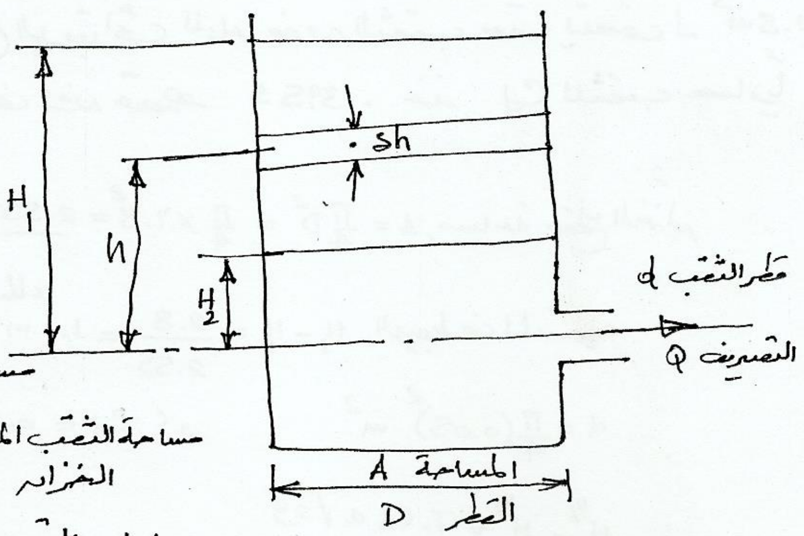
الفصل الأول

(Flow under varying head) السريان بسمت متغير

في جميع المسائل في هذا الفصل نجد أن السمت الذي ينتج السريان يتغير مع الزمن وهكذا يتطلب الحصول على حل بإعتبار الحالة عند فترة زمنية صغيرة δt وبعد ذلك بإجراء التكامل على العلاقة المتحصل عليها .

الزمن المطلوب لتفريغ مستودع :- (Time required to empty a reservoir)

1/ تفريغ خزان خلال ثقب :- (Tank emptying through orifice)



حيث, $A =$ مساحة مقطع الخزان

$a =$ مساحة الثقب الموجود على جانب الخزان

$C_d =$ معامل التصريف للثقب

$H_1 =$ العلو الأولي للماء في الخزان

$H_2 =$ العلو النهائي " " "

$h =$ علو الماء في الخزان عند أي لحظة

$\delta h =$ الإنخفاض في علو الماء عند زمن δt

ينخفض الماء في الخزان بمقدار δh في زمن δt

حجم الماء المغادر للخزان $= -A\delta h = -A\,dh$

معدل السريان خلال الثقب, $Q = aC_d\sqrt{2gh}$

معدل السريان في زمن δt $= Q\delta t$

$$\therefore -A\,dh = aC_d\sqrt{2gh}\;dt$$

$$dt = \frac{-A\,dh}{aC_d\sqrt{2gh}} = \frac{-A\,h^{-1/2}\,dh}{aC_d\sqrt{2g}}$$

$$\int_{t=0}^{t=T} dt = \int_{h=H_1}^{h=H_2} \frac{-A\,h^{-\frac{1}{2}}\,dh}{aC_d\sqrt{2g}} = \frac{-A}{aC_d\sqrt{2g}}\int_{H_1}^{H_2} h^{-1/2}\,dh$$

(2)

$$T = \frac{-A}{a C_d \sqrt{2g}} \left[2h^{1/2} \right]_{H_1}^{H_2}$$

$$T = \frac{-2A}{a C_d \sqrt{2g}} \left[h^{1/2} \right]_{H_1}^{H_2}$$

$$= \frac{-2A}{a C_d \sqrt{2g}} \left[H_2^{1/2} - H_1^{1/2} \right]$$

$$\therefore T = \frac{2A}{a C_d \sqrt{2g}} \left(H_1^{1/2} - H_2^{1/2} \right) \text{ ——— } *$$

EX(1) :- إشتق صيغة لزمن تفريغ خزان أسطواني أفقي خلال ثقب في الأسفل. إذا كان قطر الخزان يساوي 1.8m وقطر الثقب يساوي 50mm، أوجد الإرتفاع الإبتدائي للماء فوق الثقب حتى يتسنى لـ $2.8m^3$ من الماء بالسريان إلى الخارج في زمن قدره 395 s. خذ C_d للثقب مساوياً لـ 0.6.

الحل :-

$$A = \frac{\pi}{4} D^2 = \frac{\pi}{4} \times 1.8^2 = 2.55 m^2 \text{ ، مساحة مقطع الخزان}$$

إذا تم تصريف $2.8m^3$ من الماء

$$H_1 - H_2 = \frac{2.8}{2.55} = 1.1 m \text{ الهبوط في المنسوب}$$

نعوض $T = 395 s$ ، $C_d = 0.6$ ، و $a = \frac{\pi}{4}(0.05)^2 m^2$

في المعادلة *

$$H_1^{1/2} - H_2^{1/2} = \frac{T \cdot C_d \, a \sqrt{2g}}{2A}$$

$$= \frac{395 \times 0.6 \times \frac{\pi}{4}(0.05)^2 \sqrt{2g}}{2 \times 2.55} = 0.404$$

$$\therefore H_2^{1/2} = H_1^{1/2} - 0.404$$

$$\therefore H_2 = H_1 - 0.808 H_1^{1/2} + 0.163$$

$$H_1 - H_2 = H_1 - (H_1 - 0.808 H_1^{1/2} + 0.163) \text{ ، الهبوط في المنسوب}$$

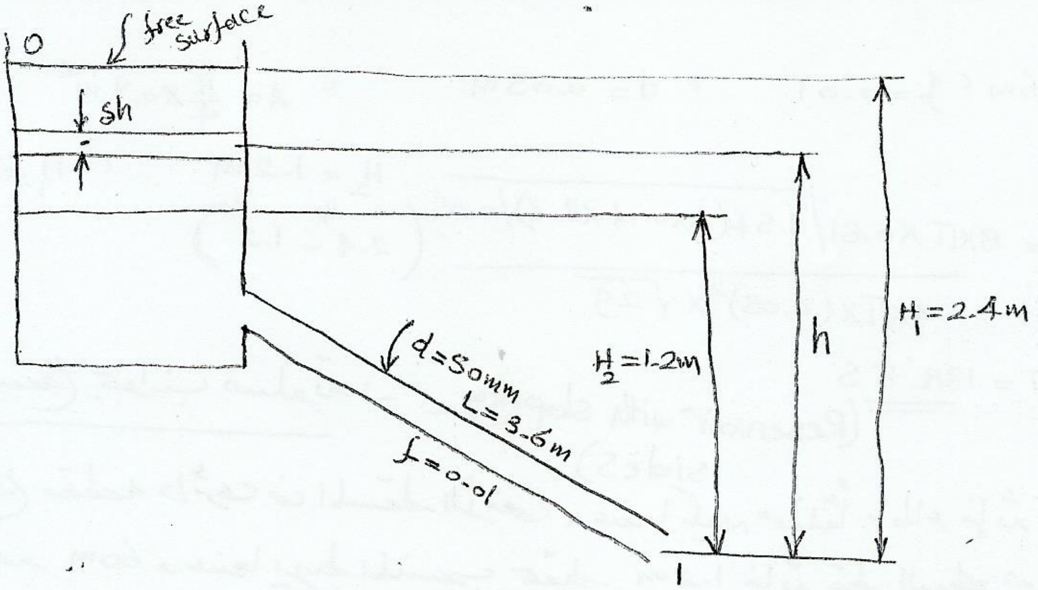
$$0.808 H_1^{1/2} = 1.263$$

$$\therefore H_1 = 2.45 m \text{ الإرتفاع الإبتدائي}$$

EX(2) :- تفريغ خزان خلال ماسورة :- (Tank emptying through pipe)

خزان أسطواني قطره 0.9m، يتم تفريغه خلال ماسورة قطرها 50mm وطولها 3.6m (أطرافها حادة) حيث $f = 0.01$. أوجد الزمن المأخوذ لينخفض السمت من 2.4m إلى 1.2m.

(3)



الحل :- عند زمن t إجعل السمت الذي ينتج السريان هو h

مساويه هذا مقاساً من السطح الحر إلى المخرج.

باعتبار السريان خلال الماسورة وبتطبيق معادلة بيرنولي إلى السطح الحر وإلى المخرج وبالأخذ في الاعتبار فقد الضغط عند المدخل (بين النقطة 0 و 1)

$$\cancel{H_0} + \overset{h}{z_0} + \overset{=0}{\frac{v_0^2}{2g}} = \cancel{H_1} + \cancel{z_1} + \frac{v_1^2}{2g} + \left\{ H_f + 0.5\frac{v_1^2}{2g} \right\}$$

$$h = \frac{v^2}{2g} + \left\{ \frac{4fl}{d}\cdot\frac{v^2}{2g} + 0.5\frac{v^2}{2g} \right\}$$

$$h = \frac{v^2}{2g}\left(1 + \frac{4fl}{d} + 0.5\right) = \frac{v^2}{2g}\left(1.5 + \frac{4fl}{d}\right)$$

$$\therefore v = \sqrt{\frac{2gh}{1.5 + (4fl/d)}} = \frac{\sqrt{2g}\,h^{1/2}}{\sqrt{\{1.5 + (4fl/d)\}}}$$

معدل التصريف خلال الماسورة :

$$Q = av = \frac{\pi}{4}d^2 v = \frac{\frac{\pi}{4}d^2\sqrt{(2g)}\cdot h^{1/2}}{\sqrt{(1.5 + 4fl/d)}}$$

إذا هبط المنسوب بمقدار δh في زمن δt كما هو واضح في الشكل عاليه

$$-A\delta h = Q\delta t$$

معدل السريان في زمن δt = حجم الماء المغادر للخزان

$$\therefore \delta t = \frac{-A\delta h}{Q}$$

حيث A كمية ثابتة ونعوض عن Q

$$\delta t = \frac{-A\sqrt{\{1.5 + (4fl/d)\}}\cdot h^{-\frac{1}{2}}\,dh}{\frac{\pi}{4}d^2\sqrt{2g}}$$

تكامل لإيجاد الزمن T المأخوذ لهبوط المنسوب من $h = H_1$ إلى $h = H_2$

$$T = -\frac{4A\sqrt{\{1.5 + 4fl/d\}}}{\pi d^2\sqrt{2g}}\int_{H_1}^{H_2} h^{-\frac{1}{2}}\,dh$$

$$= \frac{8A\sqrt{\{1.5 + 4fl/d\}}}{\pi d^2\sqrt{2g}}\left(H_1^{1/2} - H_2^{1/2}\right)$$

(4)

$L = 3.6m$ ، $f = 0.01$ ، $d = 0.05m$ ، $A = \frac{\pi}{4} \times 0.9\ m^2$ بوضع

$H_2 = 1.2m$ ، $H_1 = 2.4m$

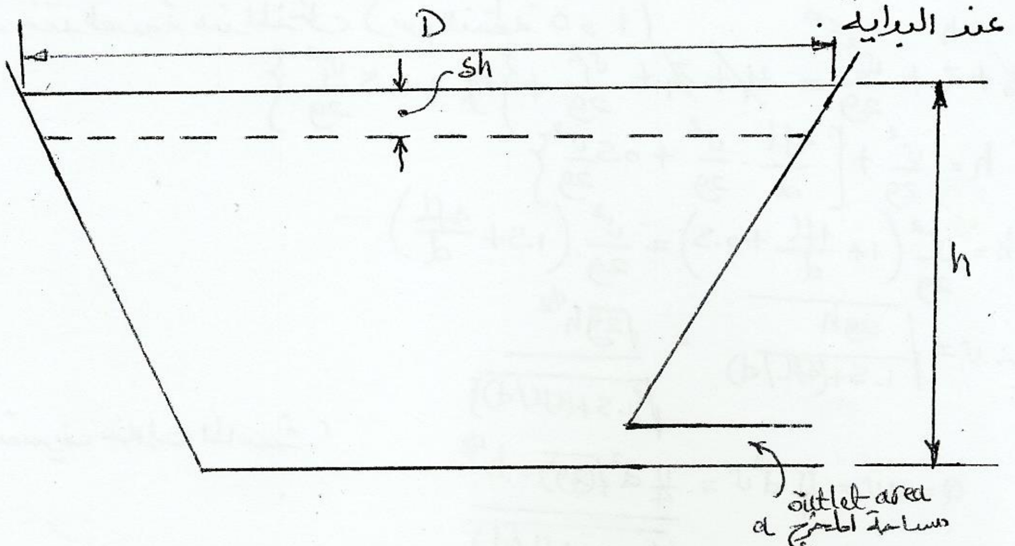
$$T = \frac{8 \times \pi \times 0.81 \sqrt{1.5 + (4 \times 0.01 \times 3.6)/0.05}}{4 \times \pi \times (0.05)^2 \times \sqrt{2g}} \left(2.4^{1/2} - 1.2^{1/2} \right)$$

$\therefore T = \underline{138.8\ s}$

3/ مستودع بجوانب مسلوبة :- (Reservoir with sloping sides)

مستودع مقطعه دائري في المسقط الأفقي. عندما يكون ممتلئاً بالماء فإن قطر سطح الماء هو 60m وعندما يهبط المنسوب بمقدار 1.2m فإن قطر السطح هو 48m. يتم التصريف خلال مخرج قطره 0.6m ويبعد 3m أسفل منسوب الماء الأعلى الذي يتم معاملته كفوهة بمعامل تصريف مقداره 0.8. حدد الزمن المطلوب لخفض منسوب الماء بمقدار 1.2m إذا كان المستودع ممتلئاً بالماء عند البداية.

الحل :-



عند زمن t إجعل السمت فوق المخرج هو h ، وقطر السطح الحر هو D.
إفترض إنه في زمن δt ينخفض المنسوب بمقدار δh.

$$-A\delta h = Q\delta t$$

معدل السريان في زمن δt = حجم الماء المنساب المتزايد

حيث Q = التصريف خلال المخرج.

كل من Q و A تتغير مع h ويجب التعبير عنهما بدلالة h قبل إجراء التكامل للمعادلة لإيجاد زمن التصريف.

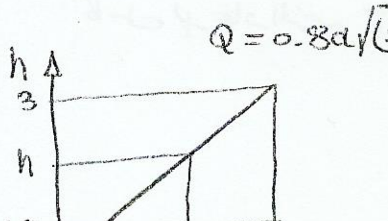
بمعاملة المخرج كفوهة ،

$$Q = 0.8a\sqrt{(2gh)}$$

عندما $h = 3m$ ، $D = 60m$

وعندما $h = 1.8m$ ، $D = 48m$

بتشابه المثلثات (أي بإستخدام طريقة الإستكمال)



$$D = 48 + \left(\frac{h-1.8}{3-1.8}\right)(60-48) = 48 + \frac{(h-1.8)}{1.2} \times 12$$
$$= 48 + 10(h-1.8) = 48 + 10h - 18$$

$$\therefore D = 30 + 10h$$

$$\therefore \delta t = \frac{-A}{Q}\delta h = -\frac{\frac{\pi}{4}(30+10h)^2}{0.8 \times \frac{\pi}{4}(0.6)^2\sqrt{2g}} \cdot h^{-\frac{1}{2}}\delta h$$
$$= -\frac{(900 + 600h + 100h^2)}{1.272} h^{-\frac{1}{2}}\delta h$$

$$dt = -(707h^{-1/2} + 471h^{1/2} + 78.7h^{3/2})\,dh$$

بالتكامل من $H_1 = 3m$ إلى $H_2 = 3 - 1.2 = 1.8m$

$$T = -\int_3^{1.8}\left[707h^{-\frac{1}{2}} + 471h^{1/2} + 78.7h^{3/2}\right]dh$$
$$= -\left[1414h^{\frac{1}{2}} + 314h^{\frac{3}{2}} + 31.5h^{\frac{5}{2}}\right]_3^{1.8}$$

$$= \underline{\underline{1778\,S}} = \underline{\underline{29\,min.\ 38S}}$$

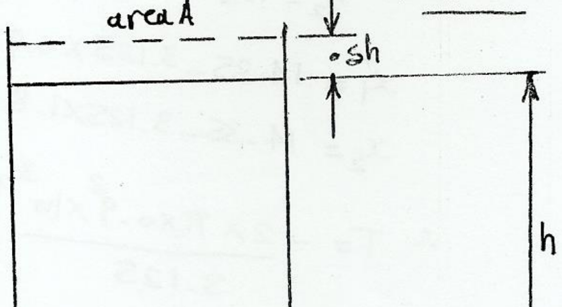
4/ الزمن المطلوب لملء مستودع :- (Time required to fill areservoir)

مثال :- خزان دائري المقطع، قطره 1.8m ومفتوح إلى الجو عند أعلاه، يتم إمداده بماء خلال ماسورة أفقية طولها 30m وقطرها 50mm عند قاعدة الخزان هنالك مضخة تغذي الماسورة وتحافظ على ضغط قياس ثابت مقداره $45kN/m^2$ عند المدخل إلى الماسورة. أوجد الزمن المطلوب لرفع منسوب الماء في الخزان من 0.9m إلى 1.8m فوق ماسورة المدخل إذا كان $f = 0.01$.

الحل :-

عند زمن t إفترض أن المنسوب في الخزان هو h فوق مدخل الماسورة ومعدل السريان إلى الداخل هو Q .

بتطبيق معادلة بيرنولي إلى السطح الحر وإلى مدخل الماسورة وبإعتبار الإحتكاك .



$$H = h + \frac{fLQ^2}{3d^5}$$

منسوب المدخل $= 45kN/m^2 = 45 \times 10^3\ N/m^2$ (gauge)

عليه ،

$$H = \frac{45 \times 10^3}{10^3 \times 9.81} = \underline{4.58m}$$

$f = 0.01,\ L = 30m,\ d = 0.05m$

(6)

$$4.58 = h + \frac{0.01 \times 30 \times Q^2}{3 \times (0.05)^5}$$

$$Q = (14.35 - 3.125h)^{1/2} \times 10^{-3}$$

إذا إنخفض المنسوب في الخزان بمقدار δh في زمن δt

$$A\delta h = Q\delta t$$

$$\underbrace{A\delta h}_{\text{الحجم الداخل إلى الخزان}} = \underbrace{Q\delta t}_{\text{معدل الضخ إلى داخل الخزان}}$$

$$\delta t = +\frac{A}{Q}\delta h$$ (لاحظ الإشارة الجبرية الموجبة)

$$\delta t = \frac{A\delta h \times 10^3}{(14.35 - 3.125h)^{1/2}}$$

بوضع $(14.35 - 3.125h) = x$ ،

$$\therefore \delta t = \frac{A\delta h \times 10^3}{x^{1/2}}$$

$$x = 14.35 - 3.125h$$

$$\therefore \frac{dx}{dh} = 0 - 3.125 = -3.125$$

$$\therefore dh = \frac{-dx}{3.125}$$

$$\therefore \delta t = -\frac{A x^{-\frac{1}{2}} dx \times 10^3}{3.125}$$

$$dt = -\frac{A x^{-\frac{1}{2}} dx \times 10^3}{3.125}$$

$\therefore$ بالتكامل، $$T = -\frac{2A \times 10^3}{3.125}\left[x^{1/2}\right]_{x_1}^{x_2}$$

حيث x_1 و x_2 هي قيم x المناظرة لـ h_1 و h_2.

بوضع $A = \pi \times 0.9^2 \ m^2$ ، $h_1 = 0.9 \ m$ ، $h_2 = 1.8 \ m$

$$x_1 = 14.35 - 3.125 \times 0.9 = 11.54 \ m$$

$$x_2 = 14.35 - 3.125 \times 1.8 = 8.73 \ m$$

$$\therefore T = -\frac{2 \times \pi \times 0.9^2 \times 10^3}{3.125}\left[8.73^{1/2} - 11.54^{1/2}\right] = 721 \ S$$

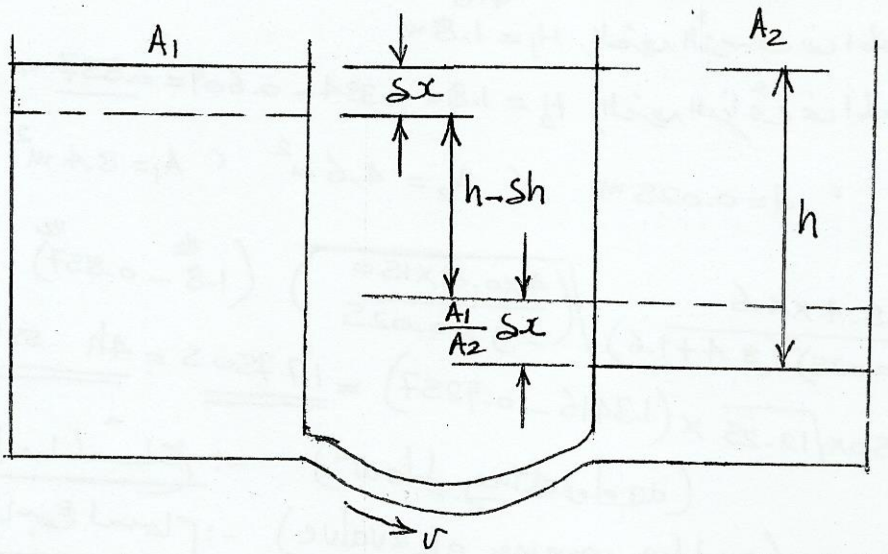
5/ السريان من مستودع لآخر :- (Flow from one reservoir to another)

خزانين لديهما مساحة مقطع ثابتة A_1 و A_2 على الترتيب، يتم توصيلهما بماسورة قطرها d ، طولها l ولديها معامل إحتكاك f. بتجاهل مفقودات الصدمة أوجد تعبيراً للزمن المأخوذ لتغير الفروق في المنسوب في الخزانين من H_1 إلى H_2.

إذا كان $H_1 = 1.8\,m$ ، $A_1 = 8.4\,m^2$ و $A_2 = 4.6\,m^2$ ، أوجد الزمن المأخوذ لـ $2.8\,m^3$ من الماء لتتحرك من أحد الخزانين إلى الآخر خلال ماسورة قطرها $25\,mm$ وطولها $150\,mm$ إذا كان $f = 0.01$.

الحل :-

الطريقة مشابهة للأسلوب المستخدم في التفريغ البسيط . بالرجوع إلى الشكل أدناه علينا ملاحظة أثر التغير في السمت المنتج للسريان أو الرمن الرابط في المنسوب في الخزان على اليد اليسرى .



عند زمن t ، إجعل الفرق في المنسوب المنتج للسريان هو h والسرعة في الماسورة v . ويتجاهل فقودات الصدمة .

$$h = \frac{4fl}{d}\frac{v^2}{2g}$$

$$v = \sqrt{\left[\frac{2gd}{4fl}\right]} \cdot h^{1/2}$$

إذا كان المنسوب في الخزان الأيسر يربط بمقدار δx في زمن δt .

$A_1 \delta x =$ المقدار المار من خزان إلى آخر

$\frac{A_1}{A_2} \cdot \delta x =$ الإرتفاع في المنسوب في الخزان الأيمن

التغير في السمت المنتج للسريان $\delta h = \delta x\left(1 + \frac{A_1}{A_2}\right) = \delta x\left(\frac{A_1 + A_2}{A_2}\right)$

$$\therefore \delta x = \frac{\delta h\, A_2}{(A_1 + A_2)}$$

معدل السريان المار في الماسورة = حجم الماء المار للطرف الأيسر

$$-A_1 \delta x = \frac{\pi}{4} d^2 v\, \delta t$$

$$\delta t = \frac{-4A_1 \delta x}{\pi d^2 v}$$

بالتعويض عن δx و v بدلالة h

$$\delta t = \frac{-4A_1 A_2}{\pi d^2 (A_1 + A_2)}\sqrt{\left(\frac{4fl}{2gd}\right)} \cdot h^{-\frac{1}{2}}\, dh$$

بالتكامل من $h = H_1$ إلى $h = H_2$

(8)

$$T=\frac{8A_1A_2}{\pi d^2(A_1+A_2)}\sqrt{\frac{4fl}{2gd}}\left(H_1^{1/2}-H_2^{1/2}\right)$$

ملاحظة :- هذه المعادلة متماثلة (symmetrical) في A_1 و A_2 ، عليه فإن الزمن لتغير معطى في فرق المنسوب هو نفسه بغض النظر عن إتجاه السريان.

عندما يغادر $2.8m^3$ من الماء الخزان الأيسر.

الهبوط في منسوب الخزان الأيسر $=\frac{2.8}{8.4}=\underline{0.334m}$

الإرتفاع في منسوب الخزان الأيمن $=\frac{2.8}{4.6}=\underline{0.609m}$

الفرق الأصلي في المنسوب , $H_1=1.8m$

الفرق النهائي في المنسوب , $H_2=1.8-0.334-0.609=\underline{0.857m}$

بوضع $A_1=8.4m^2$ ، $A_2=4.6m^2$ ، $d=0.025m$ ، $f=0.01$ ، $L=150m$

$$T=\frac{8\times8.4\times4.6}{\pi(0.025)^2(8.4+9.6)}\sqrt{\left(\frac{4\times0.01\times150}{2g\times0.025}\right)}\left(1.8^{1/2}-0.857^{1/2}\right)$$

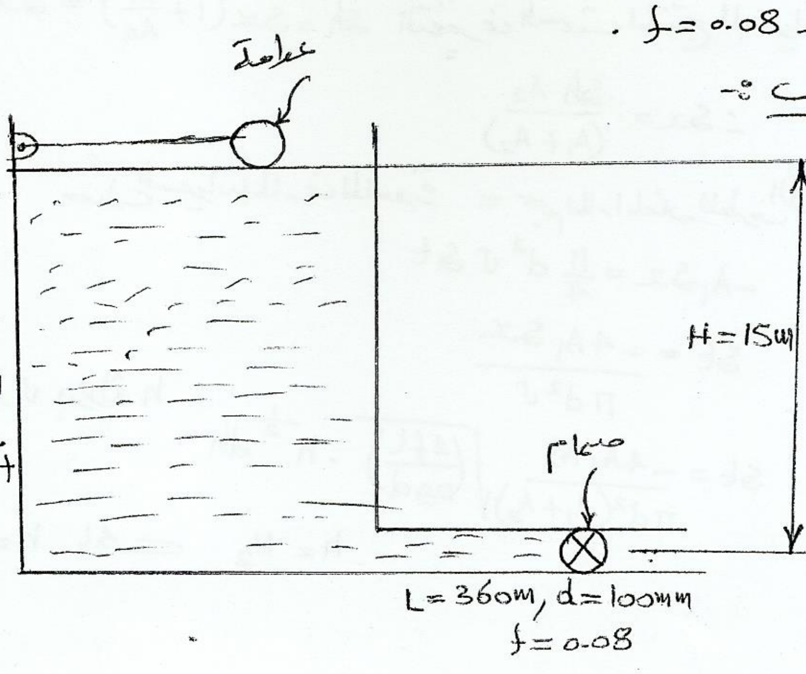
$$=12150\times\sqrt{12.25}\times(1.3416-0.9257)=\underline{\underline{17750\,s}}=\underline{\underline{4h\ 55min.\ 50s}}$$

6/ السريان المتسارع :- (accelerating flow)

الفتح المفاجئ لصمام :- (sudden opening of a valve)

ماسورة مستقيمة طولها 360m ، قطرها 100mm ، من فولاذ حاد ، تغذى الماء من مستودع يتم الحفاظ على منسوبه ثابتاً عند 15m فوق مخرج الماسورة. مخرج الماسورة مغلق منذ البداية بصمام مقاومته الإحتكاكية يمكن أخذها مساوية لـ 7.5m من طول الماسورة. إذا تم فتح الصمام فجأة ، أحسب الزمن المستغرق قبل أن تصبح سرعة السريان في الماسورة 1.2m/s . تجاهل تأثيرات الإنضغاطية وخذ $f=0.08$.

الحل :-



عند أي زمن t إجعل سرعة السريان في الماسورة هي V.

وإذا كان H هو السمت الثابت المنتج للسريان

H= سمت الإحتكاك + سمت السرعة عند المخرج + الفقد عند الصمام + سمت التسارع

فقد الصدمة

إذا كان L هو طول الماسورة و a مساحة مقطع الماسورة

كتلة السائل في الماسورة $m = \dfrac{w a l}{g}$

اذا كانت السرعة هى $v+\delta v$ عند زمن $t+\delta t$

تسارع السائل في الماسورة $= \dfrac{\delta v}{\delta t}$

عليه ،

القوة المطلوبة للتسارع $F = \dfrac{w a l}{g} \cdot \dfrac{dv}{dt}$

السمت المطلوب للتسارع $= \dfrac{L}{g}\dfrac{dv}{dt} \longrightarrow$ $p = \rho g h$

$h = \dfrac{P}{\rho g} = \dfrac{F/a}{\rho g} = \dfrac{F}{\rho g a} = \dfrac{F}{w a}$

السمت المطلوب لتخطى الإحتكاك $= \dfrac{4fl}{d}\dfrac{v^2}{2g}$

فقد السمت عند الصمام $= \dfrac{4f \times 7.5}{d} \cdot \dfrac{v^2}{2g}$

فقد السمت عند المدخل $= \dfrac{0.5v^2}{2g}$

سمت السرعة عند المخرج $= \dfrac{v^2}{2g}$

$$H = \frac{4fl}{d}\cdot\frac{v^2}{2g} + \frac{v^2}{2g} + \frac{L}{g}\frac{dv}{dt} + \frac{4f \times 7.5}{d}\cdot\frac{v^2}{2g} + 0.5\frac{v^2}{2g}$$

$$H = \frac{v^2}{2g}\left(\frac{4fl}{d} + 1 + \frac{7.5 \times 4f}{d} + 0.5\right) + \frac{L}{g}\frac{dv}{dt}$$

$$H = \frac{v^2}{2g}\left[\frac{4f}{d}(L + 7.5) + 1.5\right] + \frac{L}{g}\frac{dv}{dt}$$

اجعل $\left[\dfrac{4f(L+7.5)}{d} + 1.5\right] = C$

$$\therefore H = \frac{Cv^2}{2g} + \frac{L}{g}\frac{dv}{dt}$$

$$\frac{dv}{dt} = \left(H - \frac{Cv^2}{2g}\right) \Big/ \frac{L}{g}$$

$$\frac{dv}{dt} = \frac{gH}{L} - \frac{Cv^2}{2L} = \frac{2gH - Cv^2}{2L}$$

$$dt = \frac{2L\,dv}{2gH - Cv^2}$$

بالتكامل من $v = 0$ إلى $v = V$

الزمن المطلوب $T = \displaystyle\int_0^V \frac{2L\,dv}{2gH - Cv^2}$

بقسمة البسط والمقام % $\dfrac{2L}{C}$

$$T = \int_0^V \frac{C\,dv}{(2gH - Cv^2)\,C/2L} = \int_0^V \frac{2LC\,dv}{C(2gH - Cv^2)} = \frac{2L}{C}\int_0^V \frac{C\,dv}{(2gH - Cv^2)}$$

بقسمة البسط والمقام % C

$$T = \frac{2L}{c}\int_0^V \frac{dv}{\frac{(2gH)}{c} - v^2}$$

صيغة التكامل القياسية $\int dx/1-x^2 = \tanh^{-1} x$

$$= \frac{1}{2\sqrt{1}} \ln \left| \sqrt{1}+x/\sqrt{1}-x \right| \quad x^2<1$$

$$\therefore T = \frac{2L}{c} \times \frac{1}{2\sqrt{\frac{2gH}{c}}} \log_e \frac{\sqrt{\left(\frac{2gH}{c}\right)} + V}{\sqrt{\left(\frac{2gH}{c}\right)} - V}$$

$$= \frac{L}{\sqrt{(c \times 2gH)}} \log_e \frac{\sqrt{\left(\frac{2gH}{c}\right)} + V}{\sqrt{\left(\frac{2gH}{c}\right)} - V}$$

بوضع $L = 360m$ ، $H = 15m$ ، $V = 1.2m/s$ ، $d = 0.01m$ ، $f = 0.008$

$$c = \frac{4f}{d}(L+7.5)+1.5 = \frac{4 \times 0.008}{0.01}(360+7.5)+1.5$$

$$= \underline{119}$$

$$\therefore T = \frac{360}{\sqrt{119 \times 2 \times 9.81 \times 15}} \log_e \frac{\sqrt{\{(19.62 \times 15)/119\}} + 1.2}{\sqrt{\{(19.62 \times 15)/119\}} - 1.2}$$

$$= 1.925 \log_e \frac{2.775}{0.375} = 1.925 \times 2.00148 = \underline{\underline{3.9s}}$$

7/ السد أو الهدار :- (Weir)

السد هو فتحة بمقياس كبير يستخدم لقياس السريان لنهر ويمكن أن يكون ذو أطراف حادة (sharp edged) أو له عرض ممتد في إتجاه السريان.

مثال :- مستودع مساحته $33,000m^2$ ويصرف عن طريق سد (Weir) طوله 3.6m . في البداية كانت عتبته تبعد 0.6m أسفل السطح . أوجد الزمن المطلوب لخفض منسوب الماء في المستودع ب 0.5m .

خذ تصريف السد $Q = 1.84Lh^{3/2}$ حيث h هو السمت المقاس فوق العتبة

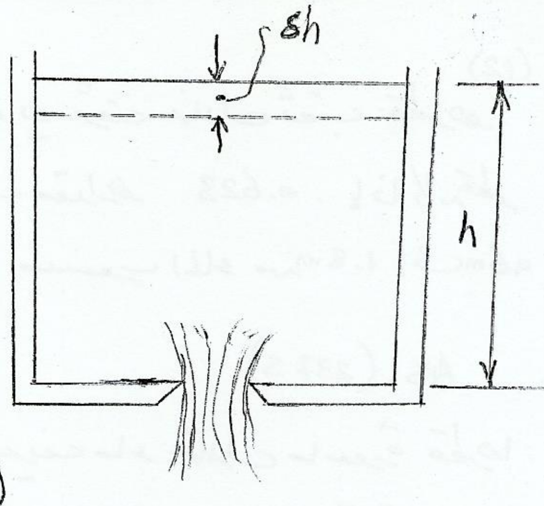
الحل :- إذا كانت A = مساحة مقطع المستودع

و Q = التصريف خلال السد تحت سمت h عند زمن t

من المعادلة 6

$$-A\,\delta h = Q\,\delta t$$

مقدار السريان في زمن δt = حجم الماء المغادر للسد



بأخذ A كقيمة ثابتة وبالتعويض عن Q بدلالة h

$$\delta t = \frac{-A}{Q}\,\delta h = \frac{-A}{1.84 L h^{3/2}} \cdot \delta h$$

$$= \frac{-A h^{-3/2}}{1.84 L} \cdot \delta h$$

بالتكامل من $h = H_1$ إلى $h = H_2$

$$T = \frac{-A}{1.84L}\int_{H_1}^{H_2} h^{-3/2}\, dh = \frac{2A}{1.84L}\left(H_2^{-\frac{1}{2}} - H_1^{-\frac{1}{2}}\right)$$

$$= \frac{2A}{1.84L}\left[\frac{1}{\sqrt{H_2}} - \frac{1}{\sqrt{H_1}}\right]$$

بوضع $A = 33{,}000\ m^2$ ، $L = 3.6\ m$ ، $H_1 = 0.6\ m$ ، $H_2 = 0.6 - 0.5 = 0.1\ m$

$$T = \frac{2 \times 33{,}000}{1.84 \times 3.6}\left[\frac{1}{(0.1)^{1/2}} - \frac{1}{(0.6)^{1/2}}\right]$$

$$= 997(3.162 - 1.291) = \underline{\underline{18680\ s}}$$

$$= \underline{5h\ 11min.\ 20s}$$

مسائل :-

1/ خزان أسطواني أسي قطره 0.6m وارتفاعه 1.5m ، له ثقب في الأرضية قطره 25mm . معامل التصريف 0.61 . إذا كان الخزان بداية مليئاً تماماً بالماء ، ما هو الزمن المطلوب لخفض المنسوب بمقدار 0.9m ؟ Ans. (192 sec.)

2/ خزان أسطواني أسي قطره 1.8m ، له ثقب حاد الحواف في الأرضية قطره 50mm ومعامل تصريف مقداره 0.6 .

أ/ إذا كان الماء يدخل إلى الخزان بمعدل ثابت مقداره $9\ dm^3/s$ ، أوجد عمق الماء فوق الثقب عندما يصبح المنسوب في الخزان مستقراً .

ب/ أوجد الزمن اللازم لينخفض المنسوب من 2.4m إلى 0.6m فوق الثقب إذا لم يكن هنالك سريان دخلي .

ج/ إذا كان الماء يسري إلى داخل الخزان بمعدل ثابت مقداره $17\ dm^3/s$ بحيث يظل الثقب مفتوحاً ، أوجد معدل إرتفاع منسوب الماء بال cm/min. عندما يصل هذا المنسوب إلى إرتفاع 1.5m فوق الثقب .

Ans. (2.97 m ; 775 s ; 25 cm/min.)

3/ خزان أسطواني بمحور رأسي يتم ملئه بماء ويصرّف خلال ثقب قطره 25mm موجود عند قاع الخزان بمعامل تصريف مقداره 0.623 . إذا كان قطر الخزان 0.6m، أوجد الزمن المطلوب لينخفض منسوب الماء من 1.8m إلى 0.6m فوق مستوى الثقب إذا تم قطع الإمداد.

Ans. (237 s)

4/ خزان أسطواني رأسي بقطر 1m يقوم بتصريف ماء خلال ماسورة قطرها 25mm وطولها 3m . يتم توصيل الماسورة إلى قاعدة الخزان والتي تصرّف إلى الجو عند مستوى يبعد 2m أسفل القاعدة. بداية يكون المنسوب في الخزان مستقراً، بحيث يدخل الماء ويغادر بمعدل ثابت مقداره $0.002m^3/s$. إذا تم إيقاف إمداد الماء فجأة، أحسب الزمن المطلوب لتفريغ الخزان بالكامل. إفترض معامل إحتكاك ثابت للماسورة مقداره 0.01 وفقد مدخل مقداره 0.5 مضروباً في سمت السرعة.

Ans. (14min. 35 s)

5/ خزان أسطواني رأسي بقطر 4.8m ويقوم بالتصريف خلال ماسورة طولها 90m وقطرها 225mm . ماهو الزمن المستغرق لهبوط منسوب الماء في الخزان من إرتفاع 2.7m فوق مخرج الماسورة إلى إرتفاع 1.2m فوق ذلك المنسوب؟ إفترض $f = 0.01$.

Ans. (460 s)

6/ خزان أسطواني رأسي بقطر 0.9m . يحتوي الخزان على ماء ويفرّغ خلال ماسورة قطرها 25mm وطولها 2.4m ومعامل إحتكاكها $f = 0.008$. يكون المدخل إلى الماسورة مستديراً وناعماً. يبعد الطرف الخارجي للماسورة 1.8m أسفل قاع الخزان ويركّب عليه فوهة بقطر 12mm وبمعامل تصريف 0.98 . أوجد:

أ/ حجم الماء المصرّف في الثانية عندما يبعد منسوب الماء في الخزان مسافة 1.2m فوق قاع الخزان.

ب/ الزمن المطلوب لخفض منسوب الماء من 1.2m إلى 0.3m فوق قاع الخزان.

Ans. ($0.79dm^3/s$; 13min 9s)

7/ خزان مستطيل بأبعاد 3.6m x 1.2m يُصرّف خلال ماسورة مائلة قطرها 50mm وطولها 3.6m مزوّدة بصمام. أوجد الزمن المأخوذ لإفراغ الخزان إذا كان سمت الماء في الخزان يكون بداية 1.2m ويبعد مخرج الماسورة مسافة 0.9m أسفل قاع الخزان. معامل الإحتكاك f في الماسورة هو 0.009 والفقد عند الصمام يُعادل 1.5 مضروباً في سمت السرعة في الماسورة. يكون المدخل إلى الماسورة والمخرج منها ذوا حواف حادة.

Ans. (19min. 35 s)

8/ خزانان A و B مساحة مقطعيهما الثابتة هما $7.4 m^2$ و $3.7 m^2$ على الترتيب، يتم توصيلهما مع بعض بماسورة قطرها 50mm، وطولها 120m ومعامل إحتكاكها $f = 0.01$. بملاحظة الفرق الإبتدائي للمنسوب هو 1.5m وبالأخذ في الإعتبار فقط للمقاومة الإحتكاكية، أوجد الزمن المأخوذ لحجم من الماء مقداره $2.25 m^3$ ليمر من الخزان A إلى الخزان B.

Ans. (42 min. 25 S)

9/ خزانان أسطوانيان رأسيان، أحدهما بقطر 1.8m والآخر بقطر 1.2m، ويتم توصيلهما بماسورة بقطر 75mm وبطول 1.8m بمدخل ومخرج حاد الأطراف. يتم ملء الخزانين جزئياً بماء وعند لحظة معطاة يكون المنسوب في الخزان الأصغر أعلى بمقدار 1.2m عن الخزان الأكبر. مفترضاً f للماسورة مساوياً لـ 0.009، أحسب الزمن المستغرق ليصبح الفرق في المنسوب 0.3m.

Ans. (64.8S)

الفصل الثاني .

معادلة كمية الحركة وتطبيقاتها

(momentum eqn and its applications)

1/ مقدمة :-

من الناحية الميكانيكية تعرف كمية الحركة أو الزخم لجسم ما بأنها حاصل ضرب كتلة الجسم (m) في سرعته (v) . وحسب ما نص عليه قانون نيوتن الثاني للحركة (Newton second law of motion)

(The rate of change of linear momentum of a body is directly proportional to the resultant external force acting on the body to produce the change)

(معدل التغير في كمية الحركة الخطية لجسم ما يتناسب تناسباً طردياً مع محصلة القوة الخارجية الواقعة على الجسم لإحداث التغيير) ، أي أنه :-

$$F \propto m \frac{dv}{dt}$$

$$F = \overset{=1}{k}\, m\, a$$

$$\therefore F = m \cdot a \qquad \text{———— (1)}$$

حيث ، F = القوة (N)

m = كتلة الجسم (kg)

a = التسارع (m/s^2)

بالنسبة لسريان المائع ؛

$$F = \frac{m}{t}(v_1 - v_2)$$

$$= \dot{m}(v_1 - v_2)$$

$$= \dot{m} \cdot \Delta v \qquad \text{———— (2)}$$

حيث ، v_1 = السرعة الابتدائية . (m/s)

v_2 = السرعة النهائية . (m/s)

$\dot{m}$ = معدل السريان (kg/s) ؛ Δv = التغير في السرعة

المعادلة (2) تمثل معادلة كمية الحركة للمائع في بعد واحد (one-dimension) :-

بالنسبة لسريان ثلاثي الأبعاد (three-dimensional flow) :

$$F_x = \dot{m}\, \Delta v_x$$
$$F_y = \dot{m}\, \Delta v_y \qquad \text{———— (3)}$$
$$F_z = \dot{m}\, \Delta v_z$$

ومن ثم تمكن إيجاد محصلة القوى F_x ، F_y و F_z مقداراً وإتجاهاً لتمثل معدل التغير الكلى فى حركة المائع .

2/ تطبيقات معادلة كمية الحركة :- (Application of momentum eq$\underline{n}$)

تشمل هذه التطبيقات الآتى :-

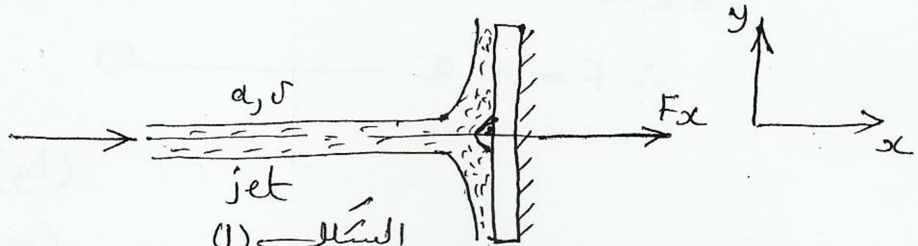
i/ قوة تصادم النفث مع الأسطح الصلبة (المصمتة) المستوية والمقوسة ، الثابتة أو المتحركة)

ii/ القوى الناتجة من السريان عن الأكواع (elbows) والمخفضات (reducers) .

iii/ قوى الدفع النفاث (jet propulsion forces) .

2-i <u>الأسطح المستوية</u> :- (Flat surfaces)

بإفتراض سطح مستوى ثابت متعامد مع إتجاه حركة سريان نفث (jet) سرعته v ومساحة مقطعه a وكثافة المائع ρ كما فى الشكل (1) أدناه .



الشكل (1)

من المعادلة (2) ،

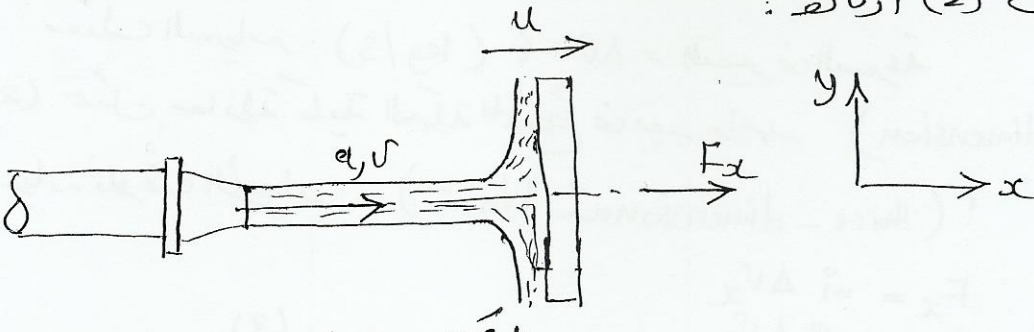
القوة الواقعة على اللوح المستوى الثابت ، $F_x = \dot{m} \cdot \Delta v_x$

$$\dot{m} = \rho Q = \rho a v$$

$$\Delta v_x = v_1 - v_2 = v - 0 = v$$

$$\therefore F_x = \rho a v (v) = \rho a v^2 \quad \text{————} \quad (4)$$

عندما يكون السطح المستوى متحرك بسرعة u فى نفس إتجاه حركة النفث كما فى الشكل (2) أدناه :



الشكل (2)

القوة الواقعة على اللوح المستوى المتحرك / $F_x = \dot{m} \cdot \Delta v_x$

$$\dot{m} = \rho Q \quad ; \quad Q = a(v-u)$$

$$\therefore \dot{m} = \rho a(v-u)$$

$$\Delta v_x = v - u$$

$$\therefore F_x = \rho a(v-u)(v-u)$$

$$= \rho a(v-u)^2 \quad \text{———} \quad (5)$$

بالنسبة للأسطح المتحركة يجب حساب القدرة الناتجة من الحركة وهي عبارة عن شغل ناتج في الثانية (شغل مبذول في الثانية W.D/S) . كما يجب حساب القدرة المدخلة وهي عبارة عن طاقة حركة أو سرعة في الثانية (K.E/S) ، ومن ثم يجب حساب الكفاءة الهايدروليكية للمنظومة (Hydraulic efficiency) حسب المعادلات الآتية :-

الشغل المبذول في الثانية على اللوح المستوى ، $W.D/sec = F_x \cdot u \quad \text{———} \quad (6)$

طاقة حركة أو سرعة النفث في الثانية ، $K.E/sec = \frac{1}{2} \dot{m} v^2 \quad \text{———} \quad (7)$

الكفاءة الهايدروليكية ، $\eta_H = \frac{o/p}{i/p} = \frac{(W.D/sec)}{(K.E/sec)} \quad \text{———} \quad (8)$

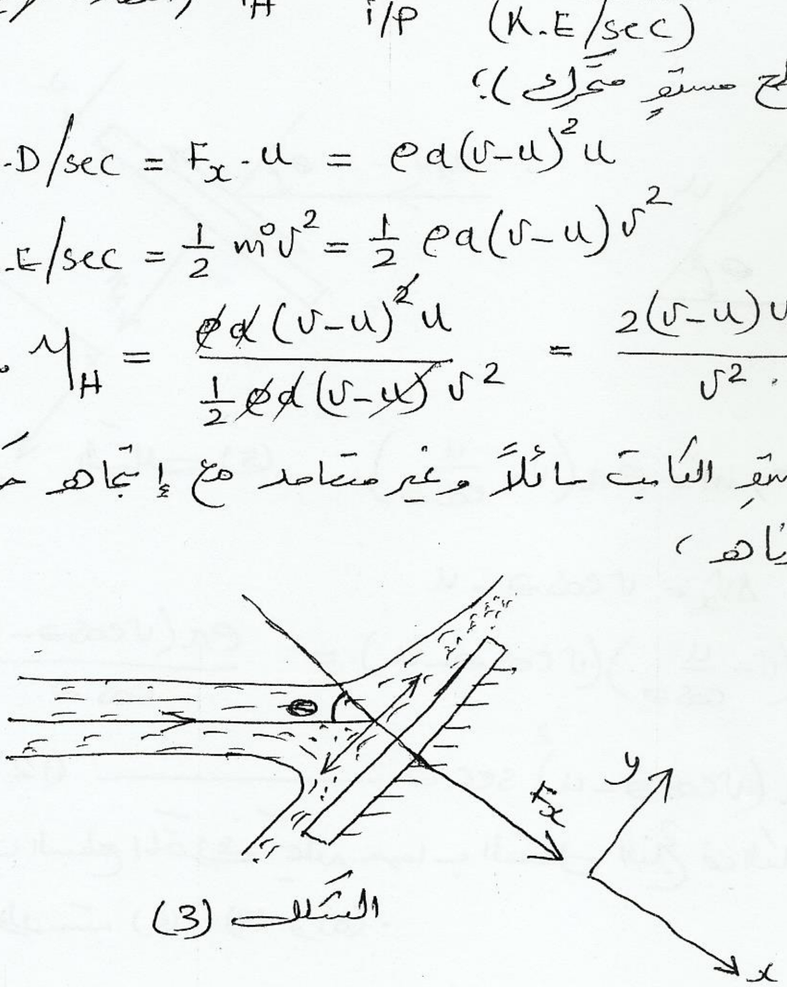
في هذه الحالة (سطح مستوٍ متحرك) :

$$W.D/sec = F_x \cdot u = \rho a(v-u)^2 u$$

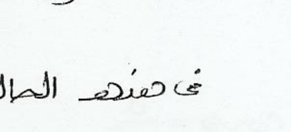
$$K.E/sec = \frac{1}{2}\dot{m} v^2 = \frac{1}{2} \rho a(v-u) v^2$$

$$\therefore \eta_H = \frac{\cancel{\rho} \cancel{a} (v-u)^{\cancel{2}} u}{\frac{1}{2} \cancel{\rho} \cancel{a} \cancel{(v-u)} v^2} = \frac{2(v-u)u}{v^2} \quad \text{———} \quad (9)$$

عندما يكون السطح المستوِ الثابت مائلاً وغير متعامد مع إتجاه حركة النفث كما في الشكل (3) أدناه ،



الشكل (3)



$$\cos\theta = \frac{x}{v}$$

$$\therefore x = v\cos\theta$$

لإيجاد القوة الناتجة المتعامدة مع السطح (F_x) :

$$F_x = \dot{m}\,\Delta v_x$$

$$\dot{m} = \rho a v$$

$$\Delta v_x = v\cos\theta - 0 = v\cos\theta$$

$$\therefore F_x = \rho a v^2 \cos\theta \quad \text{———} \quad (١٠)$$

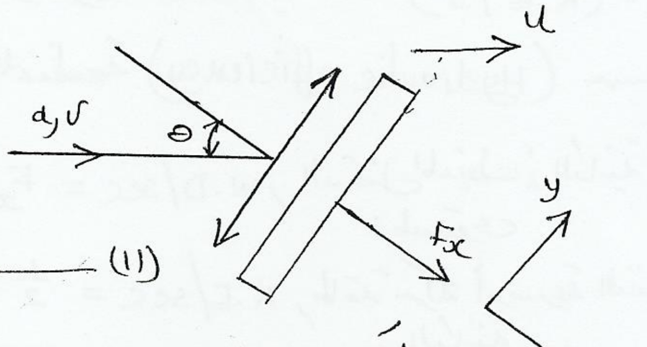
بالنسبة لسطح مستوٍ متحرك غير متعامد مع إتجاه حركة النفث كما في الشكل (4) أو الشكل (٥) أدناه :

$$F_x = \dot{m}\cdot\Delta v_x$$

$$\dot{m} = \rho a (v - u)$$

$$\Delta v_x = v\cos\theta - u\cos\theta = (v-u)\cos\theta$$

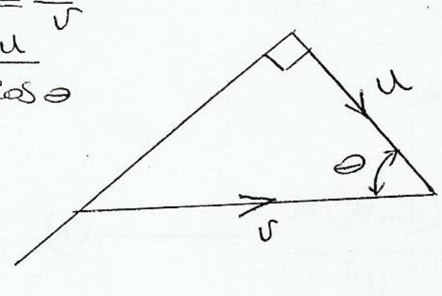
$$\therefore F_x = \rho a (v-u)^2 \cos\theta \quad \text{———} \quad (١١)$$

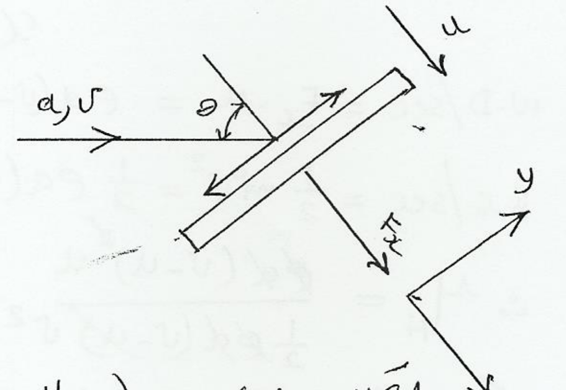


الشكل (4)

$$\cos\theta = \frac{u}{v}$$

$$\therefore v = \frac{u}{\cos\theta}$$





الشكل (٥)

معدل سريان الكتلة المصطدم باللوح في الثانية , $\dot{m} = \rho a\left(v - \frac{u}{\cos\theta}\right)$

$$\Delta v_x = v\cos\theta - u$$

$$\therefore F_x = \rho a\left(v - \frac{u}{\cos\theta}\right)(v\cos\theta - u) = \frac{\rho a (v\cos\theta - u)^2}{\cos\theta}$$

$$= \rho a (v\cos\theta - u)^2 \sec\theta \quad \text{———} \quad (12)$$

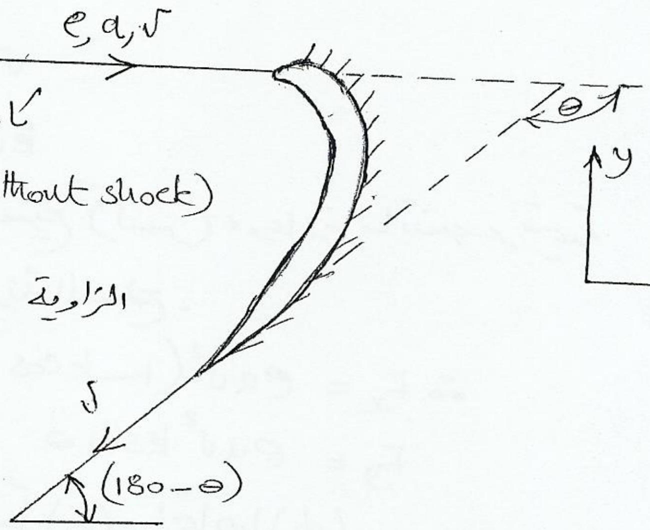
لجميع حالات السطح المتحرك يمكن حساب الشغل الناتج في الثانية والكفاءة الهيدروليكية حسب المعادلات (6) ، (7) و (8) .

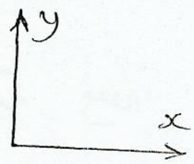
2-2 الأسطح المقوسة :- (curved surfaces)

الشكل (6) أدناه يوضح شكل مقوس ثابت يدخل إليه نفث بدون صدمة أي يدخل مماسياً ؛ (without shock)

الزاوية θ تسمى زاوية انحراف النفث (angle of deflection of jet)

بإهمال الإحتكاك فإن السرعة النسبية عند المدخل = السرعة النسبية عند المخرج





الشكل (6)

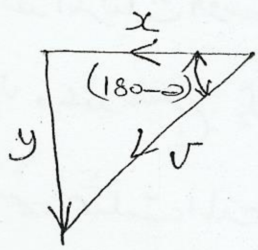
أي ، $v_1 = v_2 = v$

$$\cos(180-\theta) = \frac{x}{v}$$

$$x = -v\cos(180-\theta)$$

$$\sin(180-\theta) = \frac{y}{v}$$

$$\therefore y = -v\sin(180-\theta)$$



$$F_x = \dot{m}\,.\,\Delta v_x$$

$$= \rho a v\left[v-(-v\cos(180-\theta))\right]$$

$$= \rho a v\{v+v\cos(180-\theta)\} = \rho a v^2\left[1+\cos(180-\theta)\right]$$

$$= \rho a v^2\left[1-\cos\theta\right]$$

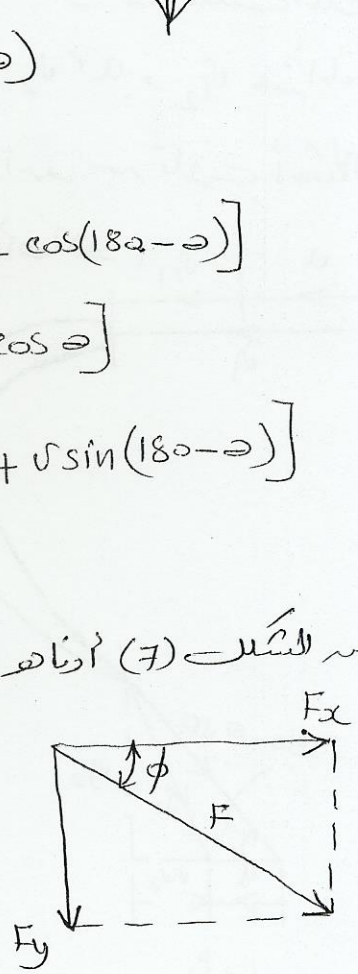
$$F_y = \dot{m}\,.\,\Delta v_y$$

$$= \rho a v\left[0-(-v\sin(180-\theta))\right] = \rho a v\left[0+v\sin(180-\theta)\right]$$

$$= \rho a v\{v\sin(180-\theta)\} = \rho a v^2\sin\theta$$

من الشكل (7) أدناه يمكن حساب المحصلة بالمقدار والإتجاه كما يلي :-

$$\left.\begin{aligned} F &= \sqrt{F_x^2+F_y^2} \\ \phi &= \tan^{-1}\left\{\frac{F_y}{F_x}\right\} \end{aligned}\right\} \quad (13)$$



بإدخال تأثير الإحتكاك :

السرعة النسبية عند المدخل = v

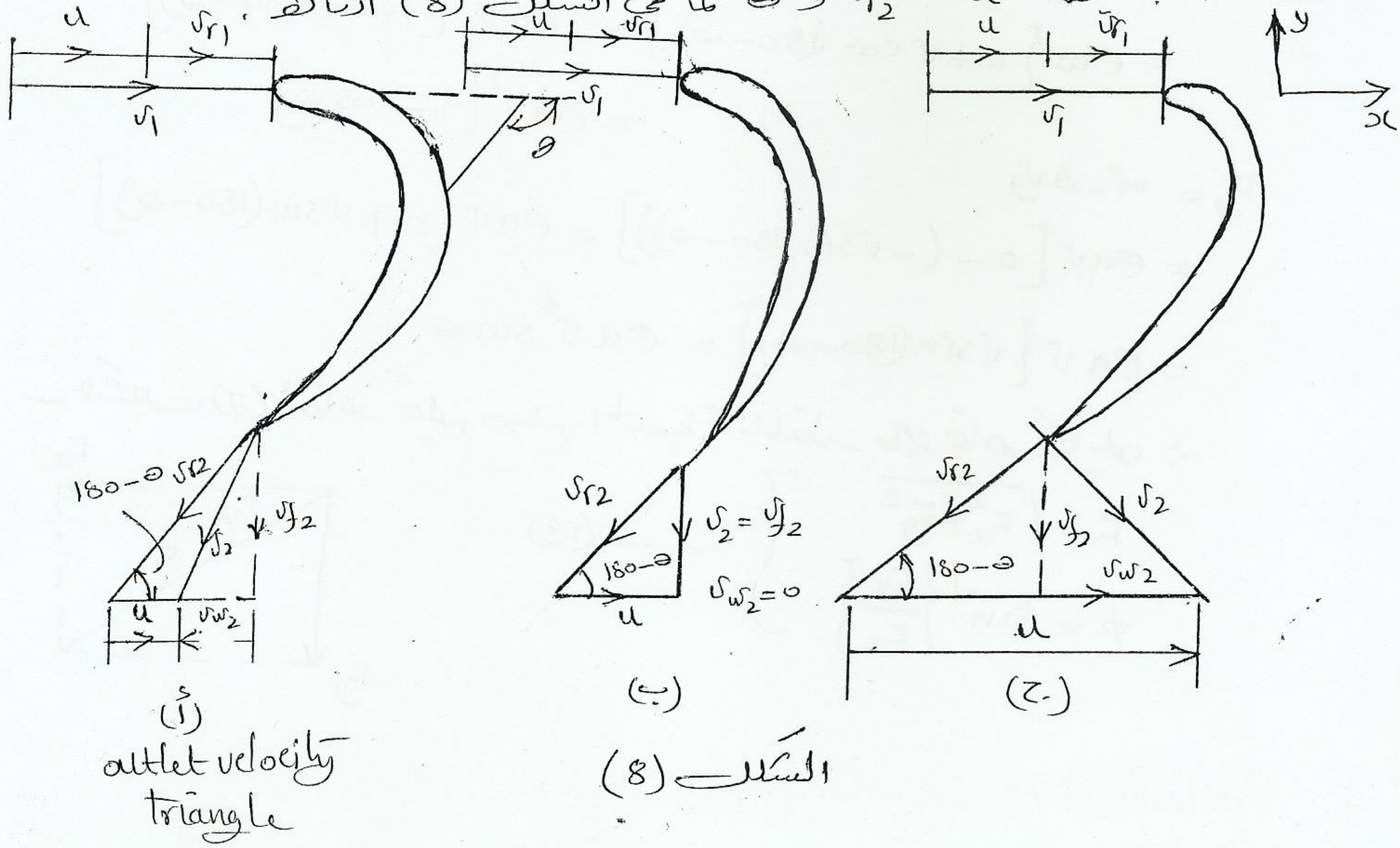
السرعة النسبية عند المخرج = kv

حيث k هو مقدار أقل من الواحد الصحيح (الكسر)، وعادة ما تنحصر قيمته بين $0.75 \le k \le 0.9$ حسب درجة خشونة السطح.

$$\therefore F_x = \rho a v^2 (1 - k\cos\theta) \quad \text{———— (14)}$$
$$F_y = \rho a v^2 k \sin\theta$$

ومن ثم يمكن حساب المحصلة مقداراً (F) واتجاهها (ϕ).

أما بالنسبة لسطح مقوس متحرك بسرعة u في نفس إتجاه حركة النفث كما في الشكل (8) أدناه فإنه حساب F_x و F_y يعتمد على مقدار وإتجاه المركبات الأفقية والرأسية للسرعات المطلقة (Absolute velocities) عند المدخل v_1 وعند المخرج v_2. مضلع السرعات المكون من v_1، u و v_{r_1} عند المدخل يسمى بمثلث المدخل (Inlet velocity triangle). ومضلع السرعات المكون من v_2، u و v_{r_2} عند المخرج يسمى بمثلث المخرج (outlet velocity triangle) وله واحد من ثلاث أشكال محتملة حسب قيمة u، v_{r_2} و θ كما في الشكل (8) أدناه.



الشكل (8)

الحالة (أ) :-

$$\cos(180-\theta) = \frac{x}{v_{r_2}}$$

$$x = v_{r_2}\cos(180-\theta)$$

$$u < v_{r_2}\cos(180-\theta)$$

$$\left.\begin{aligned} F_x &= \dot{m}\cdot\Delta v_x = \dot{m}\,(v_1 + v_{w_2}) \\ F_y &= \dot{m}\cdot\Delta v_y = \dot{m}\,v_{f_2} \end{aligned}\right\} \text{———} (15)$$

الحالة (ب) :-

$$u = v_{r_2}\cos(180-\theta)$$

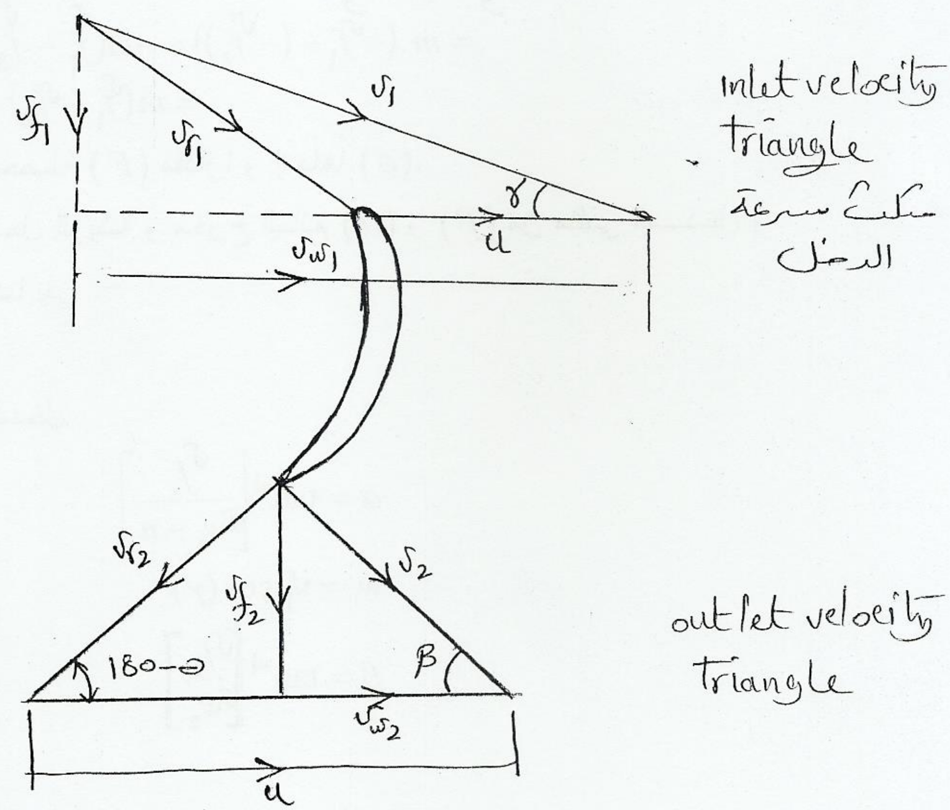
$$\left.\begin{aligned} F_x &= \dot{m}\cdot\Delta v_x = \dot{m}\,(v_1 + \overset{=0}{v_{w_2}}) = \dot{m}\,v_1 \\ F_y &= \dot{m}\cdot\Delta v_y = \dot{m}\,v_{f_2} = \dot{m}\,v_2 \end{aligned}\right\} \text{—} (16)$$

الحالة (ج) :-

$$u > v_{r_2}\cos(180-\theta)$$

$$\left.\begin{aligned} F_x &= \dot{m}\cdot\Delta v_x = \dot{m}\,(v_1 - v_{w_2}) \\ F_y &= \dot{m}\cdot\Delta v_y = \dot{m}\,v_{f_2} \end{aligned}\right\} \text{———} (17)$$

أما في حالة أن يتحرك السطح المقعّر بسرعة u في إتجاه غير إتجاه حركة النفث كما في الشكل (9) أدناه.



$$u > v_{r_2}\cos(180-\theta)$$

الشكل (9)

الرسم فى شكل (9) على أساس أن $u > v_{r_2}\cos(180-\theta)$ حيث :

زاوية الريشة $\equiv \alpha$

زاوية مخرج الريشة $\equiv \beta$

الزاوية بين إتجاه سرعة النفث (v_1) و إتجاه سرعة الريشة $(u) \equiv \gamma$

المركبة الرأسية ل v_1 و v_2 و يسميان سرعة الإنسياب flow component $\equiv v_{f_1}, v_{f_2}$

المركبة الأفقية ل v_1 و v_2 و يسميان سرعة التدويم whirl component $\equiv v_{w_1}, v_{w_2}$

لحساب مركبة القوة في الإتجاه x :

$$F_x = \dot{m}\,\Delta v_x$$
$$= \dot{m}\,(v_{w_1} \pm v_{w_2}) \quad \text{———} \quad (18\ \ )$$

حيث ؛

تستخدم $(+)$ عندما $u < v_{r_2}\cos(180-\theta)$

$(-)$ عندما $u > v_{r_2}\cos(180-\theta)$

$v_{w_2} = 0$ عندما $u = v_{r_2}\cos(180-\theta)$

$$F_y = \dot{m}\,.\,\Delta v_y$$
$$= \dot{m}\,.\,(-v_{f_1} - (-v_{f_2})) = -\dot{m}(v_{f_1} - v_{f_2})$$
$$= \dot{m}\,(v_{f_1} - v_{f_2}) \quad \text{———} \quad (\text{لأسفل}) \quad (19\ \ )$$

و من ثم يمكن إيجاد المحصلة (F) مقداراً و إتجاهاً (ϕ).

أيضاً تحسب زاويتى مدخل الريشة و مخرج المائع (α) و (β) من مثلثى المدخل و المخرج على الترتيب كما يلى :-

من الشكل (-9) :-

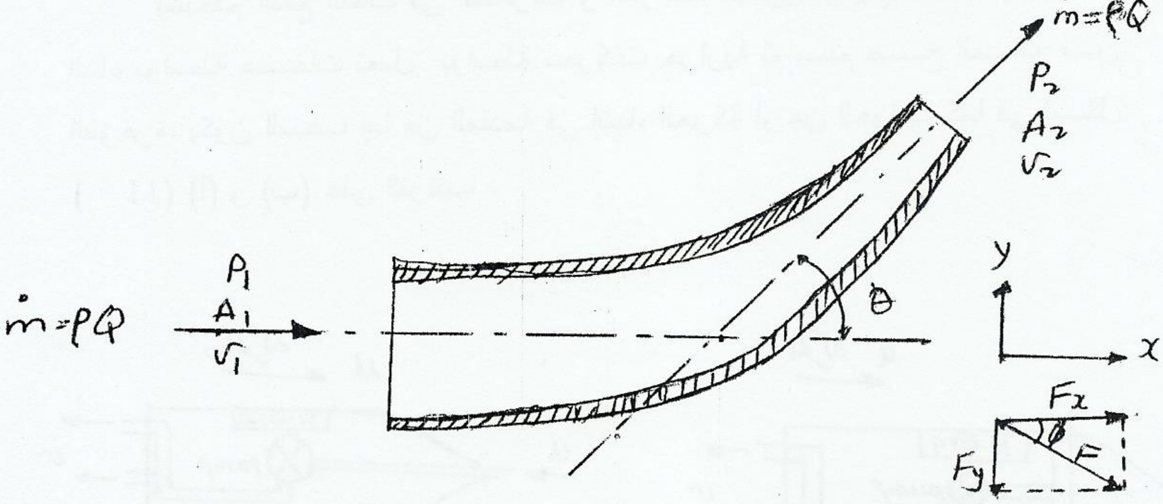
زاوية المدخل

$$\left.\begin{aligned} \alpha &= \tan^{-1}\left[\frac{v_{f_1}}{v_{w_1} - u}\right] \\ w_1 &= v_1\cos(\gamma) \\ \beta &= \tan^{-1}\left[\frac{v_{f_2}}{v_{w_2}}\right] \end{aligned}\right\} \quad (20\ \ )$$

فى حالة تكون

$$v_{w_2} = u - v_{r_2}\cos(180-\theta) \quad (u > v_{r_2}\cos(180-\theta))$$

2-3 الأكواع و المخفضات: (**Bends and Reducers**)



الشكل (10)

الرسم فى الشكل (10) يوضح كوع مخفض Reducing bend .

لحساب (F_x) ، (F_y) يتم تحليل القوى فى الأتجاهين x و y على الترتيب كما يلى :-

$$\left.\begin{aligned} F_x &= P_1A_1 - P_2A_2\cos\theta + \dot{m}(v_1 - v_2\cos\theta) \\ F_y &= P_2A_2\sin\theta + \dot{m}v_2\sin\theta \end{aligned}\right\} \quad (21)$$

- و منها يمكن إيجاد المحصلة (F) و الإتجاه (ϕ) . أيضاً يمكن تخصيص معادلتى (F_x) و (F_y) للكوع فقط أو للمخفض فقط كما يلى :-

للكوع فقط :

$$v_1 = v_2 = v \quad ; \quad P_1 = P_2 = P \quad ; A_1 = A_2 = A$$

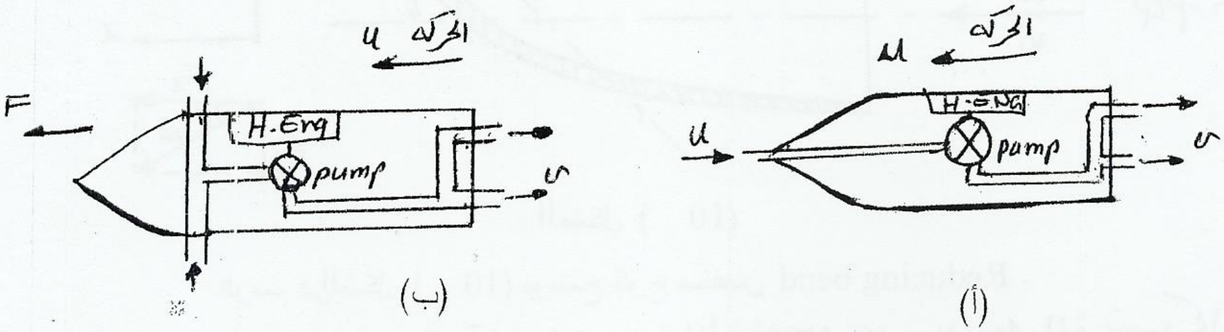
$$\left.\begin{aligned} \therefore F_x &= PA(1-\cos\theta) + \dot{m}v(1-\cos\theta) \\ &= (PA + \dot{m}v)(1-\cos\theta) \\ F_y &= (PA + \dot{m}v)\sin\theta \end{aligned}\right\} \quad (22)$$

للمخفض فقط : $\theta = 0$

$$\left.\begin{aligned} \therefore F_x &= P_1A_1 - P_2A_2 + \dot{m}(v_1 - v_2) \\ F_y &= Zero \end{aligned}\right\} \quad (23)$$

Jet Propulsion الدفع النفاث:- 2-4

يستخدم الدفع النفاث فى الطائرات و المراكب البحرية إذ يتم سحب الهـواء أو الماء بواسطة مضخات تعمل بواسطة محركات حرارية ثم يـتم ضـخ المـائع مـن المؤخرة. يكون السحب إما من المقدمة فى إتجاه الحركة أو من الجوانب كما فى شـكل (11) (أ) و (ب) على الترتيب .



شكل (11)

عندما يكون السحب من المقدمة كما فى شكل (11) (أ) :-

$$F = \rho a v(v-u)$$

$$W.D/\sec = F.u$$

$$= \rho a v(v-u)u$$

$$KE/\sec = \frac{1}{2}\rho a v(v^2-u^2)$$

$$\eta_H = \frac{W.D/\sec}{KE/\sec} = \frac{2u}{v+u} \qquad (24 \;)$$

$$\eta_H = \frac{\rho a v(v-u)u}{\frac{1}{2}\rho a v(v^2-u^2)} = \frac{2(v-u)u}{(v-u)(v+u)} = \frac{2u}{v+u}$$

عندما يكون السحب من الجوانب :-

$$F = \rho a v(v-u)$$

$$W.D/\sec = \rho a v(v-u)u$$

$$KE/\sec = \frac{1}{2}\rho a v^3$$

$$\eta_H = \frac{W.D/\sec}{KE/\sec} = \frac{2(v-u)u}{v^2} \qquad (25 \;)$$

كما يمكن إدخال الكفاءات الميكانيكية للمحرك الحرارى و المضـخة و كفـاءة النقل لأنابيب السحب و الطرد فى المعادلات عاليه كما فى الأمثلة أدناه.

Examples   الأمثلة :

(1) لوح مستوى منتظم السمك مربع الشكل طول ضلعه 30 cm . علق اللوح فى وضع رأسى من أحد أضلاعه . تم تسليط نفث مـائى قطـره 25mm و سـرعته 6m/s على منتصف اللوح مما جعله ينحرف بزاوية 30 درجة مع المستوى الرأسى . إذا كان سمك اللوح 5mm أحسب كتلة و كثافة مادته .

فإذا أُستخدمت قوة أفقية (P) فى أسفل اللوح ليعود لوضعه الأول . كم تكـون قيمة هذه القوة (P) ؟

$L = 30cm = 0.3m$

$d = 0.025m$, $v = 6m/s$

$\theta = 30^\circ$

$t = 5mm = 0.005m$

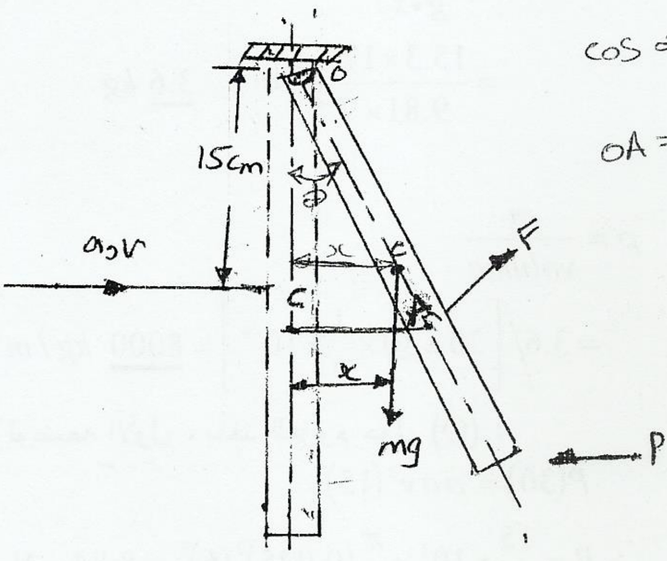
$m = ?$ $\rho = ?$

$P = ?$

الحل

$$\cos\theta = \frac{OC}{OA}$$

$$OA = \frac{OC}{\cos\theta} = \frac{15}{\cos 30} = 17.32cm$$



شكل (12)

بالإشارة للشكل (12) :

$$F = \dot{m}.\Delta v$$
$$= \rho a v (v\cos\theta - 0)$$
$$= \rho a v^2 \cos\theta$$
$$= 10^3 \times \frac{\pi}{4}(0.025)^2 \times (6)^2 \cos 30^o = 15.3 \ N$$

اللوح بدايةً متزن تحت تأثير قوتين هما mg, F . المجموع الجبرى للعزوم حول (O) يساوى صفراً:

$$F(OA) = mg(x)$$
$$OA = (OC)\sec\theta$$
$$= 15\sec 30 = \underline{17.32\,cm} \qquad Ans.$$
$$x = (OC)\sin\theta$$
$$= 15 \sin 30 = \underline{7.5} \ cm$$

الكتلة؛

$$\therefore m = \frac{F(OA)}{g(x)}$$
$$= \frac{15.3 \times 17.32}{9.81 \times 7.5} = \underline{3.6} \ kg \qquad Ans.$$

الكثافة ؛

$$\rho = \frac{m}{volume}$$
$$= 3.6 \Big/ \left[30 \times 30 \times \frac{1}{2} \times 10^{-6}\right] = \underline{8000} \ kg/m^3$$

عند إرجاع اللوح لوضعه الأول ، بأخذ العزوم حول (O) :

$$P(30) = \rho a v^2 (15)$$
$$\therefore P = \frac{15}{30} \times 10^3 \times \frac{\pi}{4}(0.025)^2 (6)^2 = \underline{8.84} \ N$$

(2) نفث مائى يتدفق بمعدل 22.5 kg/s و سرعته 21 m/s يدخل لمجموعة ريش متتالية مقوسة تتحرك بسرعة 12 m/s فى إتجاه يصنع 25 درجة مع إتجاه حركة النفث . أحسب زوايا مدخل الريش عندما تدخل المياه بدون صدم .

$\dot{m} = 22.5\,kg/s$, $v_1 = 21\,m/s$, $u = 12\,m/s$, زاوية مدخل الريشة $\alpha = ?$

$\gamma = 25^\circ$

تكون السرعة v_{r1} محاذية لسطح الريش

إذا كانت زاوية الإنحراف 150 درجة أحسب القوة فى إتجاه الحركة معتبراً أن الإحتكاك يقلل من السرعة النسبية بنسبة 20% . أيضاً أحسب محصلة القــوى الكليــة مقدارا و إتجاهاً على الريش .

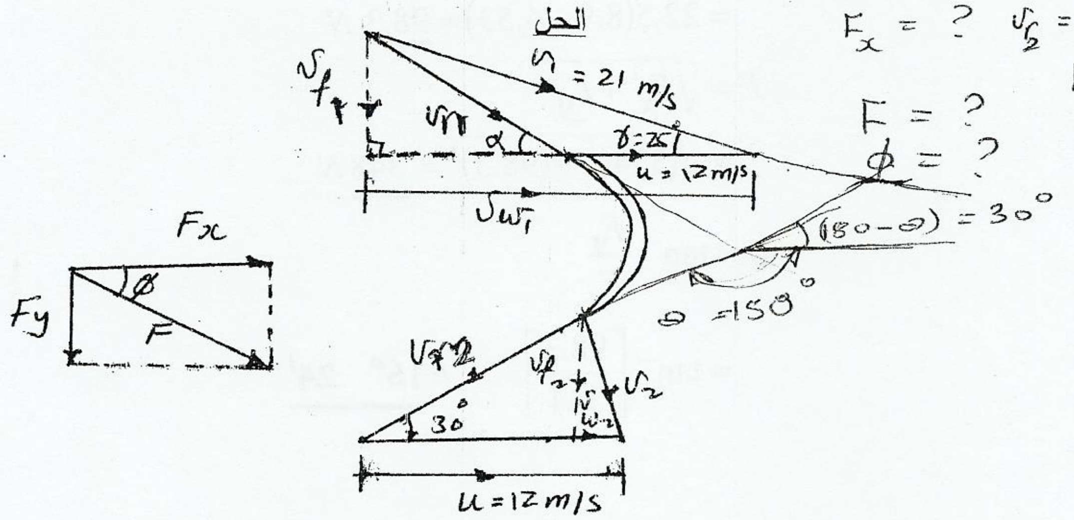
الحل

$F_x = ?$ $V_{r_2} = k V_{r_1}$

$k = 0.8$

$F = ?$

$\phi = ?$



$$\alpha = \tan^{-1}\left(\frac{V_{f_1}}{V_{w_1} - u}\right)$$

$$V_{f_1} = v_1 \sin\gamma$$
$$= 21 \sin 25 = 8.9\ m/s$$

$$V_{w_1} = v_1 \cos\gamma$$
$$= 21 \cos 25 = 19\ m/s$$

$$\therefore \alpha = \tan^{-1}\left(\frac{8.9}{19-12}\right) = \underline{51^\circ\ \ 40'}$$

(زاوية المدخل)
(*Blade inlet Angle*)

$$v_{r_1} = \sqrt{V_{f_1}^2 + (V_{w_1} - u)^2}$$
$$= \sqrt{8.9^2 + 7^2} = 11.32\ m/s$$

$$v_{r_2} = k\, v_{r_1}$$
$$= 0.8 \times 11.32 = 9.06\ m/s$$

$$V_{f_2} = v_{r_2} \sin 30$$
$$= 9.06 \sin 30 = 4.53\ m/s$$

$$V_{w_2} = u - v_{r_2} \cos 30$$
$$= 12 - 9.06 \cos 30 = 4.16\ m/s$$

$$\cos 30 = \frac{u - V_{w_2}}{V_{r_2}}$$

$$u - V_{w_2} = V_{r_2} \cos 30$$

$$V_{w_2} = u - V_{r_2} \cos 30$$

$$\therefore F_x = \dot{m}(\overset{\smile}{w}_1 - \overset{\smile}{w}_2)$$
$$= 22.5(19 - 4.16) = \underline{334}\ N$$
$$F_y = \dot{m}(\overset{\smile}{f}_1 - \overset{\smile}{f}_2)$$
$$= 22.5(8.9 - 4.53) = \underline{98.3}\ N$$
$$F = \sqrt{F_x^2 + F_y^2}$$
$$= \sqrt{(334)^2 + (98.3)^2} = \underline{348}\ N$$
$$\phi = \tan^{-1}\frac{F_y}{F_x}$$
$$= \tan^{-1}\left[\frac{98.3}{334}\right] = \underline{16^\circ\ 24'}$$

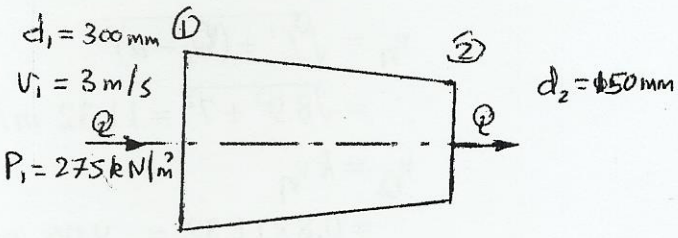
(3) أنبوب أفقي يضيق تدريجياً من قطر 300 mm الـــى قطـــر 150 mm .
أهمل الإحتكاك ، أحسب القوة الكلية عليه عندما تسرى فيه مياه يكـون ضـغطها و سرعتها $275\ kN/m^2$ و $3\ m/s$ على الترتيب عند المدخل .

$d_1 = 300mm$ ، $d_2 = 150mm$

<u>الحل</u> $P_1 = 275 \times 10^3\ N/m^2$ ، $v_1 = 3\ m/s$

فى حالة المخفض فقط ؛ $\theta = 0$ $\therefore$ $F_y = 0$

$$\therefore F_x = P_1 A_1 - P_2 A_2 + \dot{m}(v_1 - v_2)$$
$$z_1 + \frac{P_1}{w} + \frac{v_1^2}{2g} = z_2 + \frac{P_2}{w} + \frac{v_2^2}{2g}$$



$v_1 = 3m/s$, considering continuity
$Q = A_1 v_1 = A_2 v_2$ eqn

$$v_2 = \left(\frac{300}{150}\right)^2 (3) = 12\ m/s$$
$$\therefore P_2 = P_1 + \left(\frac{v_1^2 - v_2^2}{2g}\right) w$$
$$= 275 \times 10^3 + \left(\frac{3^2 - 12^2}{2 \times 9.81}\right) 9.81 \times 10^3 = 207.5\ kN/m^2$$

$$\dot{m} = \rho Q = 10^3 \times \frac{\pi}{4}(0.3)^2(3) = 212 \quad kg/s$$

$$\therefore F_x = 275\times10^3 \times \frac{\pi}{4}(0.3)^2 - 207.5\times10^3 \times \frac{\pi}{4}(0.15)^2 + 212(3-12)$$

$$= 19.44\times10^3 - 3.67\times10^3 = 1.908\times10^3 = \underline{13.87} \ kN$$

(4) مركبة بحرية تعمل بالدفع النفاث تسحب المياه من المقدمة و تضخها من المؤخرة . قوة المقاومة للحركة 22 kN عند سرعة 4.5 m/s . الكفاءة الهيدروليكية للنفث 80% و الكفاءة الميكانيكية للمضخة 75% . إذا كانت فواقد الطاقة فى الأنابيب و المنافث تعادل 5% من طاقة السرعة عند المخرج ، أحسب الآتى :-

أ- سرعة النفث .

ب- مساحة مقطع المخرج .

ج- القدرة المطلوبة لتشغيل المضخة للسرعة المعطاة للمركبة .

الحل

$F = 22\times10^3 \ N$

$u = 4.5 \ m/s$

$\eta_{H_{jet}} = 0.8$

$\eta_{mech} = 0.75$

فواقد الطاقة $= 0.05 \times \frac{1}{2}\rho a v^3$

$$\eta_H = \frac{2u}{v+u}$$

$$0.8 = \frac{2\times4.5}{v+4.5}$$

$$\therefore v = \underline{6.75} \ m/s$$

ب-

$$F = \rho a v(v-u)$$

$$22\times10^3 = 10^3 \times a \times 6.75(6.75-4.5)$$

$$\therefore a = \underline{1.45} \ m^2$$

ج- القدرة المتوفرة فى النفث ؛

$$K.E./\sec of\ jet = \frac{1}{2}\rho a v\left(v^2 - u^2\right)$$

القدرة المطلوبة من المضخة ؛ = طاقة السرعة للنفث + فقد القدرة فى المواسير

$$\text{pump out put power} = \text{KE}/\text{sec of jet} + \text{loss power in pipes}$$

$$= \frac{1}{2}\rho\, a v\left(v^2 - u^2\right) + 0.05 \times \frac{1}{2}\rho\, a v^3$$

$$= \frac{1}{2}\rho\, a v\left[\left(v^2 - u^2\right) + 0.05 \times \frac{1}{2} v^2\right]$$

$$= \frac{1}{2} \times 10^3 \times 1.45 \times 6.75\left[\left(6.75^2 - 4.5^2\right) + 0.05(6.75)^2\right]$$

$$= 134.5\ kW$$

القدرة المدخلة للمضخة ؛

$$\text{Input power to pump} = \frac{\text{out put power}}{\text{pump efficiency}} = \frac{134.5}{0.75} = \underline{179.5\ \text{kw}}$$

Exercises تمارين

(1) لوح مستوى يُصدم بنفث مائى فى إتجاه متعامد عليه . قطر النفــث 50 mm و سرعته 18 m/s ، أحسب :-

أ- القوة على اللوح عندما يكون ثابتاً .

ب- القوة على اللوح عندما يكون متحركاً فى نفس إتجاه حركة النفث بسرعة 6 m/s .

ج- الشغل الناتج فى الثانية و الكفاءة الهيدرولية فى الحالة (ب) .

[Ans. 636 N ; 283 N ; 1698 W ; 29.6 %]

(2) لوح مستوى منتظم السمك كتلته 5.45 kg معلق فى وضع رأســى مــن أحــد حوافه . بعد مركز ثقل اللوح من نقطة التعليق 10 cm . نفــث مــائى قطــره 25mm و سرعته 5.65 m/s يُصادم اللوح فى إتجاه عمودى عليه فى نقطــة تقع أسفل نقطة التعليق بمقدار 15 cm . أحسب القوة الأفقية و التى تستخدم عند مركز الثقل للحفاظ على اللوح فى الوضع الرأسى . أيضاً أحسب مقدار الزيادة فى سرعة النفث لجعل اللوح ينحرف عن المستوى الرأسى بزاوية 30 درجــة مع بقاء القوة الأفقية فى مكانها .

[Ans. 23.5N ; 2.31 m/s]

(3) نفث مائى قطره 75 mm و سرعته 21 m/s يدخل بدون صدم لريشة مقوســة ثابتة تجعله ينحرف بمقدار 120 درجة عن إتجاهه الأول . أحســب مقــدار و إتجاه محصلة القوى على الريشة .

فإذا دخل النفث على مجموعة ريش مقوسة لها نفس زاوية الإنحراف السابقة و

جعلها تتحرك بسرعة 10.5 m/s فى نفس إتجاه حركة النفث ، أحسب :--

أ/ القوة على الريش فى نفس إتجاه حركة النفث .

ب/ الشغل الناتج فى الثانية .

ج/ الكفاءة الهيدرولية .

[Ans. 3375 N ; 30° ; 1460 N ; 15350 W ; 75%]

(4) نفث مائى قطره 100 mm و سرعته 36 m/s يصادم ريشة مقوسة متحركة بسرعة 15 m/s فى إتجاه يصنع زاوية 30 درجة مع إتجاه النفث . إذا كانت المياه تغادر الريشة بدون مركبة سرعة فى إتجاه الحركة ، أحسب الآتى:

أ/ زاويتى المدخل و المخرج للريشة عندما يكون النفث مماساً للريشة.

ب/ القوة على الريشة فى إتجاه الحركة .

ج/ القوة على الريشة إتجاه متعامد مع الحركة .

متخذاً قيمة السرعة النسبية عند المخرج تعادل 85% من قيمة السرعة النسبية عند المخرج .

[Ans. 48° 3' ; 43° 11'; 5.63 kN ; 0.7 kN]

(5) نفث مائى يتدفق بمعدل $85\ dm^3/s$ و سرعته 36 m/s و يدخل لمجموعة ريش متتالية تتحرك فى نفس إتجاه حركة النفث بسرعة 18 m/s . عندما تكون الريش ثابتة تجعل النفث ينحرف بزاوية 135 درجة عن إتجاهه الأول . الإحتكاك يقلل من السرعةالنسبية بنسبة 20 % عند المخرج . أحسب مقدار محصلة القوى على الريش و كفاءة النظام . إعتبر أن النفث يدخل الى الريش بدون صدم .

[Ans. 2546 N ; 78.3 %]

(6) نفث مائى يتدفق بمعدل 13.6 kg/s و سرعته 24 m/s . يدخل النفث لمجموعة ريش متتالية دون صدم . الريش متحركة بسرعة 10.5 m/s فى إتجاه يصنع 30 درجة مع إتجاه حركة النفث . إذا كانت زاوية مخرج الريش 20 درجة ، أحسب :-

أ/ زاوية مدخل الريش .

ب/ الشغل الناتج فى الثانية .

[Ans. 49^{o} 25' ; 3.59 kW]

(7) مياه تسرى فى أنبوب قطره 0.9 m عند المدخل و يقل تدريجياً ليصبح 0.6 m عند المخرج . إذا كان السرعة و الضغط عند المدخل هما 414 kN/m^2 و 2.2m/s على الترتيب ، أحسب محصلة القوى المؤثرة على الأنبوب الناتجة من التغير التدريجى فى مساحة مقطعه . خذ قيمة الفاقد فى السمت الناتج من الإحتكاك فى الأنبوب 1.5 m .

[Ans. 149.5 kN]

(8) كوع مخفض Reducing Bend يقل قطره من 600 mm الى 300 mm و يغير إتجاه السرعة خلال زاوية إنحراف 60 درجة . الضغط عند المدخل 172kN/m^2 . أحسب مقدار و إتجاه القوة المؤثرة على الكوع المخفض عندما:-

أ/ معدل السريان يساوى صفراً .

ب/ معدل السريان يساوى 0.85 m^3/s .

[Ans. 43.8 kN ; 13^{o} 53' ; 45 kN ; 19^{o} 46']

(9) عربة لنقل المياه تفرغ المياه من الجزء الخلفى . تخرج المياه فى شكل نفث أفقى سرعته 4.8 m/s بمعدل سريان 85 dm^3/s . ماهى القوة اللازمة لتثبيت العربة فى مكانها أثناء التفريغ ؟ فإذا سُمح للعربة بالحركة للأمام بسرعة ثابتة 1.8 m/s مع الحفاظ على سرعة النفث بالنسبة للعربة كما فى السابق (أى 4.8 m/s) . كم ستكون القوة على العربة ؟

Ans. (407 N ; 407 N)

(١٥) مركب نفاث يسحب المياه بواسطة مضخات من جوانبه ويضخها من المؤخرة بسرعة $9 m/s$ بمعدل $34 m^3/min$. إذا كانت سرعة المركب $4.5 m/s$، أحسب مقدار القوة الدافعة.

Ans. (2550 N)

(١١) أوجد تعبيراً رياضياً لحساب كفاءة الدفع النفاث لمركب تسحب المياه من المقدمة وتضخها من المؤخرة بسرعة V وبدلالة سرعة المركب u.

قوة المقاومة لمركب نفاث هي :-

$$F = 5.55 u^{6} + 978 u^{1.9} \quad (N)$$

حيث u هي سرعة المركب (m/s). إذا كانت الكفاءة الدافعية 80% والكفاءة الميكانيكية للمضخات 72% وسرعة المركب $3.4 m/s$، أحسب الآتي :-

أ/ معدل التدفق بالكتلة (kg/s).

ب/ القدرة اللازمة لتشغيل المضخات.

Ans. (10928 kg/s ; 109.7 kW)

الفصل الثالث

بسم الله الرحمن الرحيم

السريان المستقر اللاانضغاطي فى خطوط الأنابيب

Incompressible Steady flow in Pipe Lines

تشمل هذه الجزئية الأتي:-

1- الفاقد في الطاقة في خطوط الأنابيب

2- شبكات خطوط الأنابيب

3- نقل القدرة بخطوط الأنابيب

فواقد الطاقة في خطوط الأنابيب : (Losses of energy in pipelines)

تشمل فواقد الطاقة آلاتي:-

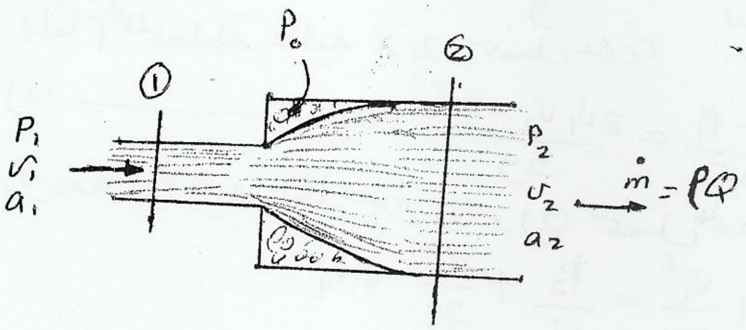
1- فواقد الطاقة الصدمية (h_L) (Shock losses)

2- فواقد الطاقة الاحتكاكية (h_f) (Friction losses)

الفواقد الصدمية :-

وهى الفواقد الناتجة من التغير المفاجئ في مساحة مقطع الأنبوب سواء كان ذلك بالزيادة او النقصان ، كما فى الحالات التالية :___

الاتساع المفاجئ (Sudden enlargement)



شكل (1)

لحساب الفاقد الصدمى (h_L) :

القوة في اتجاه الحركة = القوة المضادة للحركة

القوة في اتجاه الحركة هي القوة الناتجة من التغير في كمية الحركة ؛ F_1 :

$$F_1 = m^{\circ}(v_1 - v_2) = \rho Q(v_1 - v_2)$$

القوة المضادة للحركة هى القوى الناتجة من الفرق فى الضغط F_2 ،

$$F_2 = P_2 a_2 - P_1 a_1 - P_0(a_2 - a_1)$$

مختبريا وجد أنه $P_0 \simeq P_1$

$$\therefore F_2 = P_2 a_2 - P_1 a_1 - P_1(a_2 - a_1)$$

$$= P_2 a_2 - \cancel{P_1 a_1} - P_1 a_2 + \cancel{P_1 a_1}$$

$$= P_2 a_2 - P_1 a_2 = a_2(P_2 - P_1)$$

$$\therefore F_2 = a_2(P_2 - P_1)$$

$$\therefore \quad F_2 = F_1$$

$$a_2(P_2 - P_1) = \rho Q(v_1 - v_2)$$

$$\left(m^{\circ} = \rho Q = \frac{w Q}{g} \; ; \; \text{and } Q = a_2 v_2\right)$$

$$\therefore a_2(P_2 - P_1) = \frac{w Q}{g}(v_1 - v_2)$$

$$\cancel{a_2}(P_2 - P_1) = \frac{w \cancel{a_2} v_2}{g}(v_1 - v_2)$$

بإعادة ترتيب المعادلة عاليه ،

$$\frac{P_2 - P_1}{w} = \frac{v_1 v_2 - v_2^2}{g}$$

بضرب البسط والمقام للطرف الأيمن للمعادلة عاليه X 2 نحصل على ،

$$\frac{P_2 - P_1}{w} = \frac{2 v_1 v_2 - 2 v_2^2}{2g} \quad \text{———} \quad (1)$$

بتطبيق معادلة الطاقة (برنولى) بين القطاعين (1) و (2) نحصل على ؛

$$\frac{P_1}{w} + \frac{v_1^2}{2g} = \frac{P_2}{w} + \frac{v_2^2}{2g} + h_L$$

$$\therefore h_L = \left\{\frac{P_1 - P_2}{w}\right\} + \left\{\frac{v_1^2 - v_2^2}{2g}\right\}$$

أو بصورة أخرى ،

$$h_L = \left\{\frac{v_1^2 - v_2^2}{2g}\right\} - \left\{\frac{P_2 - P_1}{w}\right\} \quad \text{———} \quad (2)$$

بتعويض المعادلة (1) فى المعادلة (2) ،

$$h_L = \left\{\frac{v_1^2 - v_2^2}{2g}\right\} - \left\{\frac{2 v_1 v_2 - 2 v_2^2}{2g}\right\}$$

$$= \frac{v_1^2 - v_2^2 - 2 v_1 v_2 + 2 v_2^2}{2g} = \frac{v_1^2 - 2 v_1 v_2 + v_2^2}{2g} = \frac{(v_1 - v_2)^2}{2g}$$

$\therefore$ فقد السمت في الإتساع $, h_L = \dfrac{(v_1 - v_2)^2}{2g}$ ——— (3)

بما أنه والإستمرارية السريان

$$Q = a_1 v_1 = a_2 v_2$$

$$\therefore v_2 = \frac{a_1}{a_2} v_1$$

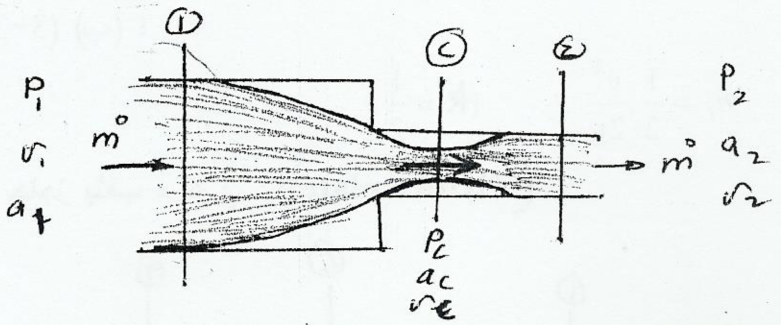
بتعويض المعادلة عاليه في المعادلة (3)

$$h_L = \frac{\left(v_1 - \left(\frac{a_1}{a_2}\right) v_1\right)^2}{2g} = \frac{\left[v_1\left(1 - \frac{a_1}{a_2}\right)\right]^2}{2g} = \left(1 - \frac{a_1}{a_2}\right)^2 \frac{v_1^2}{2g} = k\frac{v_1^2}{2g}$$

بحيث أن فقد السمت هو دالة في سمت السرعة

وهى المعادلة المستخدمة في حساب الفاقد الصدمى الناتج من الاتساع المفاجئ للأنبوب حيث $0 < k < 1$.

الانكماش المفاجئ: (Sudden Contraction)



شكل (2)

مختبريا وجد أن الفاقد الصدمى بين القطاع (1) و (C) صغيراً جداً مقارنة بالفاقد بين (C) و (2) لذلك فان الفاقد الصدمى الكلى يكون مساوياً تقريباً للفاقد الصدمى بين (C) و (2) وهو عبارة عن فاقد صدمى ناتج من اتساع مفاجئ ؛ أذن :

$$h_L = \frac{(v_c - v_2)^2}{2g}$$

لكن ؛ $a_2 v_2 = a_c v_c$ لإستمرارية السريان

$$\therefore v_c = \frac{a_2}{a_c} . v_2 \quad \text{و} \quad C_c = \frac{a_c}{a_2}$$

$$v_c = \frac{1}{C_c} . v_2$$

حيث أن ؛

$$C_c = \frac{a_c}{a_2}$$

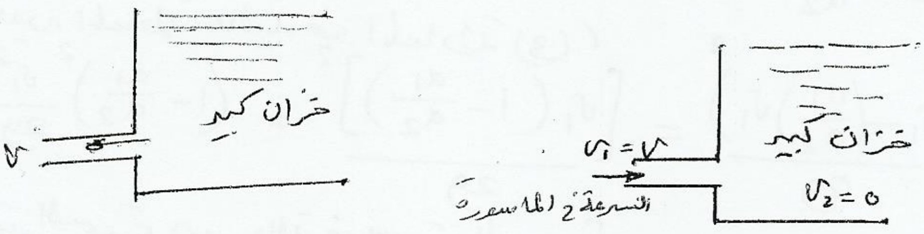
$\equiv$ معامل الانكماش

(Coefficient of contraction)

فقد السمت في الإنكماش المفاجيء ، $h_L = \left[\frac{1}{C_c} - 1\right]^2 \frac{v_2^2}{2g}$

$$= k \cdot \frac{v_2^2}{2g} \quad \text{———} \quad (4)$$

هنالك حالتان خاصتان للاتساع المفاجئ والانكماش المفاجئ كما في الرسم الشكل (3-3) أدناه:



(ب) (أ)

شكل (3

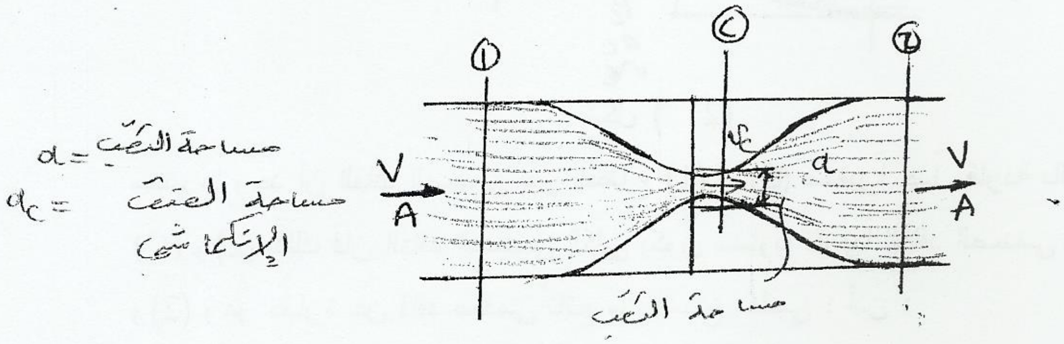
في شكل (3-3) (أ) ؛

$$h_L = \frac{v^2}{2g} \qquad (k = 1) \qquad (5)$$

في شكل (3-3) (ب) ؛

$$h_L = \frac{1}{2} \cdot \frac{v^2}{2g} \qquad (k = \frac{1}{2}) \qquad (6)$$

3-1-1-3 حاجز بثقب مركزي :-(Orifice plate)



شكل(3-4)

الفاقد الصدمى الكلى يعتبر الفاقد الصدمى بين (C) و(2) فقط وذلك بعد إهمال الفاقد الصدمى بين (1) و (C) لصغره

$$h_L = \frac{(v_c - V)^2}{2g}$$

لكن ؛ $a_c v_c = AV$ لإستمرارية السريان

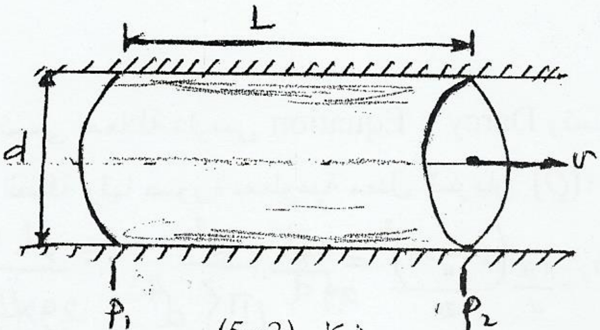
$$v_C = \frac{A}{a_c} V$$

$$= \frac{A}{C_C a} V \qquad a_c = C_c a \quad \text{حيث أن}$$

$$\therefore h_L = \left(\frac{A}{aC_c} - 1 \right)^2 \frac{V^2}{2g} = k \frac{V^2}{2g} \qquad (7)$$

ألفوا قد الاحتكاكية : (Friction Losses)

وهى عبارة عن فواقد الطاقة الناتجة من الاحتكاك بين المائع والسطح الداخلي للأنبوب. باعتبار الرسم في شكل {3-5} أدناه :



شكل (3-5)

لاتزان اسطوانة المائع في الرسم :

القوة في اتجاه الحركة = القوة المضادة للحركة.

القوة في اتجاه الحركة ناتجة من قوة الفرق في الضغط ، F_1

$F_1 = (P_1 - P_2)A$ القوة الناتجة من فرق الضغط

القوة المضادة للحركة ناتجة من قوة الاحتكاك (القص) في السطح الفاصل بين المائع والأنبوبي : F_2

$F_2 = qv^2(\pi dL)$ القوة الناتجة من الاحتكاك

حيث ؛

$q \equiv$ قوة الاحتكاك لوحدة المساحة لوحدة السرعة وتتناسب طردياً مع مربع السرعة (v^2)

$$\therefore \frac{\pi}{4} d^2 (P_1 - P_2) = qv^2(\pi dL) \;\text{و}\; \underset{\text{سمت الاحتكاك}}{h_f} = \underset{\text{سمت الضغط}}{\frac{P_1 - P_2}{w}} = \frac{q}{w} v^2 \frac{\pi d}{\frac{\pi}{4} d^2} \cdot L$$

$$h_f = \frac{P_1 - P_2}{w} = \frac{4}{\cancel{\pi} d \cancel{^2}} \frac{q v^2 \cancel{\pi} \cancel{d} L}{w} = \frac{4 q v^2 L}{d w}$$

نضرب 2g في البسط والمقام للطرف الأيمن للمقارنة

$$h_f = \frac{P_1 - P_2}{w} = \frac{4 q v^2 L \times 2g}{d w \times 2g}$$

من معادلة بيرنولى ؛

$$h_f = \frac{p_1 - p_2}{w} = \frac{4fL}{d} \cdot \frac{v^2}{2g} \qquad (8)$$

حيث ؛

$$f = \frac{2gq}{w} \quad \text{—— **}$$

$\equiv$ معامل الأحتكاك
Friction Coefficient

المعادلة (8) تسمى بمعادلة دارسى Darcy Equation وتستخدم في حساب الفاقد الاحتكاكى في الطاقة ولها صورة بمعلومية معدل السريان (Q)؛

$$h_f = \frac{4fL}{d} \cdot \frac{\left(Q / \frac{\pi}{4} d^2\right)^2}{2g} = \frac{4fl}{2gd} \cdot \frac{Q^2}{\left(\frac{\pi}{4}\right)^2 d^4} = \frac{fl\,Q^2}{2g \times \left(\frac{\pi}{4}\right)^2 d^5} = \frac{fl\,Q^2}{3d^5}$$

$$= \frac{fLQ^2}{3d^5} \qquad (9)$$

أيضا هنالك معادلات أخرى لحساب (h_f) وهى :-

معادلة جيزى: Chezy Formula

وهى صورة أخرى لمعادلة دارسى وتتفق معها حتى المعادلة (*) ؛

$$h_f = \frac{q}{w} \cdot v^2 \cdot \frac{\pi d}{\frac{\pi}{4} d^2} \cdot L$$

نصف القطر الهيدروليكى m = $\dfrac{\text{مساحة مقطع الأنبوب}}{\text{محيط الأنبوب}} = \dfrac{\frac{\pi}{4} d^2}{\pi d}$

حيث ؛

$$\frac{1}{m} = \frac{\pi d}{\frac{\pi}{4} d^2}$$

حيث؛ $m \equiv$ نصف القطر الهيدرولى وهو النسبة بين المساحة إلـى المحيط للأنبـوب -
(Hydraulic Radius)

$$i = \frac{hf}{L} = \frac{q}{w} \cdot v^2 \cdot \frac{1}{m} \quad \text{—— ***}$$

الفاقد الاحتكاكى لوحدة الطول $i = \dfrac{hf}{L}$ (الفاقد الاحتكاكي لوحدة الطول) .

*** من المعادلة

$$v^2 = \frac{i\,w\,m}{q} = \frac{w}{q}\cdot m\,i$$

$$\therefore v = \sqrt{\frac{w}{q}}\sqrt{mi}$$

$$v = C\sqrt{m\,i} \qquad (10)$$

حيث ؛ $\sqrt{\frac{w}{q}} = C \equiv$ معامل جيزى Chezy Coefficient

$$C = \sqrt{\frac{w}{q}} = \sqrt{\frac{w}{(f\,w/2g)}} = \sqrt{\frac{2g}{f}}$$ *** من المعادلة

3-1-3 المعادلات المختبرية: **Emperical Formulae**

معادلتي دارسى و جيزى مبنيتان على نفس الفروض وهي :

1/ $q\alpha v^2$ قوة الإحتكاك لوحدة مساحة ولوحدة مربع السرعة

2/ معامل الاحتكاك (f) مصدر للأنبوب لجميع قيم معدلات السريان (Q)او السرعة (v) . (معامل الإحتكاك يكون ثابتاً لجميع معدلات السريان أوالسرعة)

لكن بالتجربة المختبرية وجد أن : $q\alpha v^n$ حيث ان : $1.7 \le n \le 2$ ، وقيمة معامل الاحتكاك (f) تتغير بتغير معدل السريان وتعتمد على خشونة السطح الداخلي للأنبوب.

لهذه الأسباب فان معادلتي دارسى و جيزى لهما نفس العيوب لذلك قام بعض العلماء بتكوين معادلات تجريبية لحساب الفاقد في الطاقة الناتج من الاحتكاك. هذه المعادلات هي :

(1) معادلة مانِنق: Manning Formula

$$v = \frac{1}{n} m^{\frac{2}{3}} i^{\frac{1}{2}} \qquad (11)$$

حيث (n) يسمى بمعامل الخشونة ويتراوح بين 0.009 للزجاج و0.022 للحديد الزهر المسحّ .

(2) معادلة هازن – وليامز Hazen – Williams Formula

$$v = 0.82 C_1 m^{0.6}\ i^{0.54} \qquad (12)$$

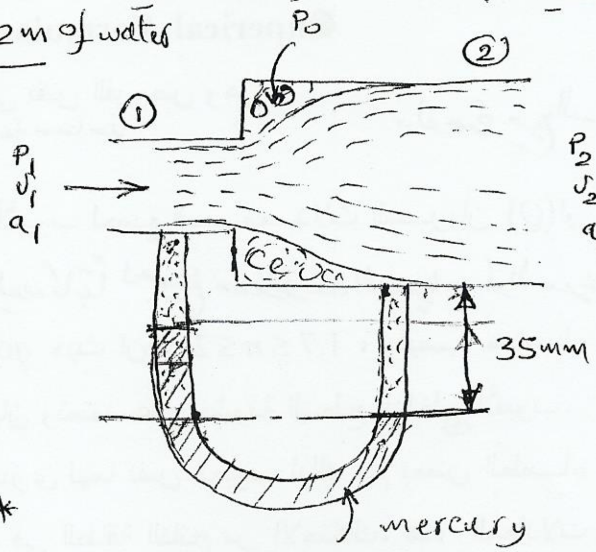
حيث (C_1) هو معامل الخشونة ويتراوح بين 140 للأنابيب الملساء و80 للأنابيب الخشنة

أمثلة محلولة

1/ فقد الصدمة عند الإتساع المفاجئ :-

تزداد ماسورة فجأة في قطرها من 0.5m إلى 1m . مانومتر زئبقي أنبوبي في شكل حرف U له ساقان موصلة مباشرة أعلى السريان والساق الأخرى موصلة على المقطع الأكبر مباشرة أسفل السريان . إذا كان هناك فرقاً مقداره 35mm في منسوب الزئبق ويلوم بقية المقياس مليئاً بالماء ، أوجد التصريف .

الحل :-



$$\text{الفرق في السمت} = 0.035(13.6-1) = \underline{0.442\,m \text{ of water}}$$
$$= \frac{P_2 - P_1}{w}$$

بتطبيق معادلة برنولي وباعتبار الفقد عند الإتساع بين المقاطعين (1) و (2)

$$\frac{P_1}{w} + \frac{v_1^2}{2g} = \frac{P_2}{w} + \frac{v_2^2}{2g} + \overbrace{\frac{(v_1-v_2)^2}{2g}}^{h_L}$$

$$\frac{P_2 - P_1}{w} = \frac{v_1^2 - v_2^2}{2g} - \frac{(v_1-v_2)^2}{2g}$$

$$\frac{P_2 - P_1}{w} = \frac{2v_2(v_1 - v_2)}{2g} \quad \text{———} \; *$$

الإستمرارية السريان $\frac{\pi}{4} d_1^2 v_1 = \frac{\pi}{4} d_2^2 v_2$

بوضع $d_1 = 0.5m$ ، $d_2 = 1m$

$$v_2 = \left(\frac{d_1}{d_2}\right)^2 v_1$$

$$v_2 = \frac{1}{4} v_1$$

بالتعويض في المعادلة *

$$\frac{P_2 - P_1}{w} = \frac{3}{8}\frac{v_1^2}{2g}$$

بوضع ،

$$\frac{(P_2 - P_1)}{w} = 0.442\,m \text{ of water}$$

$$v_1^2 = \frac{8}{3} \times 2g \times 0.442 = 23.1$$

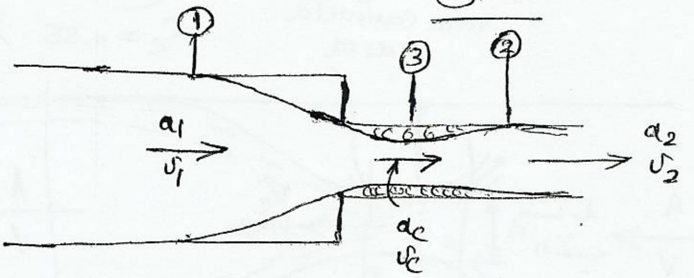
$$\therefore v_1 = 4.8\,m/s$$

$$\text{التصريف} = a_1 v_1 = \frac{\pi}{4} d_1^2 v_1 = \frac{\pi}{4} \times 0.5^2 \times 4.8 = \underline{\underline{0.943\,m^3/s}}$$

2/ إنكماش فجائي :-

ماسورة تنقل $0.06 m^3/s$ تنكمش فجأة من قطر مقداره $200 mm$ إلى قطر $150 mm$ - مفترضاً أن أثر عنق الإنكماش يتلاشى في الماسورة الأصغر، أحسب معامل الإنكماش إذا كان سمت الضغط عند نقطة أعلى السريان للإنكماش هو $0.655 m$ أكبر من نقطة أسفل السريان مباشرة لعنق الإنكماش -

الحل



بتطبيق معادلة بيرنولي بين النقاطتين (1) و (2) وبإعتبار الفقد عند الإنكماش

$$\frac{p_1}{w} + \frac{v_1^2}{2g} = \frac{p_2}{w} + \frac{v_2^2}{2g} + \frac{v_2^2}{2g}\left(\frac{1}{C_c} - 1\right)^2$$

$$\frac{p_1 - p_2}{w} = \frac{v_2^2}{2g}\left[1 + \left(\frac{1}{C_c} - 1\right)^2\right] - \frac{v_1^2}{2g}$$

الآن ,

$$\frac{p_1 - p_2}{w} = 0.655 m$$

$$v_1 = \frac{Q}{a_1} = \frac{0.06}{\frac{\pi}{4} \times 0.2^2} = \underline{1.91} m/s$$

$$v_2 = \frac{Q}{a_2} = \frac{0.06}{\frac{\pi}{4} \times 0.15^2} = \underline{3.4} m/s$$

بالتالي ,

$$0.655 = \frac{3.4^2}{2g}\left[1 + \left(\frac{1}{C_c} - 1\right)^2\right] - \frac{1.91^2}{2g}$$

$$12.86 = 11.6\left[1 + \left(\frac{1}{C_c} - 1\right)^2\right] - 3.65$$

$$1 + \left(\frac{1}{C_c} - 1\right)^2 = \frac{16.51}{11.6} = 1.39$$

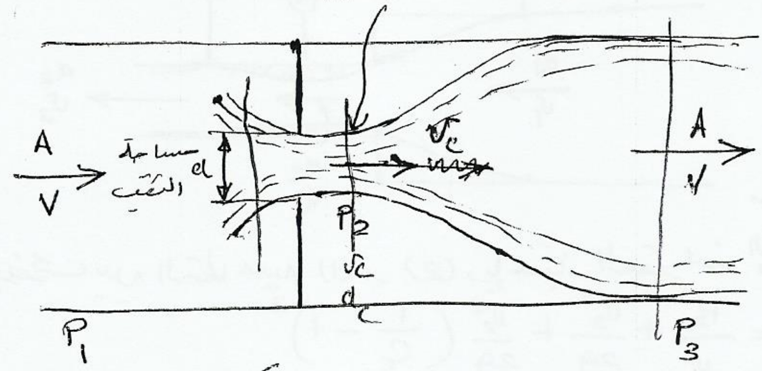
$$\left(\frac{1}{C_c} - 1\right)^2 = 0.39$$

$$\left(\frac{1}{C_c} - 1\right) = 0.625 \quad , \quad \frac{1}{C_c} = 1.625$$

$\therefore$ معامل الإنكماش $C_c = \underline{\underline{0.615}}$

3/ لوح مثقب في خط المواسير :

غشاء مطاطي مثقب مركزي تقطر مقداره 75mm تم وضعه في ماسورة قطرها 150mm . سرعة الماء في الماسورة 0.27 m/s . أوجد فرق الضغط بين نقطة تفرع (tapping) مباشرة أعلى السريان من الغشاء أو الحاجز، ونقطة تفرع (a) مجاورة لوجه أسفل السريان، (b) أسفل السريان من عنق الإنكماش، بعلمية أن $C_c = 0.55$.



فقد الطاقة يحدث أسفل السريان بالنسبة لعنق الإنكماش .

في الحالة (a) لا يتم إعتبار فقد الطاقة وستكون نقطة تفرع أسفل السريان عند عنق الإنكماش .

(a) بالرجوع للشكل عاليه وبتطبيق معادلة بيرنولي على نقطة تفرع أعلى السريان وعنق الإنكماش وبإفتراض عدم فقد طاقة .

$$\frac{P_1}{w} + \frac{V^2}{2g} = \frac{P_2}{w} + \frac{v_c^2}{2g}$$

$$\frac{P_1 - P_2}{w} = \frac{1}{2g}\left(v_c^2 - V^2\right)$$

لإستمرارية السريان $a_c v_c = AV$ ، $v_c = \frac{A}{a_c} \cdot V$

وبما أن $a_c = C_c a$

$$v_c = \frac{A}{C_c a} V$$

$$\frac{P_1 - P_2}{w} = \frac{V^2}{2g}\left[\left(\frac{A}{C_c a}\right)^2 - 1\right]$$

بوضع $C_c = 0.55$ ، $\frac{A}{a} = \frac{\frac{\pi}{4} \times 0.15^2}{\frac{\pi}{4} \times 0.075^2} = 4$ ، $V = 0.27\, m/s$

$$\frac{P_1 - P_2}{w} = \frac{0.27^2}{2g}\left[\left(\frac{4}{0.55}\right)^2 - 1\right]$$

$$\frac{P_1 - P_2}{w} = \frac{0.073 \times 52}{2g} = 0.194 \text{ m of water}$$

(b) تطبيق معادلة بيرنولي لنقطة تفرع أعلى السريان ولنقطة تفرع أسفل السريان من عنق الإنكماش بإعتبار فقد الصدمة .

$$\frac{P_1}{w} + \frac{V^2}{2g} = \frac{P_3}{w} + \frac{V^2}{2g} + \frac{V^2}{2g}\left[\frac{A}{C_c a} - 1\right]^2$$

$$\frac{P_1 - P_3}{w} = \frac{V^2}{2g}\left(\frac{1}{C_c} \cdot \frac{A}{a} - 1\right)^2$$

$$= \frac{0.27^2}{2g}\left(\frac{4}{0.55} - 1\right)^2 = \frac{0.073 \times (7.27 - 1)^2}{2g} = 0.147 \text{ m of water}$$

4/ الفقد نتيجة للإحتكاك (صيغة دارسي) (Darcy formula)

أوجد فقد السمت نتيجة للإحتكاك في ماسورة بطول 300m وبقطر 150mm عندما يكون التصريف مساوٍ لـ $2.73\ m^3/min.$ ومعامل المقاومة $f = 0.01$.

$$h_f = \frac{4fl}{d} \cdot \frac{v^2}{2g}$$

$$= \frac{fl\,Q^2}{3d^5}$$

بوضع $Q = 2.73\ m^3/min = 0.0455\ \frac{m^3}{s}$ ، $f = 0.01$ ،

$L = 300m$ ، $d = 0.15m$

$$\therefore h_f = \frac{0.01 \times 300 \times 0.0455^2}{3 \times (0.15)^5} = \underline{\underline{27.3\ m}} \text{ of water}$$

5/ صيغة شيزي :- (Chezy formula)

أوجد فقد السمت نتيجة للإحتكاك في ماسورة قطرها 75mm وطولها 30m ، حيث يكون معامل شيزي $C = 54.6$ إذا كانت متوسط سرعة السريان $1.8m/S$.

$v = C\sqrt{mi}$ $m =$ نصف القطر الإيدروليكي

الفقد الإحتكاكي لوحدة طول $i = \frac{v^2}{C^2 m}$

فقد السمت, $h_f = iL = \frac{v^2 L}{C^2 m}$

بوضع $v = 1.8m/S$ ، $L = 30m$ ، $C = 54.6$

$$m = \frac{A}{P} = \frac{\frac{\pi}{4}d^2}{\pi d} = \frac{d}{4} = \frac{0.075}{4}\ m$$

$$\text{فقد السمت},\ h_f = \frac{1.8^2 \times 30}{(54.6)^2 \times \frac{0.075}{4}} = \underline{\underline{1.75m}}$$

مسائل :-

1/ ماسورة بقطر 0.3m يتدفق خلالها ماء بمعدل $0.282 m^3/s$ تتسع فجأة إلى قطر مقداره 0.6m . إذا كان محور الماسورة أفقياً وأن منسوب الماء في ماسورة رأسية موصلة إلى الماسورة الأكبر يكون أعلى بمقدار 0.36m من المنسوب في ماسورة موصلة إلى الماسورة الأصغر . حدد المعامل K إذا تم التعبير عن فقد الضاغط كـ $Kv^2/2g$ ، حيث v هي السرعة في الماسورة الأصغر.

Ans. (0.496)

2/ ماسورة بقطر 100mm تنقل $1.8 m^3/min.$ من الماء تتسع فجأة إلى قطر مقداره 150mm. أوجد :-(أ) فقد السمت نتيجة للإتساع المفاجئ ، (ب) الفرق في الضغط بالـ kN/m^2 في الماسورتين مأخوذاً بين نقاط خارج منطقة الإضطراب (التشويش) مباشرة نتيجة لتغير المقطع ، (ج) فرق الضغط المناظر إذا كان التغير في القطر يتم تدريجياً كالمخروط (إفترض أنه ليس هنالك فقودات). يكون محور الماسورة أفقياً .

Ans. ($0.229 m$; $3.6 kN/m^2$; $5.85 kN/m^2$)

3/ ماسورة مساحتها $0.093 m^2$ تحمل تصريفاً مقداره $0.283 m^3/s$ من الماء . إذا إتسعت الماسورة فجأة إلى $0.372 m^2$ وإذا كان الضغط في المقطع الأصغر يساوي $4.8 kN/m^2$ ، أوجد :-(أ) السمت المفقود ، (ب) الضغط في الجزء الأكبر ، (ج) القدرة المطلوبة لدفع الماء خلال الإتساع.

Ans. ($0.265 m$; $6.53 kN/m^2$; $737 W$)

(4) إشتق تعبيراً لفقد السمت عند إتساع مفاجئ في ماسورة . يسري ماء في ماسورة قطرها 150mm ويكون الفقد في السمت عند إتساع مفاجئ مكافئاً لنصف سمت السرعة في الماسورة . حدد قطر الجزء المتسع.

Ans (277 mm)

(5) إشتق تعبيراً لفقد السمت عند إنكماش مفاجئ . ماسورة تحمل $0.056 m^3/s$ تتغير قطرها فجأة من (أ) 200mm إلى 150mm ، (ب) من 300 mm إلى 150mm ، (ج) من 450mm إلى 150mm . أوجد فقد السمت وفرق الضغط عبر الإنكماش في كل حالة . $C_c = 0.62$.

Ans. ($0.19 m$, $0.54 m$; $0.19 m$, $0.673 m$; $0.19 m$, $0.699 m$)

6/ خط أنابيب ينقل $0.236 m^3/s$ يتم خفضه فجأة من قطر مقداره $450 mm$ إلى $300 mm$.
أحسب التغير في (أ) سمت الطاقة الكلي، (ب) سمت طاقة الضغط. خذ $C_c = 0.67$
Ans. (0.135m fall; 0.589m fall)

7/ ماسورة بقطر $150 mm$ تنكمش فجأة إلى قطر $100 mm$. إذا كان السريان يساوي $1.8 m^3/min$، أوجد :- (أ) فقد الطاقة نتيجة للإنكماش المفاجئ، (ب) التغير في الضغط في الماسورتين، (ج) التغير في سمت الضغط إذا لم يكن هنالك فقد في الطاقة، يتم توصيل الماسورتين بواسطة مخروط تدريجي بدلاً عن الإنكماش المفاجئ.
خذ معامل إنكماش مقداره 0.66.
Ans. (0.1974 Nm/N; $7.79 kN/m^2$; 5.86m)

8/ ينساب ماء بمعدل $0.028 m^3/s$ خلال ماسورة قطرها $150 mm$ تنخفض فجأة إلى $100 mm$. أوجد فقد السمت الإنكماشي وفرق سمت الضغط عند نقاط تفريغ على جانبي الإنكماش إذا كان معامل الإنكماش هو 0.62. إفترض فقداً كاملاً نتيجة للإتساع في خطوط السريان، كما تجاهل الإحتكاك في الماسورة.
إذا تم تركيب لوحة بثقب مقداره $75 mm$ عند الإنكماش، كم ستكون قيم الكميات عاليه، خذ مجدداً $C_c = 0.62$؟
Ans. (0.258 m; 0.812 m; 2.19 m; 2.74 m)

9/ ينساب ماء أفقياً خلال ماسورة قطرها $150 mm$ بسرعة $2.4 m/s$ تتسع الماسورة فجأة إلى قطر $300 mm$. أوجد فقد السمت أيضاً أوجد فقد السمت إذا تم عكس السريان، يكون معامل الإنكماش الآن مساوياً لـ 0.62.
Ans. (0.165m; 0.110m)

10/ إشتق تعبيراً لفقد السمت نتيجة لإتساع مفاجئ في ماسورة ناقلة لماء.
أذكر الإفتراضات التي يتم عملها.
خط مواسير ينقل كمية من ماء في الثانية يتغير فجأة في مقطعه. أوجد نسبة أقطار الماسورة إذا كان فقد السمت عند التغير في المقطع مستقلاً عن إتجاه السريان. إفترض قيمة مقدارها 0.61 لمعامل الإنكماش.
(1 / 1.667)

11/ غشاء معدني (حاجز) بفتحة مقدارها $150 mm$ يتم تركيبه في ماسورة قطرها $300 mm$ إذا كانت سرعة السريان هي $0.6 m/s$، أحسب فقد السمت نتيجة للغشاء بإفتراض أن $C_c = 0.64$.
Ans. (0.507m)

12/ جد الفقد في السمت نتيجة للإحتكاك في ماسورة جديدة من الحديد الزهر بطول 360m وبقطر 150mm تحمل $42\ dm^3/s$. إستخدم صيغة دارسي بأخذ $f = 0.005$.

Ans. (13.82m)

13/ مستخدماً صيغة جيزي (Chezy formula) ، أوجد فقد السمت في ماسورة مستديرة بطول 120m وبقطر 75mm عندما تكون سرعة السريان مساوية لـ $4.8 m/s$.

خذ $C = 54.6$.

Ans. (49.5m)

14/ يتم تصريف ماء من مستودع خلال ماسورة طولها 1200m وقطرها 400mm لـ 600m من طولها و 250mm لبقية طولها. أحسب السريان بإعتبار الإحتكاك فقط إذا كان الطرف البعيد للماسورة يبعد مسافة 30m أسفل منسوب المستودع : f للماسورة بقطر 400mm هو 0.004 ، و f للماسورة بقطر 250mm هو 0.006 .

Ans. ($0.151\ m^3/s$)

15/ مستودعان الفرق في منسوبيهما 13.5m يتم توصيلهما بماسورة ABC ، تبعد نقطتها العليا B مسافة 1.5m أسفل المنسوب في المستودع العلوي A . للجزء AB قطر مقداره 200mm ، وللجزء BC قطر مقداره 150mm ، ويكون معامل الإحتكاك لكليهما 0.005 . الطول الكلي للماسورة هو 3000m . أوجد الطول الأقصى المسموح به للجزء AB إذا كان سمت الضغط عند B يجب ألا يتجاوز 3m أسفل الضغط الجوي . تجاهل سمت السرعة في الماسورة ، فقد السمت عند مدخل الماسورة وفقد السمت عند تغير القطر .

Ans. (2038m)

مسائل

1/ عجلة مائية تتكون من سلسلة من الريش المستوية التي يتم تركيبها نصف قطرياً على عجلة بقطر كبير. تصدم الريش عمودياً بواسطة نفث من الماء قطره 0.3m. إذا كانت سرعة الماء المغادرة للفوهة 7.5m/s وسرعة الريش 4.8m/s، ما هي القوة التي يؤديها النفث على الريش، وما هو الشغل المبذول في الثانية والكفاءة؟

Ans. (1433 N; 6.86 kW; 46%)

2/ لوح مربع كتلته 12.7kg وبسمك منتظم وبطول ضلعه 300mm. يتم تعليقه بحيث يمكنه التأرجح بحرية حول طرفه العلوي. هناك نفث أفقي بقطر 20mm يصدم اللوح بسرعة 15m/s بحيث أن خط المركز للنفث يبعد مسافة 150mm أسفل الحافة العليا للوح. عندما يكون اللوح رأسياً يصطدم النفث باللوح عمودياً عند مركزه.

أوجد (أ) القوة التي يجب تسليطها عند الحافة الدنيا للوح للحفاظ على وضعه الرأسي (ب) زاوية الميل على المستوى الرأسي تحت تأثير النفث إذا سمح للوح بالتأرجح بحرية.

Ans. (35.34 N, 34.57 deg.)

3/ لوح في خط مواسير ينخفض تدريجياً من قطر 600mm إلى قطر 300mm ويعمل على انحراف سريان الماء خلال زاوية مقدارها 60 درجة. يكون ضغط القياس مساوياً لـ $172\,kN/m^2$ عند الطرف الأكبر. حدد مقداره واتجاه القوة المسلطة على اللوح في الحالات التالية:-

أ/ عندما لا يكون هناك سريان.

ب/ عندما يكون السريان مساوياً لـ $0.85\,m^3/s$.

Ans. (43.8 kN, 13 53; 45 kN, 19° 46')

4/ نفث من الماء يتم تصريفه بمعدل 13.6 kg/s بسرعة 24m/s في اتجاه يصنع زاوية مقدارها 30 درجة بالنسبة إلى سلسلة من الريش المقعرة المتحركة بسرعة 10.5m/s. إذا كانت زاوية مخرج الريش هي 20 درجة، حدد:-

a/ زاوية مدخل الريش في حالة عدم وجود صدمة عند المدخل،

b/ الشغل المبذول في الثانية.

Ans. (49° 25'; 3.59 kW)

5/ نفث من الماء يغادر فوهة بقطر 20mm عند سرعة 36m/s ويدخل إلى سلسلة من الريش بدون صدمة. تتحرك الريش في نفس اتجاه النفث بسرعة 15m/s، وعندما تكون الريش ثابتة فإنها تعمل على انحراف النفث بزاوية مقدارها 150 درجة. تخفض المقاومة الاحتكاكية سرعة الماء بالنسبة للريش (السرعة النسبية للماء) بمقدار 12% عندما ينساب الماء خلال الريش. مستفيداً من المبادئ الأولية أحسب (a) مقدار واتجاه محصلة القوة على الريش، (b) القدرة المتولدة بواسطة الترتيبة.

Ans. (431 N at 14° to jet direction; 6.27 kW)

6/ نفث من الماء يسري بمعدل 20kg/s وبسرعة 25m/s يصطدم بسلسلة من الريش تتحرك بسرعة 12m/s في إتجاه يصنع زاوية مقدارها 25° بالنسبة للنفث.
حدد زاوية الدخول في الريشة في حالة عدم وجود صدمة عند المدخل.
إذا كانت زاوية مخرج الريشة هي 150° بالنسبة لإتجاه الحركة، أحسب القوة في إتجاه الحركة والقدرة المتولدة إذا كان الإحتكاك يخفض سرعة الماء بالنسبة للريش بمقدار 20% أثناء مرورها على الريش.

Ans. (45°, 381.2N, 4570W)

7/ نفث من الماء بقطر 50mm يتحرك بسرعة 24m/s يصطدم مماسيًا على سلسلة من الريش التي عندما تكون ثابتة تعمل على إنحراف النفث خلال زاوية مقدارها 120 درجة.
أحسب مقدار القوة على الريش في إتجاه الحركة عندما تكون:
(a) ثابتة، (b) تتحرك بسرعة 9m/s في نفس إتجاه النفث. في الحالة (b) حدد أيضًا الشغل المبذول في الثانية في الريش والكفاءة.

Ans. (1696N; 1062N, 9550W, 70.2%)

8/ نفث من الماء بقطر 75mm وبسرعة 21m/s ينساب مماسيًا على ريشة ثابتة تعمل على إنحرافه خلال 120°. ما هو مقدار وإتجاه محصلة القوة على النفث؟
إذا كان هذا النفث ينساب على ريش تتحرك في إتجاه النفث بسرعة $10.5\frac{m}{s}$، حدد (a) القوة الواقعة على الريش في إتجاه الحركة، (b) الشغل المبذول في الثانية، (c) الكفاءة.

Ans. (3375N, 30 deg; الخط 1460N, 15350W, 75%)

(9) نفث من الماء بقطر 75mm يصطدم بلوح مستوي بسرعة 24m/s. يكون العمودي على اللوح مائلًا بزاوية 30 درجة مع محور النفث. أحسب القوة العمودية على اللوح (a) عندما يكون اللوح ثابتًا، (b) عندما يتحرك اللوح بسرعة 12m/s في نفس إتجاه النفث.

Ans. (2.2kN; 0.55kN)

(10) لوح مستطيل بكتلة 5.45kg يتم تعليقه رأسيًا بواسطة مفصلة على الحافة الأفقية العليا. يبعد مركز الثقل للوح مسافة 10cm من المفصلة. نفث أفقي من الماء بقطر 25mm يبعد محوره مسافة 15cm أسفل المفصلة يصطدم عموديًا على اللوح بسرعة 5.65m/s. أوجد القوة الأفقية المسلطة عند مركز الثقل لحفاظ اللوح على وضعه الرأسي. أوجد التغير في سرعة النفث إذا تم إنحراف اللوح خلال زاوية مقدارها 30° بحيث تستمر نفس القوة الأفقية في العمل عند مركز الثقل للوح.

Ans. (23.5N; 2.31 m/s increase)

(3)

11/ وعاء يتم دفعه بردمعل النفث المشرق من الخلف، يتم سحب الماء من جانب الوعاء. أسس تعبيرات للكفاءة النظرية ولدخل القدرة إلى المضخات بدلالات سرعة السفينة u، سرعة النفث v، وزن الماء الذي يتم ضخه في الثانية $\dot{W}$، والكفاءة المتحدة للمضخة ونظام المواسير لها.

سفينة صغيرة مزودة بمنافث بمساحة كلية $0.65 m^2$. السرعة خلال المنافث هي $9 m/s$ وسرعة السفينة هي $18.5 km/h$. كفاءة المحرك هي 85%، كفاءة المضخة هي 65% وفقدات المواسير مكافئة لـ 10% من طاقة سرعة المنافث. حدد قوة الدفع والكفاءة الإجمالية. كثافة ماء البحر $= 1025 kg/m^3$.

الحل :-

$$\dot{m} = \frac{\dot{W}}{g}$$ كتلة المائع المغادر في الثانية

$0 =$ السرعة المطلقة للماء الداخل

$= v - u$ للماء المغادر

$= v - u$ التغير في السرعة

$$\text{قوة الدفع} = \frac{\dot{W}}{g}(v-u)$$

$$\text{الشغل المبذول بواسطة المنافث في الثانية} = \frac{\dot{W}}{g}(v-u)u$$

عندما يكون السحب من الجانب يدخل الماء بدون طاقة سرعة ويغادر بسرعة v.

$$\text{الطاقة التي يتم إمدادها بواسطة المضخات} = \frac{\dot{W}v^2}{2g}$$

$$\text{الكفاءة النظرية} = \frac{\dot{W}/g(v-u)u}{(\dot{W}/2g)v^2} = \frac{2u(v-u)}{v^2}$$

$$\text{القدرة المخرجة من المضخات} = \frac{Wv^2}{2g}$$

$$\text{القدرة المدخلة إلى المضخات} = \frac{Wv^2}{2g \times \eta}$$

$= 9 m/s$ سرعة النفث

$= 18.5 km/h = 5.16 m/s$ سرعة السفينة

$$\text{الكتلة المصروفة في الثانية } \dot{m} = \frac{W}{g} = \rho a v = 1025 \times 0.65 \times 9 = 6000 kg/s$$

$$\text{قوة الدفع} = \frac{W}{g}(v-u) = 6000 \times 3.84 = \underline{23040 N}$$

إذا تم فقد 10% من طاقة سرعة النفث في المواسير

$$\text{الطاقة التي يتم إمدادها إلى المنافث في الثانية} = 1.1 \frac{Wv^2}{2g}$$

$$\text{كفاءة النفث والمواسير} = \frac{2u(v-u)}{1.1v^2}$$

$$= \frac{2 \times 5.16 \times 3.84}{1.1 \times 81} = \underline{44.5\%}$$

$$\text{الكفاءة الإجمالية} = 0.85 \times 0.65 \times 0.445 = \underline{24.6\%}$$

(4)

12/ إشتق صيغة لكفاءة الدفع لمركب ذو دفع نفثي يدخل إليه الماء خلال أنابيب مواجهة لإتجاه الحركة ويغادر خلال ثقب في الخلف. هنالك مركب بهذه الترتيبة يتطلب 15kW لدفعه خلال الماء بسرعة 9 m/s. إذا كانت كفاءة الدفع 80%، أحسب سرعة النفث، مساحة مقاطع المدخل والمخرج وكمية الماء المارة خلال المضخات في الثانية.

Ans. (4.5 m/s; 0.0329 m^2; 0.0219 m^2; 0.269 m^3/s)

13/ إشتق تعبيراً لكفاءة منفث لوعاء ذو دفع نفاث بدلالات سرعة الوعاء u وسرعة النفث v. يتم السحب من مقدمة الوعاء.

يتم إعطاء المقاومة لسفينة بالمعادلة $(5.55u^6 + 978u^{1.9})$ N عند سرعة u m/s وكفاءة المنفث هي 0.8 بينما تلك للمضخة هي 0.72. يتم قيادة الوعاء بسرعة 3.4 m/s. أوجد :- (a) كتلة الماء التي يتم ضخها من الخلف في الثانية، (b) القدرة المطلوبة لإدارة المضخة.

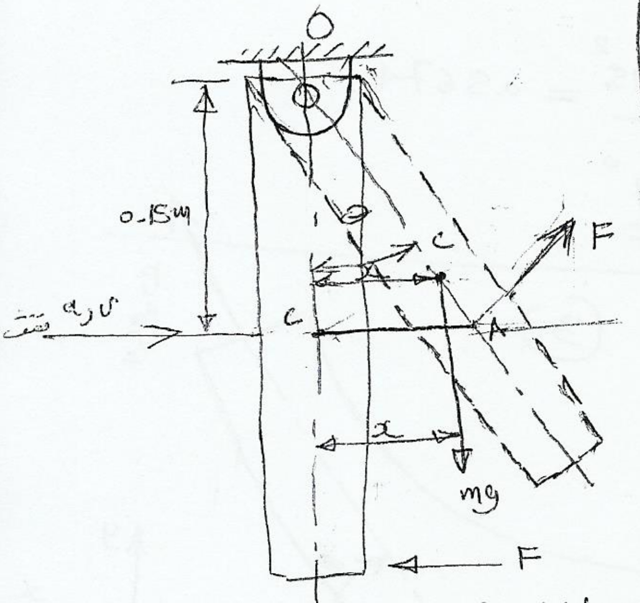
Ans. (10928 kg/s; 109.7 kW)

14/ وعاء ذو دفع نفاث يسحب الماء خلال مواسير في منتصف السفينة ويمررها خلال مضخات ويتم تصريفها خلال مواسير في الخلف. تستغرق المضخة 34 m^3/min، سرعة السريان خلال المواسير هي 9 m/s وسرعة الوعاء هي 4.5 m/s. ما هو مقدار قوة الدفع ؟

Ans. (2550 N)

(5)

(2)



$m = 12.7\ kg$, $t = const = $ uniform thickness

$L = 300mm = 0.3m$

$v = 15m/s$, $d = 0.02\ m$

أ/ القوة التي يجب تسليطها عند الحافة الدنيا للوح للمحافظ على وضعه الرأسي

بأخذ العزوم حول المفصلة (O) :-

$$F \times 0.3 = \rho a v^2 \times 0.15$$

$$F = \frac{\rho a v^2 \times 0.15}{0.3} = \frac{10^3 \times \frac{\pi}{4} \times 0.02^2 \times 15^2 \times 0.15}{0.3}$$

$$= \underline{\underline{35.34\ N}}$$

ب/ $\theta = ?$ إذا سمح للوح بالتأرجح بحرية فلوضع اللوح بداية متزنة تحت تأثير قوتين هما F و mg وبأخذ العزوم حول (O)

$$F = \dot{m}\Delta v$$

$$= \rho a v (v\cos\theta)$$

$$= \rho a v^2 \cos\theta$$

$$F \times (OA) = mg\,x$$

$$\cos\theta = \frac{OC}{OA}$$

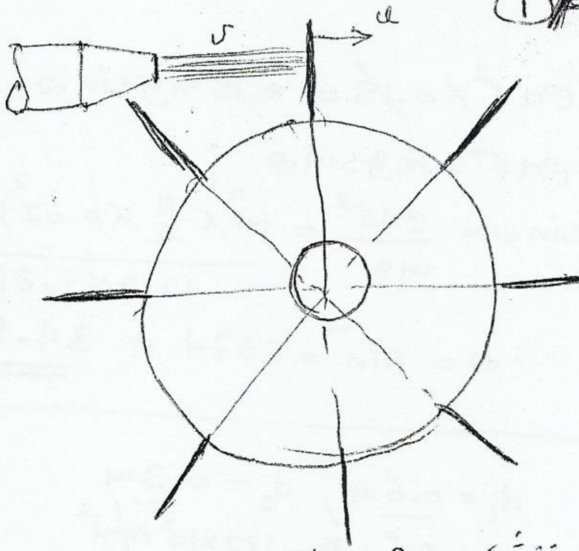
$$\therefore OA = \frac{OC}{\cos\theta} = \frac{0.15}{\cos\theta}$$

$$\rho a v^2 \cos\theta \times \frac{0.15}{\cos\theta} = mg\,x$$

$$\sin\theta = \frac{x}{OC} \qquad \therefore x = OC\sin\theta$$

$$\rho a v^2 \cancel{\cos\theta} \times \frac{0.15}{\cancel{\cos\theta}} = mg \times 0.15\sin\theta$$

(1)



نفث $d = 0.3\ m$

$v = 7.5 m/S$

$u = 4.8 m/S$

$F = \dot{m}\Delta v = ?$

$W.D/sec = ?$

$\eta = ?$

$\dot{m} = \rho Q = \rho a v$

$\Delta v = v - u$

$$F = \dot{m}\Delta v = \rho a v (v - u)$$

$$= 10^3 \times \frac{\pi}{4} \times 0.3^2 \times 7.5 (7.5 - 4.8)$$

$$= \underline{\underline{1431.4 N}} \simeq 1433 N$$

$$W.D/sec = F u = 1433 \times 4.8$$

$$= \underline{6.88\ kw} \simeq \underline{\underline{6.86\ kW}}$$

$$\eta = \frac{W.D/sec}{K.E/sec}$$

$$K.E/sec = \frac{1}{2}\dot{m}v^2$$

$$= \frac{1}{2}\rho a v^3$$

$$= \frac{1}{2} \times 10^3 \times \frac{\pi}{4} \times 0.3^2 \times 7.5^3$$

$$= 14910.3\ W$$

$$= \underline{\underline{14.91\ kW}}$$

$$\eta = \frac{6.88}{14.91} = \underline{\underline{46\%}}$$

(b) $\rho a v^2 \times \cancel{0.15} = \cancel{0.15}\, m g \sin\theta$

$\rho a v^2 = m g \sin\theta$

$\sin\theta = \frac{\rho a v^2}{m g} = \frac{10^3 \times \frac{\pi}{4} \times 0.02^2 \times 15^2}{12.7 \times 9.81} = 0.5674$

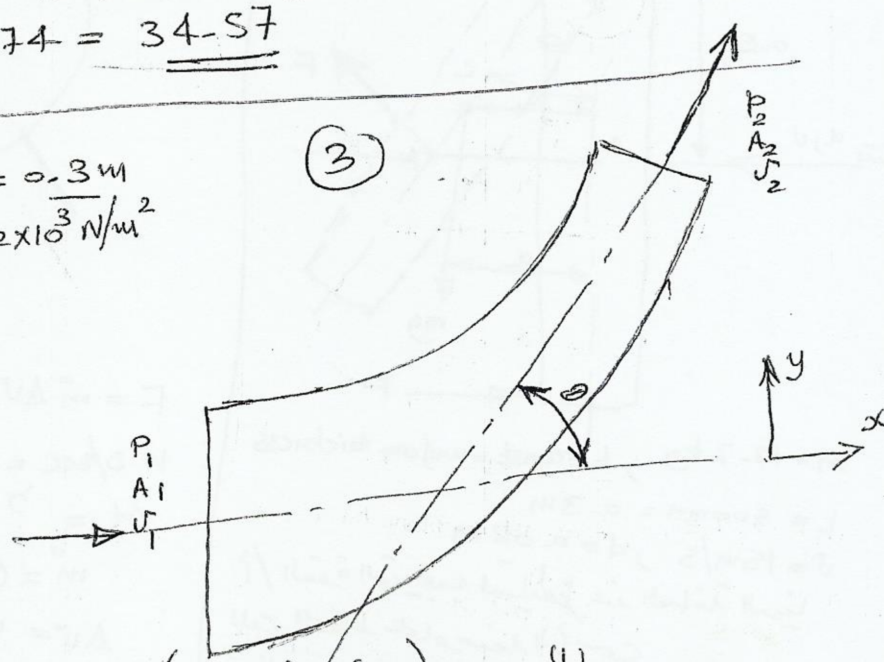
$\therefore \theta = \sin^{-1} 0.5674 = \underline{\underline{34.57^\circ}}$

---

(3)

$d_1 = \underline{0.6m}$, $d_2 = \underline{0.3m}$

$\theta = 60^\circ$, $P_1 = 172 \times 10^3 \, N/m^2$



$F_x = P_1 A_1 - P_2 A_2 \cos\theta + \dot{m}(v_1 - v_2 \cos\theta)$ —— (1)

$F_y = P_2 A_2 \sin\theta + \dot{m} v_2 \sin\theta$ —— (2)

$\therefore \dot{m} = 0$, $Q = 0$

أ/ عندما الأنابيب مغلقة لا سريان

يكون الضغط هو نفسه $P_1 = P_2$

$F_x = P_1 A_1 - P_2 A_2 \cos\theta$

$= 172 \times 10^3 \times \frac{\pi}{4} \times 0.6^2 - P_2 \times \frac{\pi}{4} \times 0.3^2 \cos 60^\circ = 48632 - 0.0353 P_2$

$F_y = P_2 \times \frac{\pi}{4} \times 0.3^2 \sin 60^\circ = 0.06122 P_2$

$F_x = 172 \times 10^3 \times \frac{\pi}{4} \times 0.6^2 - 172 \times 10^3 \times \frac{\pi}{4} \times 0.3^2 \cos 60$

$= \underline{42.553} \, kN/m^2$

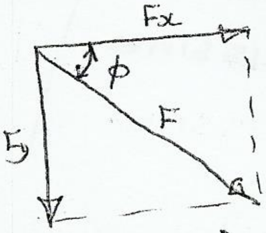
$F_y = 172 \times 10^3 \times \frac{\pi}{4} \times 0.3^2 \times \sin 60^\circ$

$= \underline{10.53} \, kN/m^2$

$\therefore F = \sqrt{F_x^2 + F_y^2}$

$= \sqrt{42.553^2 + 10.53^2} = \underline{43.8} \, kN/m^2$

$\phi = \tan^{-1} \frac{F_y}{F_x}$



$\phi = \tan^{-1} \frac{10.53}{42.553} = \underline{\underline{13^\circ \, 54'}}$

ب/ عندما $Q = 0.85 \, m^3/s$

$Q = A_1 v_1 = A_2 v_2$

$0.85 = \frac{\pi}{4} \times 0.6^2 v_1$

$\therefore v_1 = \underline{3 \, m/s}$

$v_2 = \frac{0.85 \times 4}{\pi \times 0.3^2} = \underline{12 \, m/s}$

(4) نفث مراطاء

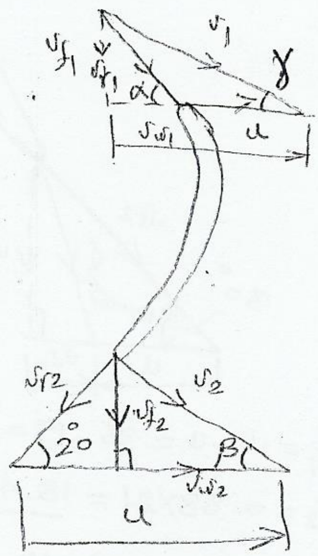
$\dot{m} = 13.6\ kg/s$

$v_1 = 24\ m/s$, $\gamma = 30^\circ$, $u = 10.5\ m/s$

$\beta = 20^\circ$

$\alpha = ?$ /a

$w.D/sec = ?$ /b



$\alpha = \tan^{-1} \frac{v_{f1}}{v_{w1} - u}$

$\sin\gamma = \frac{v_{f1}}{v_1}$

$\therefore v_{f1} = v_1 \sin\gamma = 24 \sin 30^\circ$

$= 12\ m/s$

$v_{w1} = v_1 \cos\gamma = 24 \cos 30^\circ$

$= 20.8\ m/s$

$\alpha = \tan^{-1} \frac{12}{20.8 - 10.5} = 49.36^\circ$

$= 49^\circ\ 22'$

$F_x = \dot{m}(v_{w1} - v_{w2})$

$F_y = \dot{m}(v_{f1} - v_{f2})$

$v_{r1} = \sqrt{v_{f1}^2 + (v_{w1} - u)^2}$

$v_{r1} = \sqrt{12^2 + (20.8 - 10.5)^2}$

$= 15.8\ m/s$

$v_{r2} = v_{r1} = 15.8\ m/s$

(7) $\tan\beta = \frac{v_{f2}}{v_{w2}}$ —— *

$\tan\beta = \frac{v_{f2}}{u - v_{r2}\cos 20^\circ}$

$v_{f2} = v_{r2} \sin 20^\circ$

$= 15.8 \sin 20^\circ = 5.4\ m/s$

$\tan\beta = \frac{5.4}{10.5 - 15.8\cos 20^\circ}$

$= -1.2422$

$\therefore \beta = -51.17^\circ$

* مساطاة

$\tan(-51.17^\circ) = \frac{5.4}{v_{w2}}$

$v_{w2} = \frac{5.4}{\tan(-51.17^\circ)} = -4.35\ m/s$

$F_x = 13.6(20.8 + 4.35)$

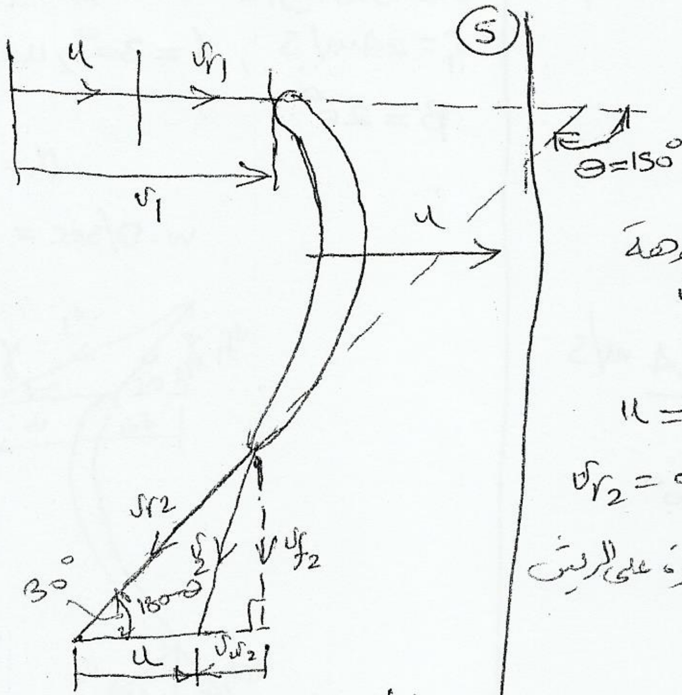
$= 342.04\ N$

$\therefore w.D/sec = F_x \cdot u$

$= 342.04 \times 10.5$

$= 3590\ W$

$= 3.59\ kW$



قطر الفوهة $d = 0.02\ m$

$v_1 = 36\ m/s$

يدخل بدون صدمة

$u = 15\ m/s$

$v_{r2} = 0.88\, v_{r1}$

من المبادئ الأولية

a/ مقدار و إتجاه محصلة القوة على الريش

b/ القدرة المتولدة

$v_{r1} = v_1 - u = 36 - 15 = \underline{21\ m/s}$

$v_{r2} = 0.88 \times 21 = \underline{18.48\ m/s}$

$v_{r2}\cos(180-\theta) = 18.48 \cos 30^\circ$
$= 16\ m/s$

$u = 15\ m/s < v_{r2}\cos(180-\theta)$

$F_x = \dot{m}\, \Delta v_x = \dot{m}(v_1 + v_{w2})$

$F_y = \dot{m}\, \Delta v_y = \dot{m}\, v_{f2}$

$\tan 30^\circ = \dfrac{v_{f2}}{v_{r2}\cos 30^\circ} = \dfrac{v_{f2}}{16}$

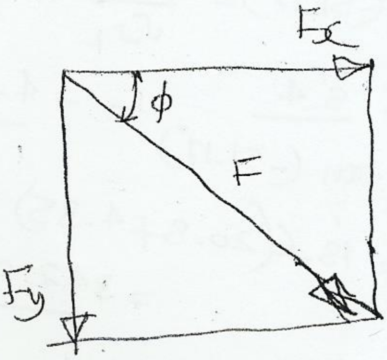
$v_{f2} = 16 \tan 30^\circ = \underline{9.238}\ m/s$

$u + v_{w2} = 16$

$v_{w2} = 16 - u = 16 - 15 = \underline{1\ m/s}$

$F_x = 10^3 \times \dfrac{\pi}{4} \times 0.02^2 \times 36(36+1)$
$= \underline{418.5\ N}$

$F_y = 10^3 \times \dfrac{\pi}{4} \times 0.02^2 \times 36 \times 9.238$
$= \underline{104.5\ N}$



$\therefore F = \sqrt{418.5^2 + 104.5^2} = \underline{431.35\ N}$

$\phi = \tan^{-1} \dfrac{104.5}{418.5} = \underline{\underline{14^\circ}}$

$\text{power} = F_x\, u = 418.5 \times 15 = \underline{\underline{6.27\ kW}}$

(9)

$F_x = \dot{m}(V_{w_1} - V_{w_2})$

$\cos 30^\circ = \frac{u - V_{w_2}}{V_{r_2}}$

$u - V_{w_2} = V_{r_2} \cos 30$

$\therefore V_{w_2} = u - V_{r_2} \cos 30^\circ$

$V_{r_2} = 0.8\, V_{r_1}$

$V_{r_1} = \sqrt{V_{f_1}^2 + (V_{w_1} - u)^2}$

$V_{r_1} = \sqrt{10.57^2 + (22.66 - 12)^2}$

$= 15\ m/s$

$\therefore V_{r_2} = 0.8 \times 15 = 12\ m/s$

$\therefore V_{w_2} = 12 - 12\cos 30 = 1.608\ m/s$

$F_x = 20(22.66 - 1.608) = 421\ N$

$F_y = \dot{m}(V_{f_1} - V_{f_2})$

$\sin 30^\circ = \frac{V_{f_2}}{V_{r_2}}$

$V_{f_2} = V_{r_2} \sin 30^\circ = 6\ m/s$

$F_y = 20(10.57 - 6) = 91.4\ N$

$F = \sqrt{F_x^2 + F_y^2} = \sqrt{421^2 + 91.4^2} = 430.8\ N$

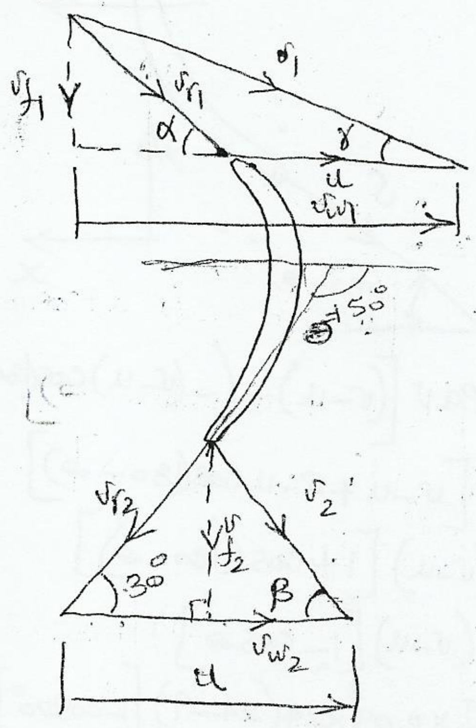
power $= F_x\, u = 421 \times 12 = 5052\ W$

$\dot{m} = 20\ kg/s$

$V_1 = 25\ m/s$

$u = 12\ m/s$

$\gamma = 25^\circ$



$? = \alpha$ زاوية الدخول ! الريشة

$(180 - \theta) = 180 - 150 = 030^\circ$

$F_x = ?$

القدرة المتولدة $= ?$ P

$V_{r_2} = 0.8\, V_{r_1}$

$\alpha = \tan^{-1} \frac{V_{f_1}}{V_{w_1} - u}$

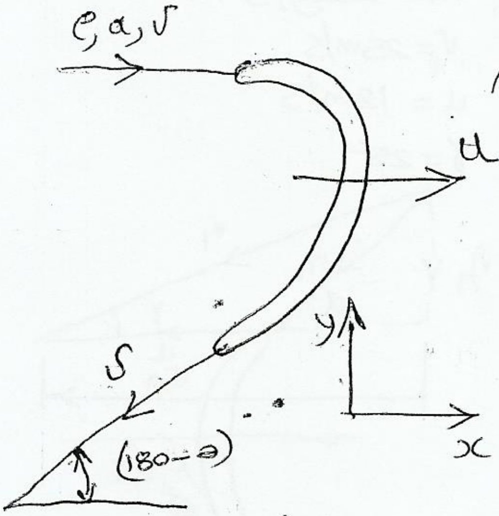
$V_{f_1} = V_1 \sin\gamma = 25 \times \sin 25^\circ = 10.57\ m/s$

$V_{w_1} = V_1 \cos\gamma = 25 \times \cos 25^\circ = 22.66\ m/s$

$\alpha = \tan^{-1} \frac{10.57}{22.66 - 12} = 44.8 \simeq 45^\circ$

(10) /7

a) /b



$$F_x = \rho a v\left[(v-u) - \left(-(v-u)\cos(180-\theta)\right)\right]$$

$$= \rho a v\left[v-u+v-u\cos(180-\theta)\right]$$

$$= \rho a v(v-u)\left[1+\cos(180-\theta)\right]$$

$$= \rho a v(v-u)\left[1-\cos\theta\right]$$

$$= 10^3 \times \frac{\pi}{4} \times 0.05^2 \times 24(24-9)\left[1-\cos 120^\circ\right]$$

$$= \underline{\underline{1060.3\ N}}$$

$$W.D/sec = F_x \cdot u$$

$$= 1060.3 \times 9 = \underline{\underline{9543\ W}}$$

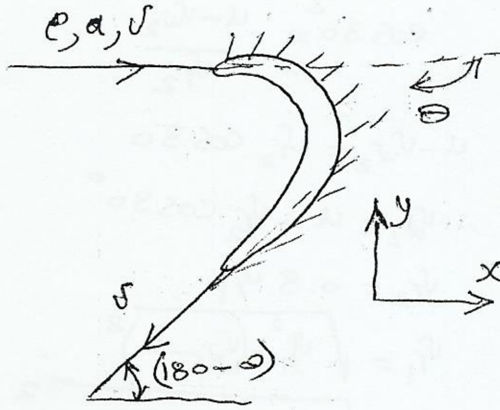
$$K.E/sec = \frac{1}{2}\dot{m} v^2$$

$$= \frac{1}{2}\rho a v^3 = \frac{1}{2} \times 10^3 \times \frac{\pi}{4} \times 0.05^2 \times 24^3$$

$$= \underline{13571.7\ W}$$

$$\therefore \eta = \frac{W.D/sec}{K.E/sec} = \frac{9543}{13571.7}$$

$$= \underline{\underline{70.3\%}}$$



$$F_x = \dot{m}\Delta v_x \qquad (a)$$

$$= \rho a v^2\left[1-\cos\theta\right]$$

$d = 0.05\,m$, $v = 24\,m/s$

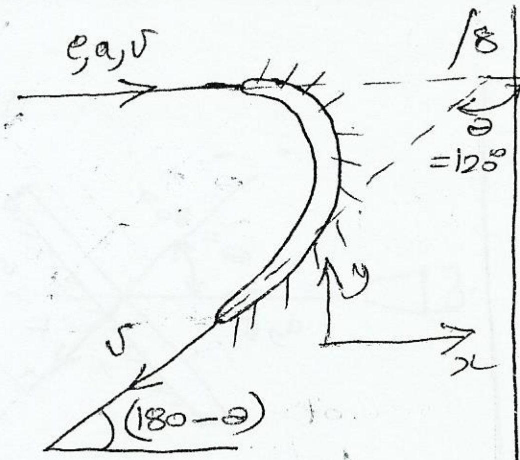
$\theta = 120^\circ$

$$F_x = 10^3 \times \frac{\pi}{4} \times 0.05^2 \times 24^2\left[1-\cos 120^\circ\right]$$

$$= \underline{\underline{1696.5\ N}}$$

$u = 9\,m/s \qquad (b)$

(ii)



$d = 0.075\,m$, $v = 21\,m/s$

$\theta = 120^\circ$

$F = ?$ $\phi = ?$

$F_x = \rho a v^2 [1 - \cos\theta]$

$F_x = 10^3 \times \frac{\pi}{4} \times 0.075^2 \times 21^2 [1 - \cos 120^\circ]$

$= \underline{2922.4\,N}$

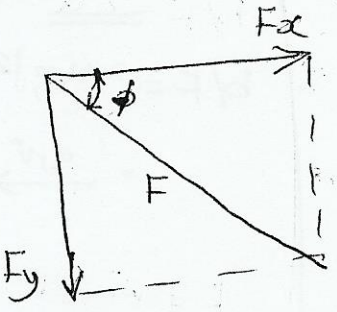
$F_y = \rho a v^2 \sin\theta$

$= 10^3 \times \frac{\pi}{4} \times 0.075^2 \times 21^2 \sin 120^\circ$

$= \underline{1687.3\,N}$

$F = \sqrt{(2922.4)^2 + (1687.3)^2}$

$= \underline{\underline{3375\,N}}$

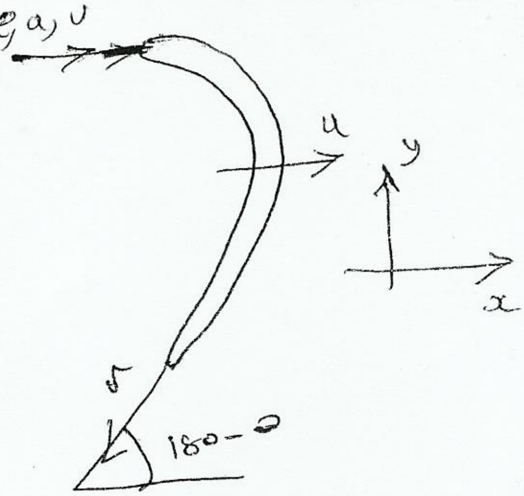


$\phi = \tan^{-1} \frac{F_y}{F_x}$

$\phi = \tan^{-1} \frac{1687.3}{2922.4}$

$= \underline{\underline{30^\circ}}$

18



$u = 10.5\,m/s$

a/ $F_x = \rho a v (v - u)[1 - \cos\theta]$

$F_x = 10^3 \times \frac{\pi}{4} \times 0.075^2 \times 21 (21 - 10.5)$
$[1 - \cos 120^\circ]$

$= \underline{\underline{1461.2\,N}}$

$W.D/sec = F_x \cdot u$

$= 1461.2 \times 10.5 =$

$= \underline{\underline{15343\,W}}$

$\eta = \frac{W.D/sec}{K.E/sec}$

$K.E/sec = \frac{1}{2} \dot{m} v^2$

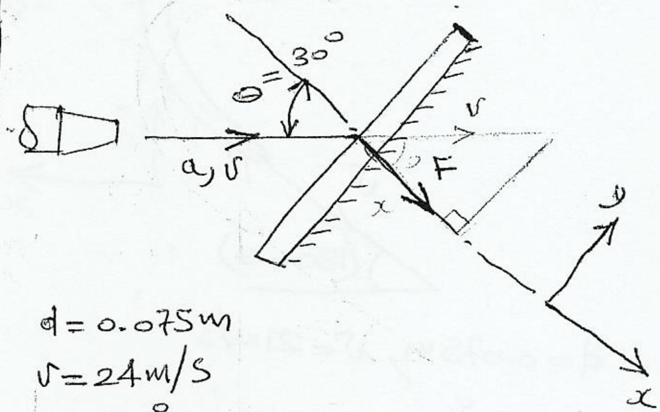
$= \frac{1}{2} \rho a v^3$

$= \frac{1}{2} \times 10^3 \times \frac{\pi}{4} \times 0.075^2 \times 21^3$

$= \underline{20457\,W}$

$\eta = \frac{15343}{20457} = \underline{\underline{75\%}}$

(12) 1/9



$d = 0.075\,m$

$v = 24\,m/s$

$\theta = 30^\circ$

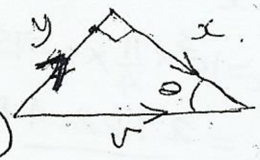
a/ $F = ?$ معتبرها بلوح اللح ثابتاً

$F = \dot{m}\Delta v$

$\dot{m} = \rho a v$

$\Delta v = (v\cos\theta - 0)$

$= v\cos\theta$



$\cos\theta = \frac{x}{v}$

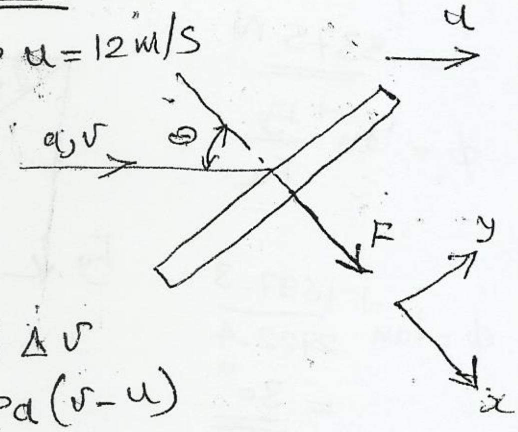
$x = v\cos\theta$

$F = \rho a v^2 \cos\theta$

$= 10^3 \times \frac{\pi}{4} \times 0.075^2 \times 24^2 \cos 30^\circ$

$= \underline{\underline{2.2\,kN}}$

b/ $F = ?$ $u = 12\,m/s$



$F = \dot{m}\,\Delta v$

$\dot{m} = \rho a (v - u)$

$\Delta v = v\cos\theta - u\cos\theta$

$= (v - u)\cos\theta$

$\therefore F = \rho a (v-u)^2 \cos\theta$

$= 10^3 \times \frac{\pi}{4} \times 0.075^2 (24 - 12)^2 \cos 30^\circ$

$= \underline{\underline{0.55\,kN}}$

(13)

$23.5\times 0.1155 + 5.45\times 9.81\times 0.05 = \rho a v^2 \cos\theta \times OA'$

$= 10^3\times\frac{\pi}{4}\times 0.025^2\times \cos 30^\circ \times v^2 \times 0.1732$

$5.39 = 0.07363\, v^2$

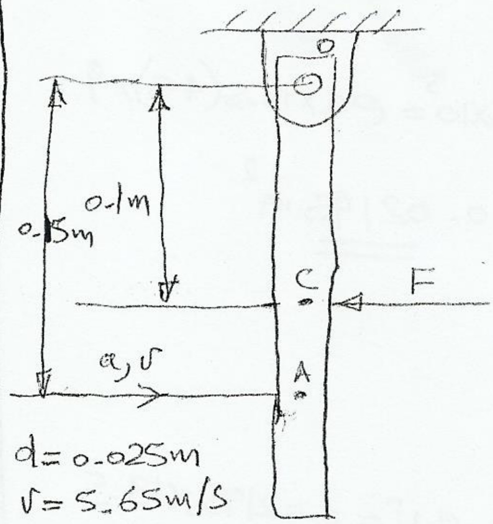
$\therefore v = 8.556$ m/s

$\Delta v = 8.556 - 5.65 = \underline{\underline{2.906\ m}}$

أو $= 2.6$ m

---

(١٥)



$d = 0.025$ m

$v = 5.65$ m/s

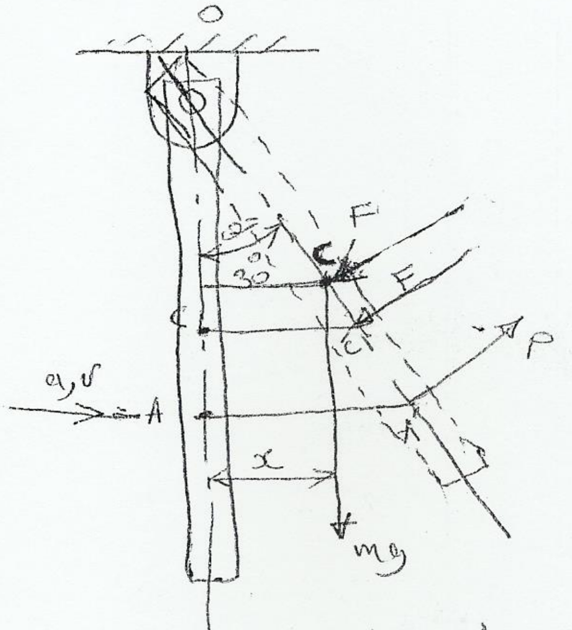
بأخذ العزوم حول المفصلة (O)

$F\times 0.1 = \dot{m}\,\Delta v \times 0.15$

$F\times 0.1 = \rho a v^2 \times 0.15$

$F = 10^3\times\frac{\pi}{4}\times 0.025^2\times 5.65^2\times\frac{0.15}{0.1}$

$F = \underline{\underline{23.5\ N}}$



بأخذ العزوم حول O

$F(OC') + mg\,x = P(OA')$

$x = 0.1\sin 30^\circ = \underline{0.05}$

$\cos 30^\circ = \frac{OC}{OC'} = \frac{0.1}{OC'}$

$OC' = \frac{0.1}{\cos 30^\circ} = 0.1155$

$\cos 30^\circ = \frac{OA}{OA'} = \frac{0.15}{OA'}$

$\therefore OA' = \frac{0.15}{\cos 30^\circ} = 0.1732$

$$0.8 \times 15 \times 10^3 = \rho a \times 13.5(4.5) \times 9$$

مساحة المخرج

$$\therefore a = 0.02195\ m^2$$

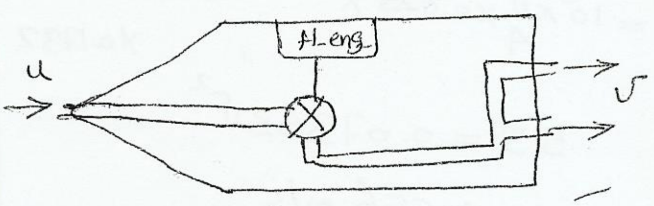
$$Q = a v = 0.02195 \times 13.5 = 0.296\ m^3/s$$

(4)

/12

سرعة المركب

$u \leftarrow$



منها يلعب السحب من المعترضة

$$F = \dot{m} \Delta v = \rho a v(v-u)$$

$$W.D/sec = F.u = \rho a v(v-u)u$$

$$K.E/sec = \frac{1}{2}\rho a v(v^2-u^2)$$

$$\eta = \frac{W.D/sec}{K.E/sec} = \frac{\cancel{\rho a v}(v-u)u}{\frac{1}{2}\cancel{\rho a v}(v^2-u^2)}$$

$$= \frac{2(v-u)u}{v^2-u^2} = \frac{2(\cancel{v-u})u}{(\cancel{v-u})(v+u)} = \frac{2u}{v+u}$$

$$\eta = \frac{2u}{v+u} = \frac{2 \times 9}{v+9} = 0.8$$

$$0.8(v+9) = 18$$

$$\therefore v + 9 = \frac{18}{0.8} \qquad \therefore v = \frac{18}{0.8} - 9 = 13.5\ m/s$$

$\therefore$ سرعة النفث

$$13.5 - 9 = 4.5\ m/s$$

$$i/p = \frac{o/p}{0.8} = \frac{15 \times 10^3}{0.8} = 18.75 \times 10^3$$

$$i/p = \frac{W.D/sec}{0.8}$$

$$18.75 \times 10^3 = \rho a v(v-u)u = \rho a \times 13.5(4.5) \times 9$$

$$\therefore a = \frac{18.75 \times 10^3}{546.75 \times 10^3} = 0.0343\ m^2$$

مساحة المقطع العاسير

(15)

$\dot{m} = \rho a v = 10^3 \times 2.1427 \times 5.1$

$= \underline{\underline{10928\ kg/s}}$

14/ يتم السحب من جانب السفينة والصرف من الخلف

$Q_{pump} = 34\ m^3/min$

$= \frac{34}{60}\ m^3/s$

$v = 9\ m/s$

$u = 4.5\ m/s$

$F = \rho a v (v-u)$

$F = \rho Q (v-u)$

$F = 10^3 \times \frac{34}{60}(9-4.5) = \underline{\underline{2550\ N}}$

/13/

$\eta = \frac{2u}{v+u}$

$F = (5.55 u^6 + 978 u^{1.9})\ N$

u = سرعة السفينة

$\eta_{jet} = 0.8$

$\eta_{pump} = 0.72$

$u = 3.4\ m/s$

$a / \dot{m} = ?$

قدرة المضخة = ?

$\dot{m} = \rho a v$

$0.8 = \frac{2 \times 3.4}{v + 3.4}$

$0.8(v+3.4) = 6.8$

$v + 3.4 = \frac{6.8}{0.8}$

$v = \frac{6.8}{0.8} - 3.4 = 8.5 - 3.4$

$= \underline{5.1\ m/s}$

$F = 5.55 \times 3.4^6 + 978 \times 3.4^{1.9}$

$= \underline{18577.1\ N}$

$W.D/sec = F u$

$= 18577.1 \times 3.4$

$= \underline{63162\ W}$

القدرة المطلوبة لإدارة المضخة $= \frac{o/p\ power}{\eta_{jet} \times \eta_{pump}}$

$= \frac{63162}{0.8 \times 0.72} = \underline{\underline{109.7\ kW}}$

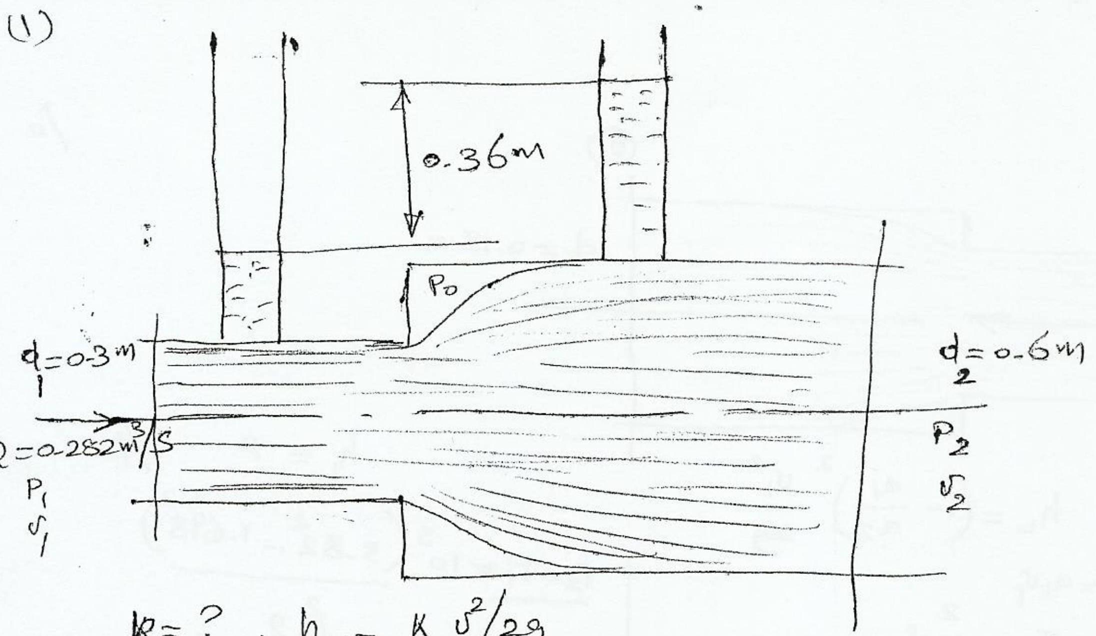
$F = \rho a v (v-u)$

$18577.1 = 10^3 \times a \times 5.1 (5.1 - 3.4)$

$\therefore a = \underline{2.1427\ m^2}$

(1)

1



$K = ?$, $h_L = K\, v^2/2g$

$v =$ السرعة في الماسورة الأصغر

$F_1 =$ القوة في اتجاه الحركة $=$ F_2 القوة المضادة للحركة

F_1 القوة الناتجة من التغير في كمية الحركة $= \dot{m}(v_1 - v_2) = \rho Q (v_1 - v_2)$

$$= \frac{w Q}{g}(v_1 - v_2)$$

$F_2 =$ القوة الناتجة من الفرق في الضغط $= a_2 (P_2 - P_1)$

$$a_2(P_2 - P_1) = \frac{wQ}{g}(v_1 - v_2)$$

$$\cancel{a_2}(P_2 - P_1) = w \frac{\cancel{a_2} v_2}{g}(v_1 - v_2)$$

$$\frac{P_2 - P_1}{w} = \frac{v_1 v_2 - v_2^2}{g} = \frac{2v_1 v_2 - 2v_2^2}{2g} \quad \text{—— (1)}$$

بتطبيق معادلة برنولي بين المقطعين (1) و (2):

$$\frac{P_1}{w} + \frac{v_1^2}{2g} = \frac{P_2}{w} + \frac{v_2^2}{2g} + h_L$$

$$\therefore h_L = \frac{P_1 - P_2}{w} + \left(\frac{v_1^2 - v_2^2}{2g}\right)$$

$$h_L = \left[\frac{v_1^2 - v_2^2}{2g}\right] - \left[\frac{P_2 - P_1}{w}\right] \quad \text{—— (2)}$$

بتعويض (1) في (2)

$$h_L = \frac{(v_1 - v_2)^2}{2g}$$

بالاستمرارية

$$a_1 v_1 = a_2 v_2$$

$$v_2 = \frac{a_1}{a_2} v_1$$

$$h_L = \frac{\left[v_1\left(1 - \frac{a_1}{a_2}\right)\right]^2}{2g} = \left(1 - \frac{a_1}{a_2}\right)^2 \frac{v_1^2}{2g}$$

$$= k \frac{v_1^2}{2g}$$

$$Q = a_1 v_1 = a_2 v_2$$

$$0.282 = a_1 v_1$$

$$v_1 = \frac{0.282}{\frac{\pi}{4} \times 0.3^2} = 3.99 \, m/s$$

$$v_2 = \frac{0.282}{\frac{\pi}{4} \times 0.6^2} = 0.9974 \, m/s$$

من المعادلة (2)

$$h_L = \left[\frac{v_1^2 - v_2^2}{2g}\right] - 0.36$$

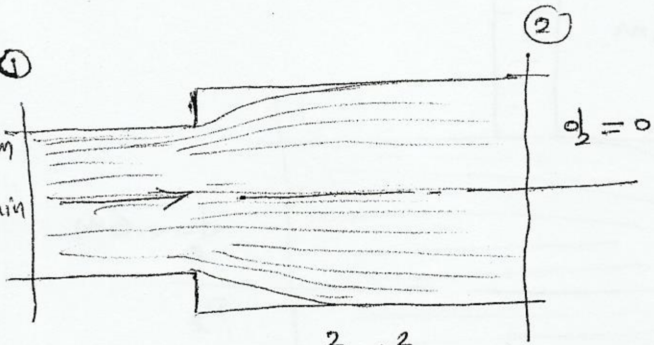
$$h_L = \frac{(3.99^2 - 0.9974^2)}{2 \times 9.81} - 0.36$$

$$= 0.761 - 0.36 = 0.4 m$$

$$K = \frac{h_L}{v^2/2g} = \frac{0.4}{3.99^2/2 \times 9.81} = 0.493$$

(2)

/2



$h_L = ?$ /1

$$h_L = \left(1 - \frac{a_1}{a_2}\right)^2 \frac{v_1^2}{2g}$$

$Q = a_1 v_1$

$$\frac{1.8}{60} = \frac{\pi}{4} \times 0.1^2\, v_1$$

$\therefore v_1 = 3.82\ m/s$

$$\therefore h_L = \left(1 - \left(\frac{0.1}{0.15}\right)^{2\times 2}\right) \times \frac{3.82^2}{2\times 9.81}$$

$= 0.2284\ m \simeq 0.229\ m$

$$\frac{P_2 - P_1}{w} = \frac{v_1 v_2 - v_2^2}{g}$$

$Q = a_2 v_2$

$$\frac{1.8}{60} = \frac{\pi}{4} \times 0.15^2\, v_2$$

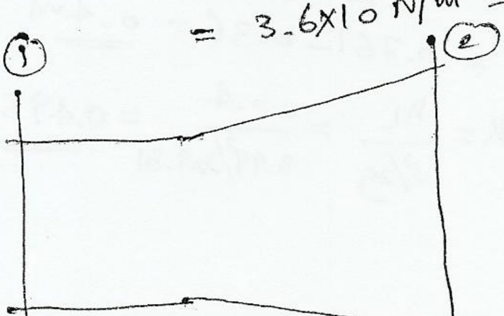
$\therefore v_2 = 1.698\ m/s$

$$\frac{P_2 - P_1}{w} = \frac{3.82 \times 1.698 - 1.698^2}{g}$$

$P_2 - P_1 = \rho\left(3.82 \times 1.698 - 1.698^2\right)$

$= 10^3\left(3.82 \times 1.698 - 1.698^2\right)$

$= 3.6 \times 10^3\ N/m^2 = 3.6\ kN/m^2$



$$\frac{P_1}{w} + \frac{v_1^2}{2g} = \frac{P_2}{w} + \frac{v_2^2}{2g}$$

$$\frac{P_2 - P_1}{\rho g\, w} = \rho g \frac{v_1^2 - v_2^2}{2g}$$

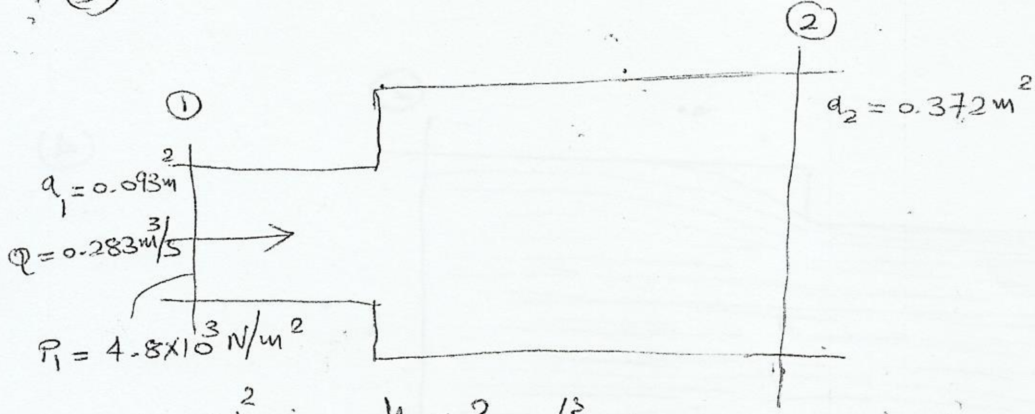
$$P_2 - P_1 = \frac{\rho\left(v_1^2 - v_2^2\right)}{2}$$

$$P_2 - P_1 = \frac{10^3\left(3.82^2 - 1.698^2\right)}{2}$$

$= 5.85\ kN/m^2$

(3)

(3)/3



أ/ $h_L = ?$

$$h_L = \frac{(v_1 - v_2)^2}{2g}$$

ولاستمرارية السريان

$$a_1 v_1 = a_2 v_2 , \quad v_2 = \frac{a_1}{a_2} v_1$$

$$\therefore h_L = \left(1 - \frac{a_1}{a_2}\right)^2 \frac{v_1^2}{2g}$$

$$Q = a_1 v_1 \quad \therefore v_1 = \frac{Q}{a_1} = \frac{0.283}{0.093} = 3.043\,m/s$$

$$h_L = \left(1 - \left(\frac{0.093}{0.372}\right)\right)^2 \frac{(3.043)^2}{2\times9.81} = 0.2655\,m \simeq 0.265\,m$$

ب/ $P_2 = ?$

$$\frac{P_2 - P_1}{w} = \frac{v_1 v_2 - v_2^2}{g}$$

$$P_2 - P_1 = \rho(v_1 v_2 - v_2^2)$$

$$P_2 = P_1 + \rho(v_1 v_2 - v_2^2)$$

$$Q = a_2 v_2 , \quad v_2 = \frac{Q}{a_2} = \frac{0.283}{0.372} = 0.76\,m/s$$

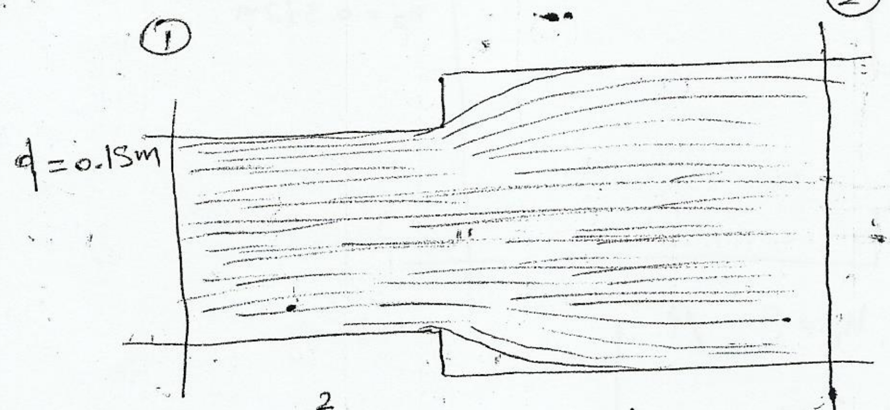
$$\therefore P_2 = 4.8\times10^3 + 10^3(3.043\times0.76 - 0.76^2)$$

$$P_2 = 4.8\times10^3 + 1.74\times10^3 = 6.54\,kN/m^2 \simeq 6.53\,kN/m^2$$

ج/ القدرة المطلوبة = ؟

$$Power = \rho g Q h_L$$
$$= 10^3\times9.81\times0.283\times0.265$$
$$= 736\,W$$
$$\simeq 737\,W$$

(4).



$$h_L = 0.5\frac{v_1^2}{2g}$$

$$d_2 = ?$$

$$h_L = \left(1 - \frac{a_1}{a_2}\right)^2 \frac{v_1^2}{2g}$$

مساواة

$$\left(1 - \frac{a_1}{a_2}\right)^2 = 0.5$$

$$\left(1 - \frac{0.15^2}{d_2^2}\right)^2 = 0.5$$

$$\left(1 - \frac{0.0225}{d_2^2}\right)^2 = 0.5$$

$$\left(\frac{d_2^2 - 0.0225}{d_2^2}\right)^2 = 0.5$$

$$\left(d_2^2 - 0.0225\right)^2 = 0.5\, d_2^4$$

$$d_2^4 - 0.045\, d_2^2 + 5.0625\times10^{-4} = 0.5\, d_2^4$$

$$\cancel{0.5}\; d_2^4 - 0.045\, d_2^2 + 5.0625\times10^{-4} = 0$$

$$\overset{a}{0.5}\, d_2^4 - \overset{b}{0.045}\, d_2^2 + \overset{c}{5.0625\times10^{-4}}$$

$$\therefore d_2^2 = \frac{-b \pm \sqrt{b^2 - 4ac}}{2a}$$

$$d_2^2 = \frac{0.045 \pm \sqrt{2.025\times10^{-3} - 4\times0.5\times5.0625\times10^{-4}}}{2\times0.5}$$

$$d_2^2 = 0.045 \pm \sqrt{(2.025 - 1.0125)\times10^{-3}}$$

$d_2^2 = 0.045 + 0.032 = 0.077$, $d_2 = 0.2775m$ accepted

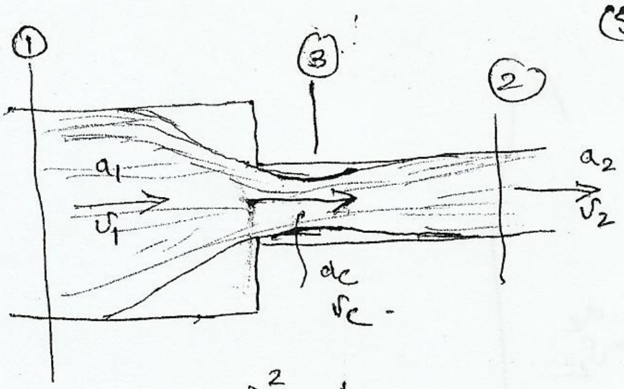
$d_2^2 = 0.045 - 0.032 = 0.013$, $d_2 = 0.1140m$ rejected

او $d_2^2 = 0.045 + 0.032 = 0.077$

او $d_2^2 = 0.045 - 0.032 = 0.013$

$\therefore d_2 = 277.5mm \simeq \underline{277mm}$

(4)



$$h_L = \frac{(v_c - v_2)^2}{2g}$$

باستمرارية $\quad a_2 v_2 = a_c v_c$

$$v_c = \frac{a_2}{a_c} v_2 \quad , \quad C_c = \frac{a_c}{a_2}$$

$$v_c = \frac{1}{C_c} \cdot v_2$$

$$\therefore h_L = \left[\frac{1}{C_c} - 1\right]^2 \frac{v_2^2}{2g}$$

$$= k \frac{v_2^2}{2g}$$

$Q = 0.056 \, m^3/s$

$d_1 = 0.2 \, m \; , \; d_2 = 0.15 \, m \; , \; C_c = 0.62$

$$h_L = \left[\frac{1}{C_c} - 1\right]^2 \times \frac{v_2^2}{2g}$$

$$Q = a_2 v_2 \; , \quad v_2 = \frac{Q}{a_2} = \frac{0.056}{\frac{\pi}{4} \times 0.15^2} = \underline{3.169 \, m/s}$$

$$h_L = \left[\frac{1}{0.62} - 1\right]^2 \times \frac{3.169^2}{19.62} = 0.192 \, m \simeq \underline{\underline{0.19 \, m}}$$

(5)

$$\frac{P_1 - P_2}{w} = \frac{v_2^2}{2g}\left[1 + \left(\frac{1}{C_c} - 1\right)^2\right] - \frac{v_1^2}{2g}$$

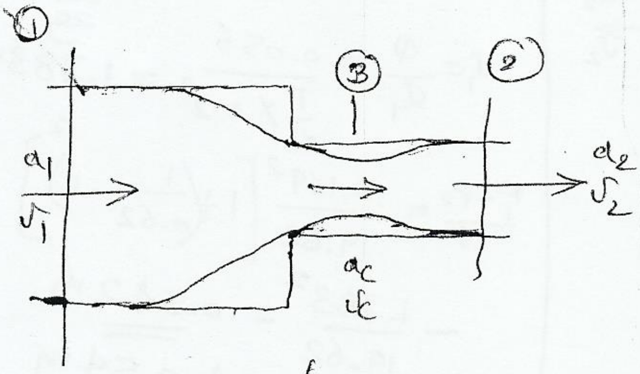
$$v_1 = \frac{Q}{a_1} = \frac{0.056}{\frac{\pi}{4} \times 0.2^2} = 1.783 \, m/s$$

$$\frac{P_1 - P_2}{w} = \frac{3.169^2}{19.62}\left[1 + \left(\frac{1}{0.62} - 1\right)^2\right] - \frac{1.783^2}{19.62} = \underline{\underline{0.542 \, m}}$$

$$\simeq \underline{\underline{0.54 \, m}}$$

(6)

/6



$Q = 0.236\,m^3/s$

$d_1 = 0.45\,m$

$d_2 = 0.3\,m$

أ/ التغير في سمت الطاقة الكلي = ؟

ب/ سمت طاقة الضغط = ؟

$C_c = 0.67$

$$\frac{P_1 - P_2}{w} = \frac{v_2^2}{2g}\left[1 + \left(\frac{1}{C_c} - 1\right)^2\right] - \frac{v_1^2}{2g}$$

$Q = a_1 v_1 = a_2 v_2$

$$v_1 = \frac{Q}{a_1} = \frac{0.236}{\frac{\pi}{4} \times 0.45^2} = \underline{1.484}\,m/s$$

$$v_2 = \frac{Q}{a_2} = \frac{0.236}{\frac{\pi}{4} \times 0.3^2} = \underline{3.339}\,m/s$$

ب/ $$\frac{P_1 - P_2}{w} = \frac{3.339^2}{19.62}\left[1 + \left(\frac{1}{0.67} - 1\right)^2\right] - \frac{1.484^2}{19.62}$$

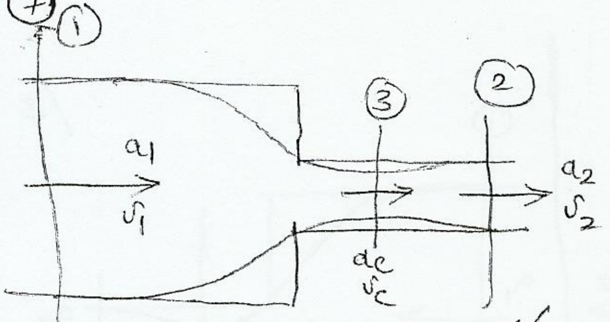
$$= \underline{0.594}\,m \text{ fall}$$

$$h_L = \left[\frac{1}{C_c} - 1\right]^2 \frac{v_2^2}{2g}$$

أ/ $$h_L = \left[\frac{1}{0.67} - 1\right]^2 \times \frac{3.339^2}{19.62}$$

$$= \underline{\underline{0.138}}\,m \text{ fall}$$

7



$C_c = 0.66$

$d_1 = 0.15\,m$

$d_2 = 0.1\,m$

$Q = 1.8\,m^3/min = \frac{1.8}{60}\,m^3/s$

أ/ فقد الطاقة نتيجة للإنكماش المفاجئ

$$h_L = \left[\frac{1}{C_c} - 1\right]^2 \frac{v_2^2}{2g}$$

$$= \left[\frac{1}{0.66} - 1\right]^2 \times \frac{v_2^2}{2g}$$

$$Q = a_1 v_1 = a_2 v_2$$

$$v_2 = \frac{Q}{a_2} = \frac{1.8}{60 \times \frac{\pi}{4} \times 0.1^2} = \underline{3.82\,m/s}$$

$$h_L = \left[\frac{1}{0.66} - 1\right]^2 \times \frac{3.82^2}{19.62} = \underline{\underline{0.1974\,m}}$$

ب/

$$\frac{P_1 - P_2}{w} = \frac{v_2^2}{2g}\left[1 + \left(\frac{1}{C_c} - 1\right)^2\right] - \frac{v_1^2}{2g}$$

$\cancel{\frac{P_1-P_2}{w}}$ $v_1 = \frac{Q}{a_1} = \frac{1.8}{60 \times \frac{\pi}{4} \times 0.15^2} = 1.7\,m/s$

$$\frac{P_1 - P_2}{w} = \frac{3.82^2}{19.62}\left[1 + \left[\frac{1}{0.66} - 1\right]^2\right] - \frac{1.7^2}{19.62}$$

$= \cancel{0.79}\ 0.\underline{794}\,m$

$$P_1 - P_2 = \rho g h = 10^3 \times 9.81 \times 0.794 = \underline{\underline{7.79\,kN/m^2}}$$

ج/

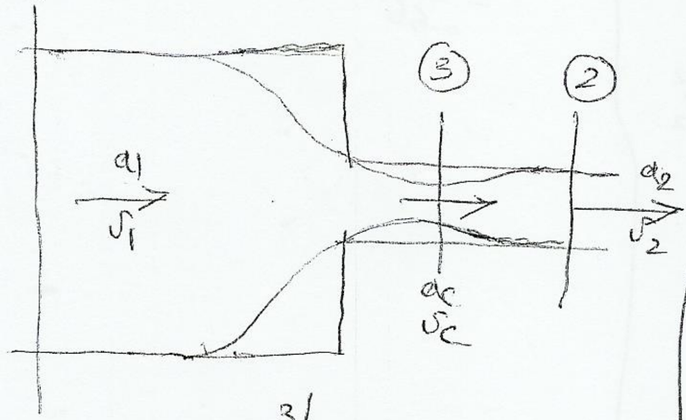
$$\frac{P_1 - P_2}{w} = \frac{v_2^2 - v_1^2}{2g}$$

$$\frac{P_1 - P_2}{w} = \frac{3.82^2 - 1.7^2}{19.62} = 0.\underline{5965\,m}$$

$$v_c = \frac{1}{C_c} v_2$$

$$= \frac{1}{0.66} \times 3.82 = \underline{5.788\,m/s}$$ (د)

(8) 1



$Q = 0.028\ m^3/s$

$d_1 = 0.15\,m, \quad d_2 = 0.1\,m$

$h_L = ? \quad \frac{P_1 - P_2}{w} = ?$

$C = 0.62$

$h_L = \left(\frac{1}{C_c} - 1\right)^2 \frac{v_2^2}{2g}$

$v_2 = \frac{Q}{\frac{\pi}{4} \times d_2^2} = \frac{0.028}{\frac{\pi}{4} \times 0.1^2} = 3.565\,m/s$

$v_1 = \frac{0.028}{\frac{\pi}{4} \times 0.15^2} = 1.584\,m/s$

$h_L = \left(\frac{1}{0.62} - 1\right)^2 \times \frac{3.565^2}{19.62} = 0.243\,m$

$h_L = \frac{(v_c - v_2)^2}{2g}$

أو $v_c = \frac{a_2}{a_c} v_2, \quad v_c = \frac{1}{C_c} \cdot v_2 = \frac{1}{0.62} \times 3.565 = 5.75\,m/s$

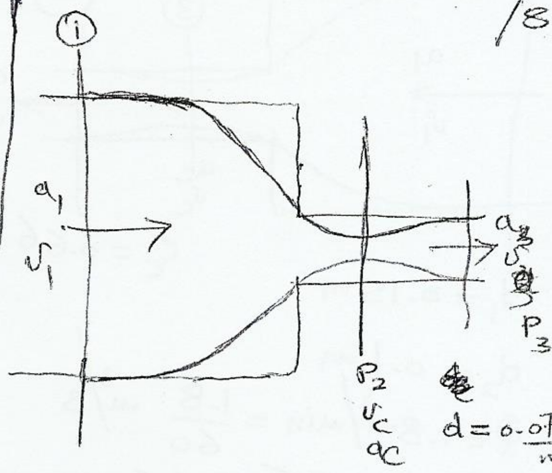
$h_L = \frac{(5.75 - 3.565)^2}{2g} = 0.243\,m$

$\frac{P_1 - P_2}{w} = \frac{v_2^2}{2g}\left[1 + \left(\frac{1}{C_c} - 1\right)^2\right] - \frac{v_1^2}{2g}$

$= \frac{3.565^2}{19.62}\left[1 + \left(\frac{1}{0.62} - 1\right)^2\right] - \frac{1.584^2}{19.62}$

$= 0.763\,m$

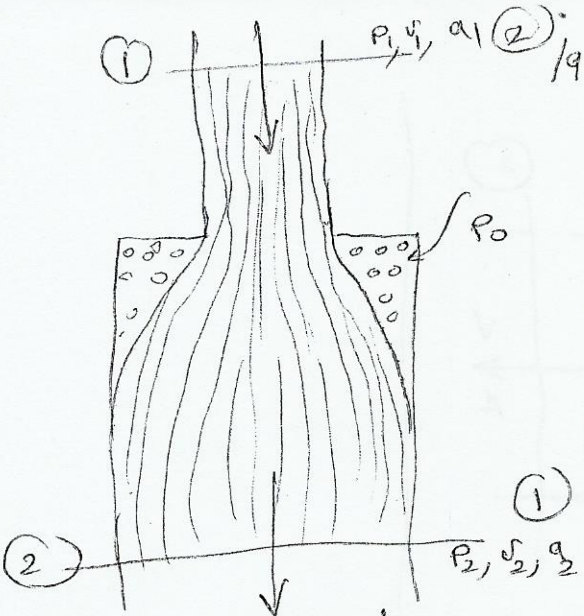
/8



$d = 0.075\,m$

$\frac{P_1}{w} + \frac{v_1^2}{2g} = \frac{P_3}{w} + \frac{v_3^2}{2g} + \frac{v_3^2}{2g}\Big[$

(9)



$d_1 = 0.15\,m, \quad v_1 = 2.4\,m/s$

$d_2 = 0.3\,m, \quad C_c = 0.62$

$h_L = ?$

$$h_L = \left(1 - \frac{a_1}{a_2}\right)^2 \frac{v_1^2}{2g}$$

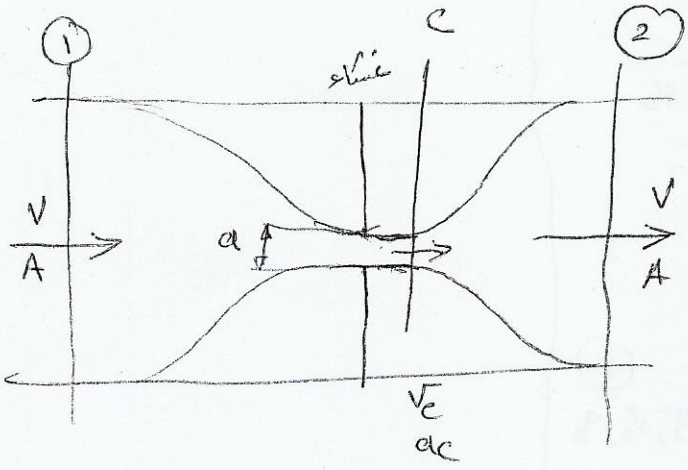
$$= \left[1 - \left(\frac{0.15}{0.3}\right)^2\right]^2 \times \frac{2.4^2}{19.62} = \underline{\underline{0.165\,m}}$$

$$h_L = \left(\frac{1}{C_c} - 1\right)^2 \frac{v_2^2}{2g}$$

$$h_L = \left(\frac{1}{0.62} - 1\right)^2 \frac{v_2^2}{2g}$$

$$= \left(\frac{1}{0.62} - 1\right)^2 \times \frac{2.4^2}{19.62} = \underline{\underline{0.110\,m}}$$

١٤



$d = 0.15\,m$

$D = 0.3\,m$

$V = 0.6\,m/s$

$h_L = ?$ $\quad C_c = 0.64$

$$h_L = \left[\frac{A}{a C_c} - 1\right]^2 \frac{V^2}{2g}$$

$$= \left[\frac{0.3^2}{0.15^2 \times 0.64} - 1\right]^2 \times \frac{0.6^2}{19.62}$$

$$= \underline{\underline{0.506}}$$

$$\simeq \underline{\underline{0.507}}$$

(11)

$h_f = ?$

$L = 360\,m, \; d = 0.15\,m$

$Q = 42\,dm^3/s = 42 \times 10^{-3}\,m^3/s$

$f = 0.01$

$$h_f = \frac{f L Q^2}{3 d^5} = \frac{0.01 \times 360 \times (42 \times 10^{-3})^2}{3 \times 0.15^5}$$

$$= \underline{\underline{13.94\,m}}$$

(12)

$Q = ?$

$$H = h_f = \frac{f_1 L_1 Q^2}{3 d_1^5} + \frac{f_2 L_2 Q^2}{3 d_2^5}$$

السمت الإجمالي = السمت المسبب للسريان

$$Q^2 = \frac{h_f}{\left(\frac{f_1 L_1}{3 d_1^5} + \frac{f_2 L_2}{3 d_2^5}\right)}$$

$$Q = \sqrt{\frac{h_f}{\frac{f_1 L_1}{3 d_1^5} + \frac{f_2 L_2}{3 d_2^5}}}$$

$$Q = \sqrt{\frac{30}{\left(\frac{0.004 \times 600}{3 \times 0.4^5} + \frac{0.006 \times 600}{3 \times 0.25^5}\right)}}$$

$$\therefore Q = \underline{0.1515\,m^3/s}$$

$$\simeq \underline{\underline{0.151\,m^3/s}}$$

(13)

$h_f = ?$

ماسورة مستديرة ، $L = 120\,m$ ،

$v = 4.8\,m/s$ ، $d = 0.075\,m$

$C = 54.6$

$$h_f = iL = \frac{v^2 L}{C^2 m}$$

$$m = \frac{A}{P} = \frac{\frac{\pi}{4} d^2}{\pi d} = \frac{d}{4} = \frac{0.075}{4}$$

$$h_f = \frac{4.8^2 \times 120}{(54.6)^2 \times \frac{0.075}{4}} = \underline{\underline{49.5\,m}}$$

(14)