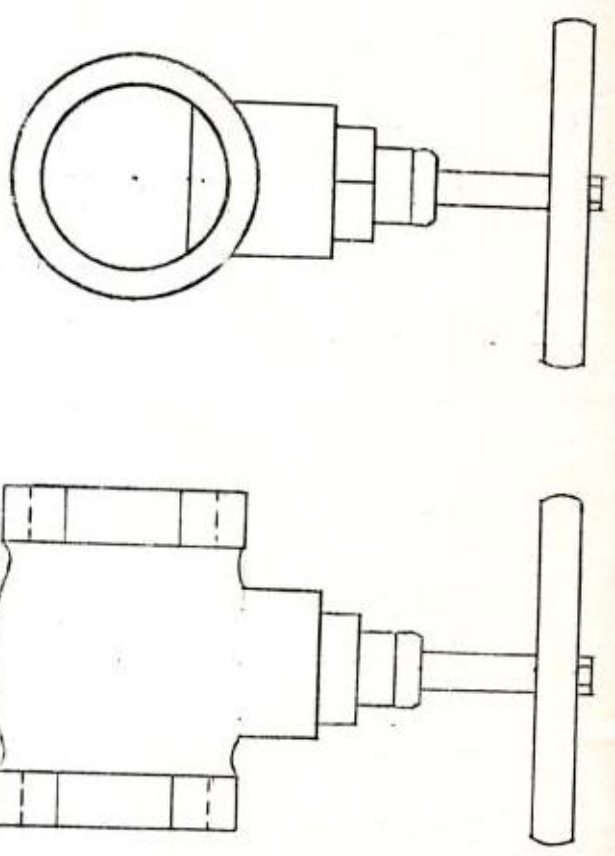
الشكل (1، 2)
رسم توضيحي للجهاز



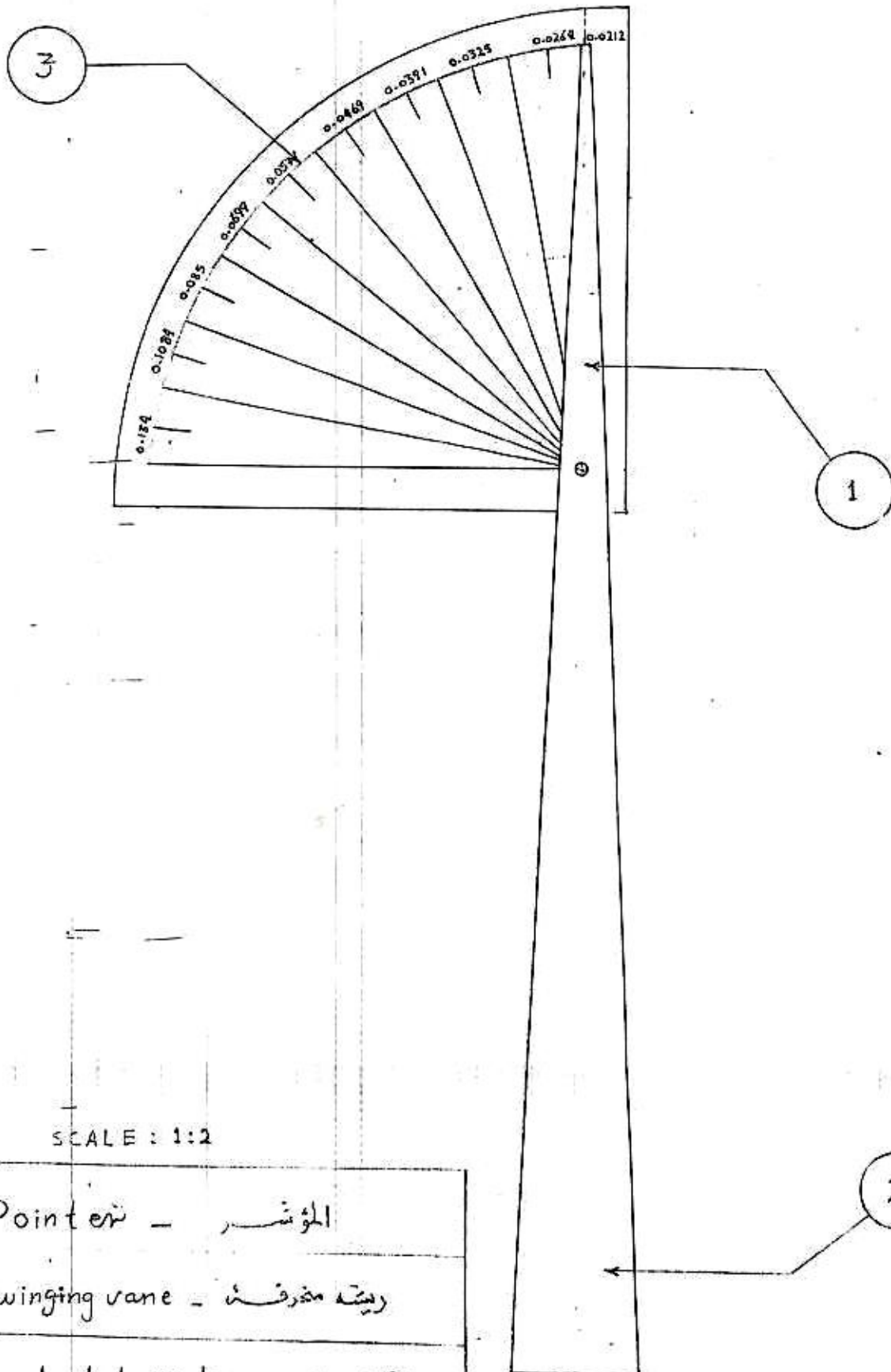
NAME	Body
PROJECTION	
NO. OF	1
SCALE	1:1



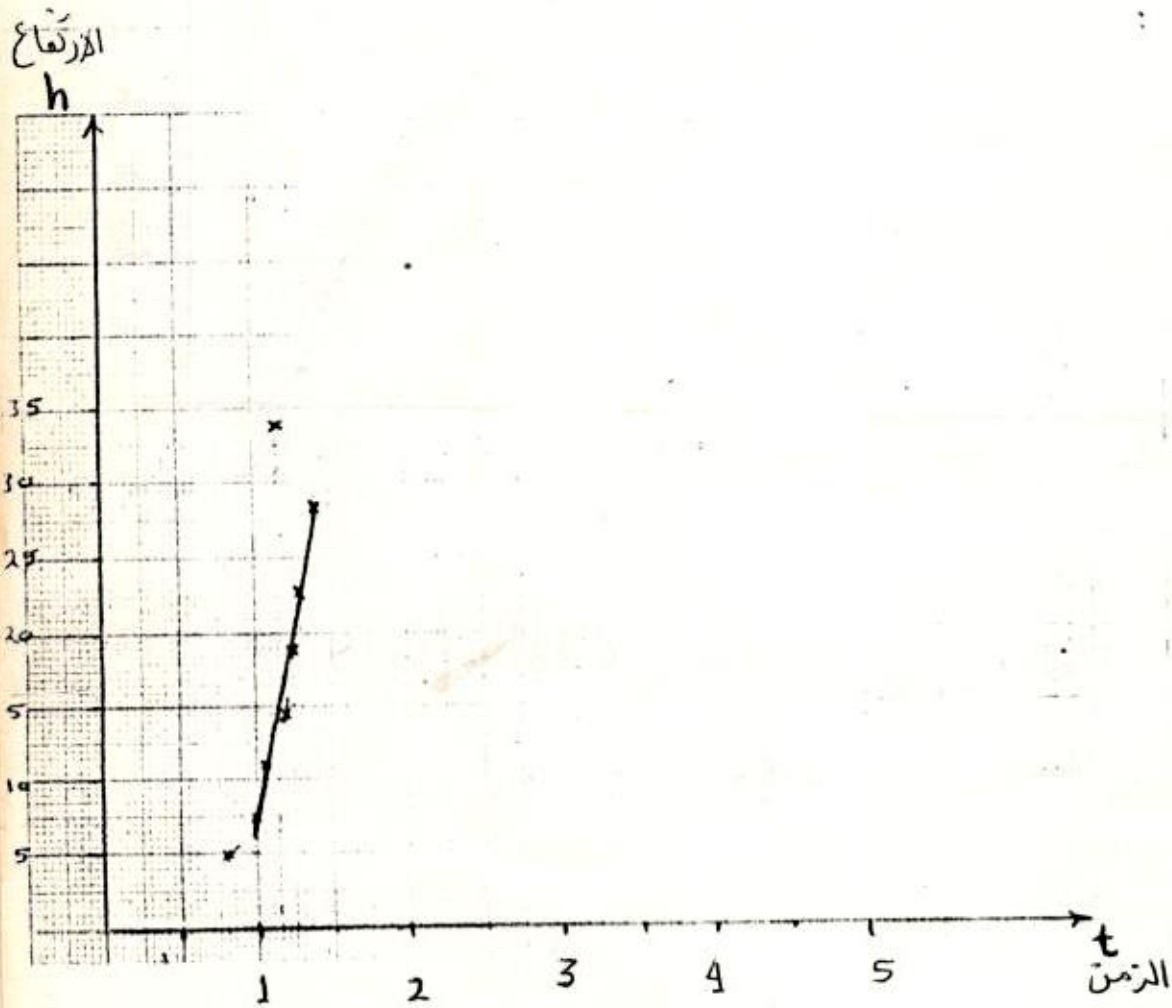
المشغل (3)
Control valve



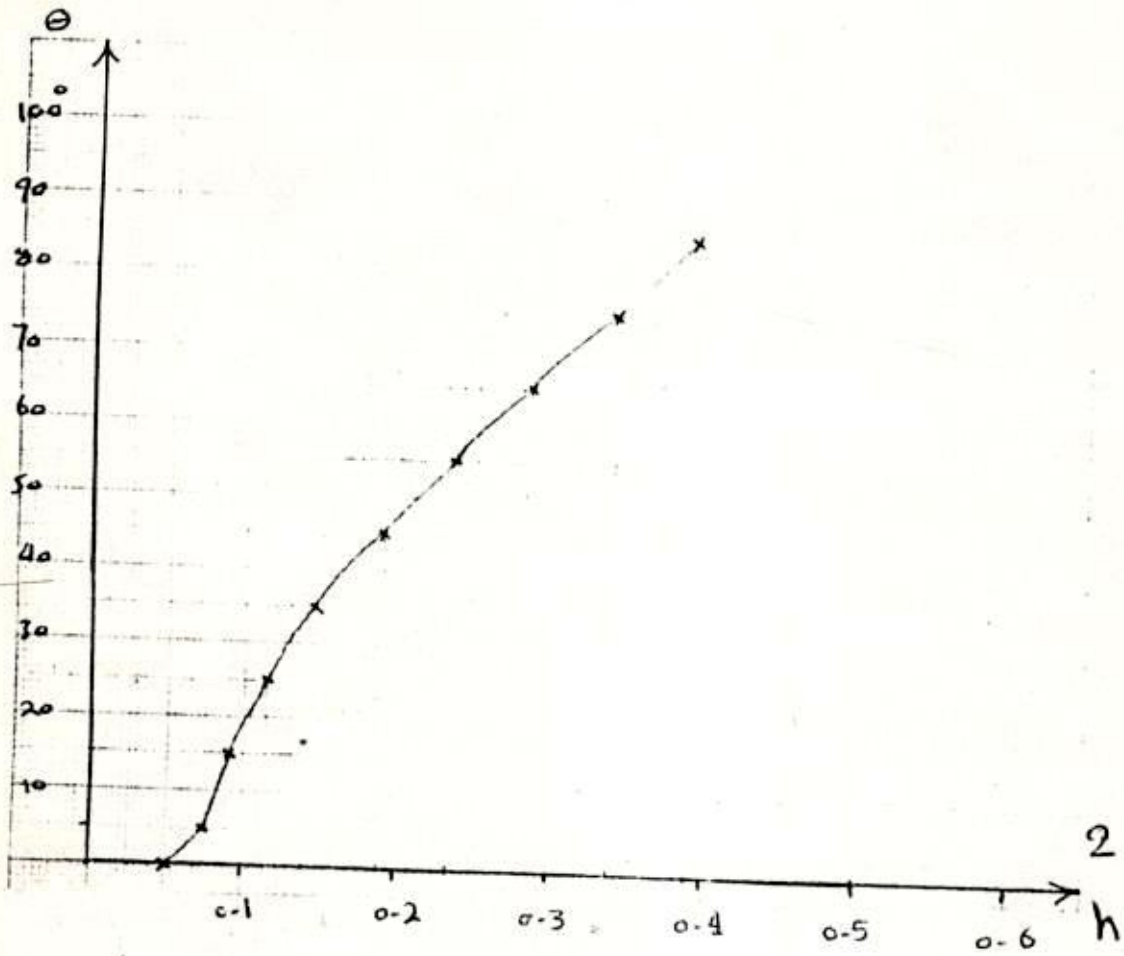
SCALE	1:2
TITLE	Control valve
NO	3



ملف (B)

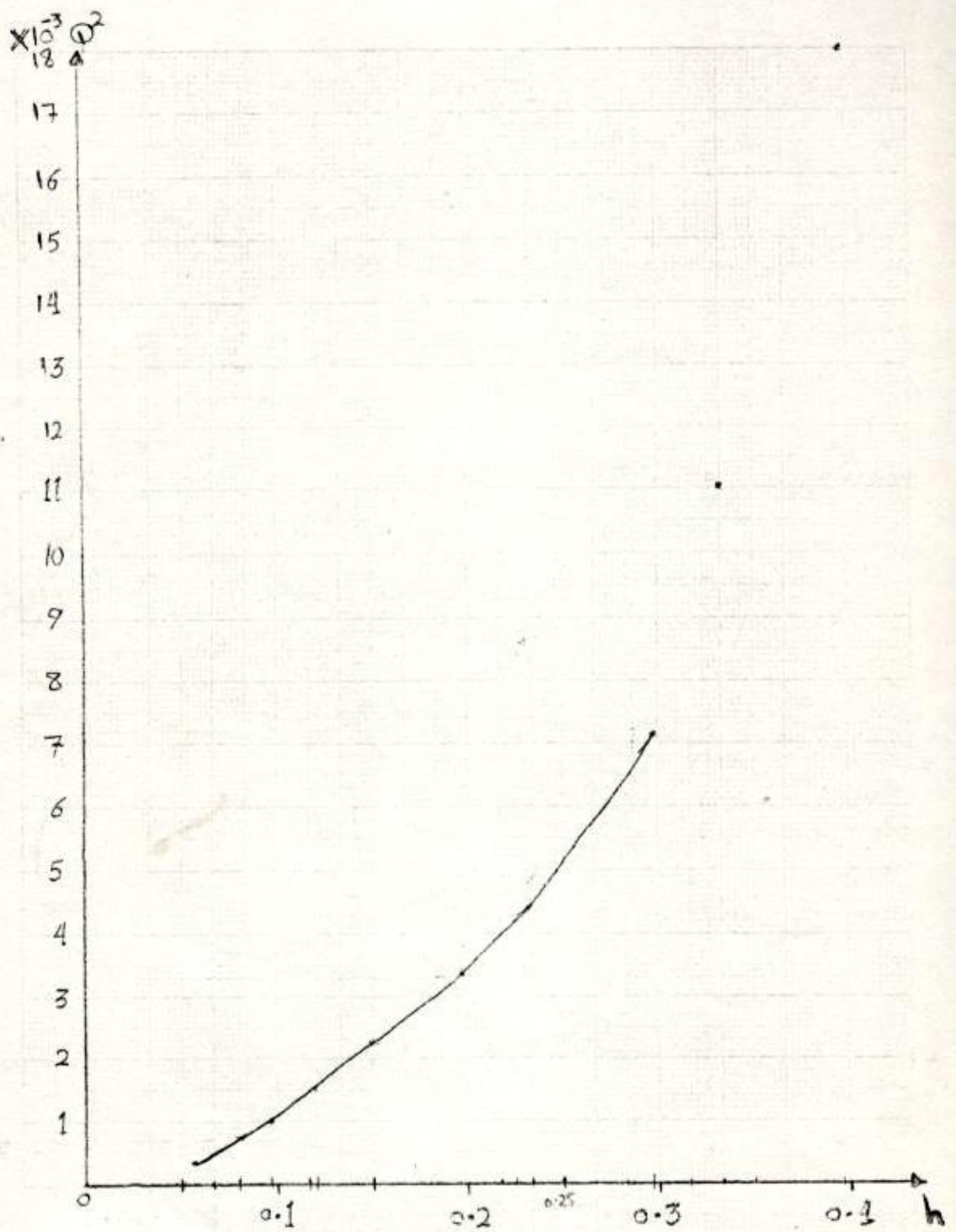


شكل (4.1) العلاقة بين السمات h والزمن t



العلاقة بين زاوية الانحراف θ
والمسافة «h»

شكل (4-2)



شكل رقم (4-3) العلاقة بين مربع التصريف Q^2 والسمك h