إنسياب الموائع Fluid Flow

يقصد بالموائع المواد القابلة للإنضغاط مثل الغازات والمواد الغير قابلة للإنضغاط مثل السوائل.

رقم رينولدز (Re) Reynold's number:
هو رقم غير مميز (ليس له وحدات) ويحسب من المعادلة.

Re =

حيث أن:
(D) قطر الماسورة (Diameter).
(V) السرعة (Velocity).
() الكثافة (Density).
() اللزوجة (Viscosity).

وجد أنه عند حساب رقم رينولدز (Re No.) إذا كان:
1- Re < 2100 Stream line, laminar or viscous flow أى إنسياب خطى أو بسيط
2- Re > 4000 Turbulent flow إنسياب دوامى أو مضطرب
3- Re > 2100 < 4000 Transition region مرحلة إنتقالية

فإذا إفترضنا أن هناك مجموعة هيدروليكية مكونة من مضخة ومرشح وصمام وكوع Elbow وماسورة توصيل كما هو مبين بالشكل التالى:

رسم تخطيطى للمجموعة الهيدروليكية

وإعتبرنا أن حدود هذه المجموعة هى النتقطتين ١ ، ٢ فإذا كان معدل سريان السائل فى هذه الحالة ثابتا ولا يتغير نتيجة لتخزين جزء منه فى المجموعة فإنه يمكن وصف المجموعة رياضيا كما يأتى:
يعتمد الإنسياب على قانونين:

<u>الأول:</u> معادلة ثبات (إستمرارية) الكتلة Mass continuity equation:

معدل إنسياب الكتلة فى أى مكان يكون ثابت طالما أنه ليس فيه تسرب

$$m = V$$

حيث أن: (m) معدل إنسياب الكتلة.

(V) المعدل الحجمى. ($V = A \times V$)

$m = VA = C$. (constant ثابت)

(V) السرعة التى يدخل بها المائع.

(A) مساحة المقطع.

$$m = V_1A_1 = V_2A_2 = V_nA_n \ldots\ldots \text{Constant}$$

Constant for liquid . .

$$V = V_1A_1 = V_2A_2 = \text{constant}$$

ونجد أن معدل سريان الكتلة (m) ثابت سواء ضاقت أو إتسعت المواسير وأيضا كثافة المائع ثابتة ولذلك الذى يتغير نتيجة ضيق أو إتساع المواسير هو سرعة المائع (V).

<u>الثانى:</u> معادلة برنولى Bernouli equation:

الشغل المبذول بواسطة السائل والشغل الخارجى.

$$-Ws = \Delta P \text{ effect} + \Delta K.E + \Delta P.E + \Sigma F$$

الشغل المبذول: نتيجة إستخدام مضخة — تأثير تغير الضغط: تغير فى الطاقة الحركية الوضع — التغير فى طاقة: طاقة الإحتكاك

=

=

حيث أن:

( ) تساوى ٠,٥ α فى حالة Re أقل من ٢١٠٠ (2100). وتساوى ١,٠ فى حالة Re أكبر من ٢١٠٠.

(-) تعنى شغل مضاف للنظام.

(g) عجلة الجاذبية الأرضية وهى = ٩,٨ متر/ث^2

وبالنسبة لطاقة الأحتكاك Friction energy (ΣF) فإن لها أربعة مصادر.

١- المواسير أو الأنابيب المستقيمة (Friction energy due to straight pipe).

٢- الوصلات مثل الكيعان والمحابس (Friction energy due to fitting).

٣- ضيق أو إختناق الماسورة (Friction energy due to contraction).

٤- إتساع الماسورة (Friction energy due to enlargment).

١- المصدر الأول: (Straight pipe):

تحسب من معادلة (Darcy equation) أو من معادلة (Faning equation).

أ) فى حالة معادلة Darcy equation:

ب) فى حالة معادلة Faning equation:

ملحوظة: معادلة (Faning) أربعة أضعاف معادلة (Darcy).

ولذلك تكون قيمة f فى معادلة Darcy أربعة أضعاف قيمة f فى معادلة Faning وتكون النتيجة واحدة وتسمى (f) معامل الإحتكاك (Friction energy) ويتوقف ذلك على Re No.

فإذا كانت قيمة أقل من ٢١٠٠ فإن قيمة تساوى:

فى حالة معادلة Darcy $f = 64/Re$

وفى حالة معادلة Faning $f = 16/Re$

أما إذا كانت Re No. أكبر من ٢١٠٠ فتستخدم خرائط خاصة وفى هذه الحالة فإن قيمة (f) لا تعتمد على Re No. فقط ولكن تعتمد على عامل أخر يسمى الخشونة النسبية (Relative Roughness) حيث أن المفروض أن كل ماسورة لها درجة خشونة تختلف من ماسورة إلى أخرى وهى تؤثر على طاقة الإحتكاك وتقاس هذه الخشونة بمقياس نسبى ويرمز لها بالرمز (ε).

Relative roughness =

أنواع المواسير المختلفة موضوعة فى الخرائط ولابد أن يكون المواسير بالمتر وتكون جديدة وتعرف الخشونة النسبية (Relative roughness) من الخريطة، وإذا كانت مواسير ناعمة (Smooth pipe) يعرف من الخريطة مباشرة.

Sream line flow : تعرف من الخريطة مباشرة بدون حسابها إذا كان المطلوب تطبيق معادلة Darcy بدلا من Faning تضرب فى ٤.

٢- المصدر الثانى: المحابس وأماكن اللحام Fitting:

يسبب فقد فى الطاقة وفى هذه الحالة تطبق معادلة Darcy.

تكون (Le/D) بدلا من (L/D) وتوجد (Le) فى جداول وأحيانا تعطى النتيجة مباشرة وتكتب المعادلة مرتين:

،

بجمع المعادلتين:

وتعتبر معادلة واحدة فى حالة وجود Fitting وأماكن اللحام.

وطبقا لمعادلة Faning تكون
ويراعى تكرار القيمة (Le/D) بعدد قطع التثبيت Fitting.

٣- المصدر الثالث Contraction:

$$Fc = Kc$$

حيث أن: (Fc) معناها أن الماسورة كانت واسعة ثم ضاقت.
(Kc) يكون ثابت من جداول بالنسبة بين مساحتى الماسورتين.

٤- المصدر الرابع Enlargement:

الماسورة يحدث لها أن توسع بعد أن كانت صغيرة.

Fe =

القدرة النظرية المطلوبة للمضخة:

$$Power = m \times -Ws$$

وبالقسمة على الكفاءة (efficiency)

$$Power = (m \times -Ws)/eff.$$

ويعبر عن القدرة بالحصان $1\ HP = 550\ ft.Lb_f/sec.$

فى النظام الهندسى $Horse\ power = (m \times -Ws)/(eff. \times 550)$

مثال:

فى أحد مصانع الأغذية يتم ضخ محلول سكرى تركيزه ٢٠° بركس (الكثافة النسبية = ١,٠٨١) ، درجة حرارته ٢٠°م. إذا علمت أن عملية الضخ تتم من خزان (تنك) كبير مفتوح بمعدل ٦٠ لتر/دقيقة خلال مواسير حديد مجلفن ١ بوصة إلى سطح علوى كما هو مبين بالرسم بعد. طول المواسير المستخدمة ٣٠ متر وتشتمل على ٣ كوع ٩٠°. مستوى سطح السائل فى الخزان ٣ متر أعلى سطح الأرض. ماسورة التصريف على إرتفاع ١٢ متر أعلى سطح الأرض. الضغط عند فتحة التصريف ٣٥ كيلو باسكال (عدادى gage). إحسب الشغل بوحدات N.m/kg من المحلول والقدرة اللازمة بالوات Watt إذا علمت أن كفاءة المضخة والموتور يمكن إعتبارها ٥٠% ولزوجة المحلول ١,٩ سنتيبواز.

الحـــل