كليّة الهندسة

السنة الثالثة

الفصل الأول

الدكتور:وسام نخلة

3/11/2013

المحاضرة

5

عدد الصفحات

9

الجريان غير المستقر في الأنابيب

(ظاهرة المطرقة المائية)

الجريان غير المستقر: هو الجريان الذي غزارته تتغير مع الزمن.

جريان في الأنابيب ⟸ جريان مضغوط

مقدمة:

تعريف المطرقة المائية: هي تغير مفاجئ في الضغط الهيدروديناميكي في الجريان المضغوط في الأنابيب و الناتج عن التغير في معدل الجريان (السرعة) في مقطع ما من الأنبوب مع الزمن.

تحصل في:

- عند السكر: إغلاق مفاجئ للسكر. / فتح مفاجئ للسكر.
- عند المضخات: إقلاع مفاجئ للمضخات. / توقف مفاجئ للمضخات
- عند العنفات: توقف مفاجئ للعنفة. / إقلاع مفاجئ للعنفة.

❖إن إهمال قيمة المطرقة المائية في تصميم الشبكات المضغوطة (شبكات المياه ، محطات الضخ ، المحطات الكهرمائية) يعتبر خطأ كبير قد ينتج عنه كوارث.

يؤثر في صفات المطرقة المائية:

- مرونة الناقل (الأنبوب)
- انضغاطية السائل.

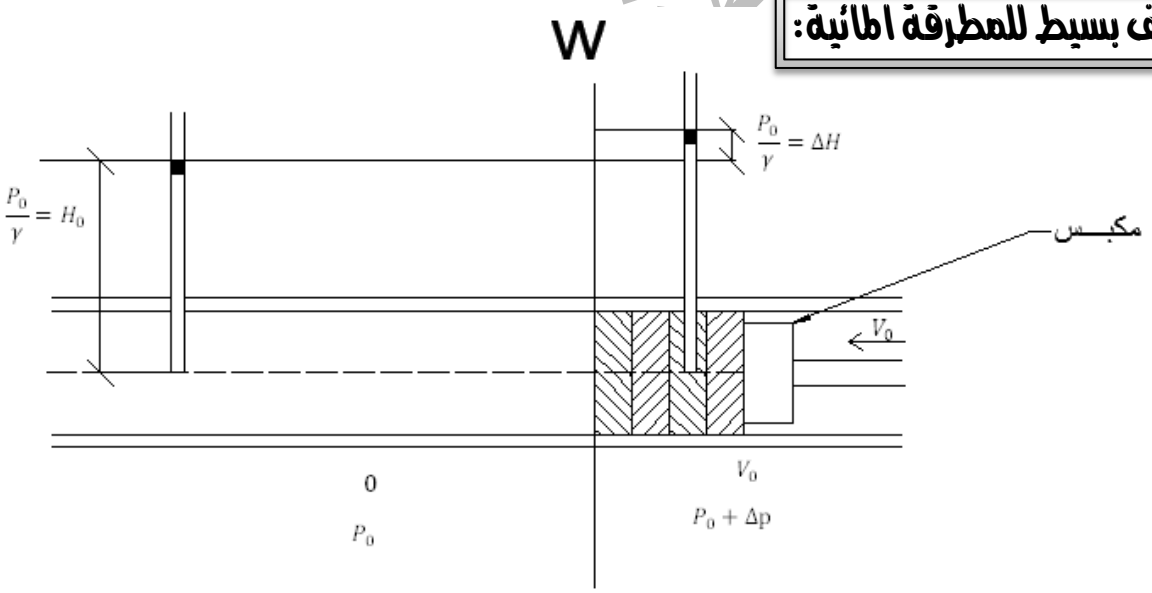
أول من درس المطرقة المائية هو العالك الروسي جوكوفسكي:

أعطى المعادلات الأساسية للمطرقة المائية بناء على:

١. معادلة الاستمرار.
٢. معادلة تغير كمية الحركة.

و الشيء الاساسي الذي يؤثر في صفات المطرقة المائية هو **عطالة السائل**.

وصف بسيط للمطرقة المائية:



لنأخذ أنبوب في نهايته مكبس مائي ، والأنبوب ممتلئ بالهواء .

في حالة السكون: يكون الضغط متساوي على طول الناقل ويساوي إلى p_0

إذا أعطي المكبس حركة معينة مقدارها v_0 فإن أول طبقة ملامسة للمكبس تنتقل إليها الطاقة الحركية و تنتقل السرعة للطبقة الثانية بالسرعة ذاتها v_0 و ينتقل إليها طاقة حرارية نتيجة الصدم على شكل ضاغط إضافي $\Delta H = \frac{\Delta p}{\gamma}$ وهكذا تنتقل هذه الموجة و السائل ينضغط حتى يصل للمقطع (W-W) و قيمة الضغط $p_0 + \Delta p$

المقطع (W-W) يقسم الجريان إلى منطقتين:

١. المنطقة الأولى السرعة فيها v_0 و الضغط هو $p_0 + \Delta p$.

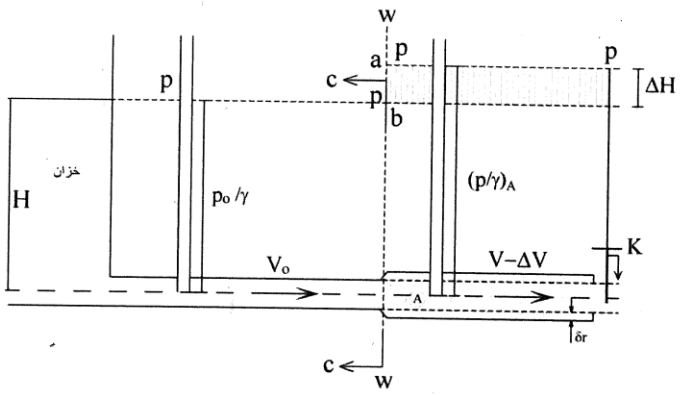
٢. المنطقة الثانية السرعة فيها 0 (حالة سكون) و الضغط p_0 .

Δp: الزيادة في الضغط الناتج عن تغير في الحركة (الطاقة).

ΔH: الزيادة في الضاغط.

معادلة جوكوفسكي:

١) نطبق معادلة كمية الحركة في حجم التحكم:



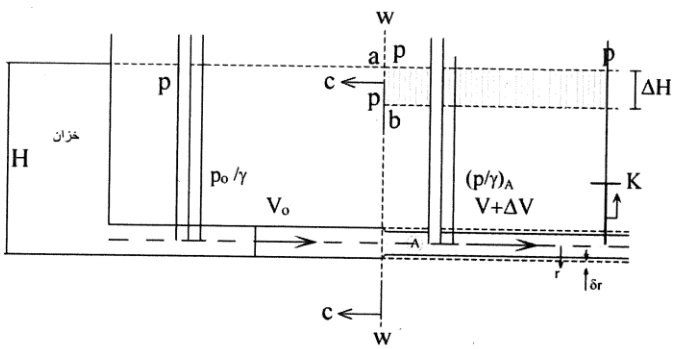
١. حالة إغلاق آني مفاجئ:

$t_c = 0$

C : سرعة انتقال موجة الضغط في السائل $C \gg V$

Δv: تغير السرعة.

ب) نطبق معادلة كمية الحركة في حجم التحكم:



$$\sum \vec{F} = \rho . A(\overrightarrow{V_2} - \overrightarrow{V_1})$$

بالإسقاط على محور الجريان:

$$p.A - (p + \Delta P).A = \rho . Q(v + \Delta v + c - v - c)$$

$$-\Delta p.A = \rho . (v + c).A.\Delta V$$

يمكن إهمالها لصغرها أمام C

حيث: $Q = (v + c)$

$$\Delta p = -\rho . c . \Delta v$$

تمثل العلاقة السابقة التغير في الضغط الناتج عن المطرقة المائية .

Δv : تغير السرعة و تؤخذ بالقيمة الجبرية.

تكون موجبةعند فتح السكر و سالبة عند إغلاق السكر.

في الامتحان:عندما يطلب حساب الزيادة في الضغط نحسب Δp وعندما يطلب حساب الضغط النهائي في نهاية الأنبوب نحسب $p_0 + \Delta p$

و بتقسيم العلاقة السابقة على γ نحصل على علاقة التغير في الضاغط الناتج عن المطرقة المائية.

$$\frac{\Delta p}{\gamma} = \Delta H = -\frac{c}{g} . \Delta v$$

١. في حالة إغلاق مفاجئ للسكر:

$$\Delta v = v_2 - v_1 = 0 - v_0 = -v_0$$

$$\Delta H = -\frac{c}{g} . (-v_0)$$

$$\Delta H = \frac{c}{g} . v_0$$

وَ $v_o = \frac{Q}{A}$

٢. فتح مفاجئ للسكر : (t_0)

$$\Delta v = v_2 - v_1 = v_0 - 0 = v_0$$

$$\Delta H = -\frac{c}{g} . (v_0)$$

$$\Delta H = -\frac{c}{g} . v_0$$

و لحساب تغير الضغط:

١. إغلاف مفاجئ: $\Delta p = \rho . c . v_0$

٢. فتح مفاجئ: $\Delta p = -\rho . c . v_0$

عباقرة الهندسة المدنية

حساب C: العلاقات التالية غير مطلوبة للاستنتاج:

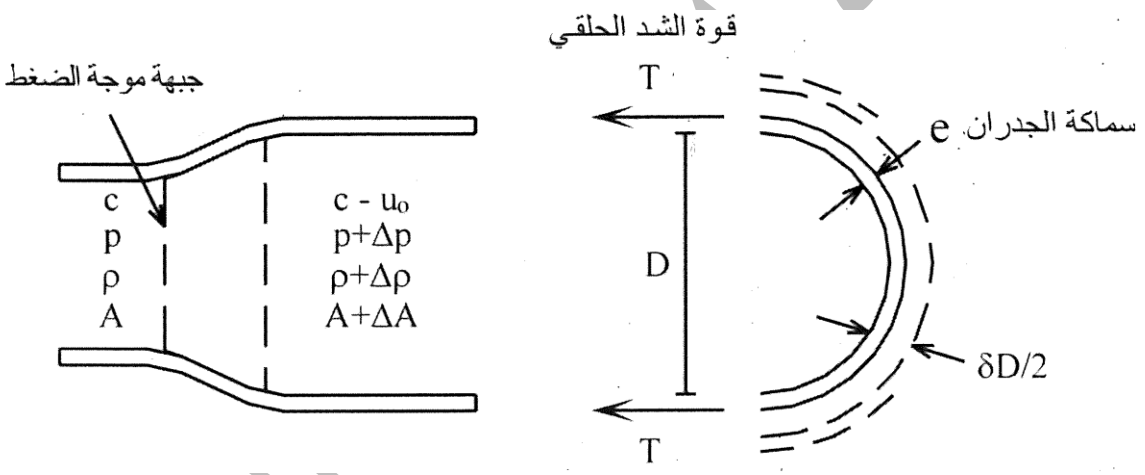
١) $c = \sqrt{\frac{k}{\rho}}$ في حالة كون السائل قابل للانضغاط و الناقل صلد

k: معامل انضغاطية السائل ρ: كثافة السائل.

٢) $c = \frac{\sqrt{\frac{k}{\rho}}}{\sqrt{1+\frac{D}{e}\frac{K}{E}}}$ في حالة كون السائل قابل للانضغاط والناقل مرن (قابل للتشوه)

E: معامل مرونة المعدن الناقل e: سماكة المعدن الناقل

و في مسائل التصميم لحساب قطر الأنبوب:



$$T = \frac{PD}{2e}$$

$$\sigma = \frac{T}{A} = \frac{P.D}{2.e.1} = \frac{P.D}{2e}$$

نحسب σ و نقارنها مع σ_{all} حيث: $\sigma \sim \sigma_{all}$

$$\Delta\sigma = \frac{\Delta P.D}{2e}$$

إذا كانت $\sigma > \sigma_{all}$ نسمك الأنبوب أكثر

هام: احسب التشوه الناتج عن المطرقة المائية في نصف القطر Δr

$$\sigma = E.\varepsilon$$
$$\frac{\sigma}{E} = \varepsilon \Rightarrow \frac{P.D}{2e.E} = \frac{\Delta r}{r}$$

$$\Delta r = \frac{P.D.r}{2e.E} = \frac{P.r^2}{e.E}$$

التشوه الناتج عن الزيادة في الضغط:

$$\Delta r = \frac{\Delta P.r^2}{e.E}$$

الإغلاق السريع أو البطيء للسكر:

إغلاق سريع: $\frac{2L}{c} \geq t_c$

$$\Delta H = \Delta H_{max} = \frac{c}{g}.v_0$$

t_c: زمن إغلاق الموجة.

$t_\emptyset = \frac{2L}{c}$ فاز الموجة (زمن)

زمن ذهاب وعودة الموجة

إغلاق بطيء: $t_c > \frac{2L}{c}$

$$\Delta H < \Delta H_{max}$$

$$\frac{\Delta H}{\Delta H_{max}} = \frac{t_\emptyset}{t_c}$$

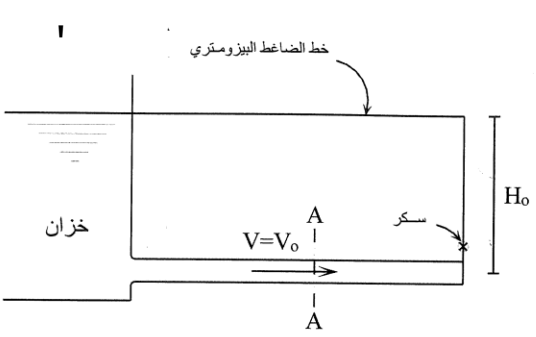
$$\Delta H = \Delta H_{max}.\frac{t_\emptyset}{t_c} = \frac{c}{g}.v_0.\frac{2L}{c.t_c}$$

$$\Delta H = \frac{2L}{g.t_c}.v_0$$

في الامتحان عندما يطلب حساب الزيادة في الضاغط الناتج عن المطرقة المائية وفق جوكوفسكي أول خطون تكون أن نتحقق من أن الإغلاق آني (سريع) أو بطيء.

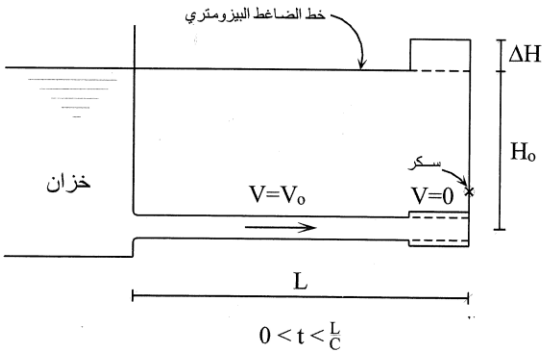
عباقرة الهندسة المدنية

وصف ظاهرة المطرقة المائية: (التغيرات في الضغط في الأنبوب و الناتجة عن المطرقة المائية)



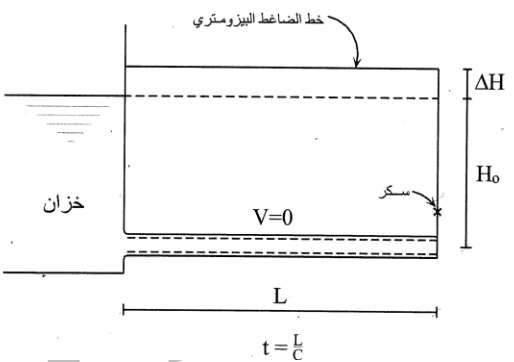
آ- الحالة المستقرة $t = 0$

الشكل (٤-٤- آ).

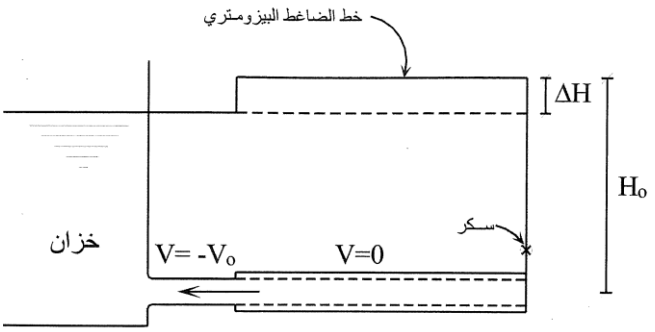


$0 < t < \frac{L}{C}$

الشكل (٤-٤- ب).

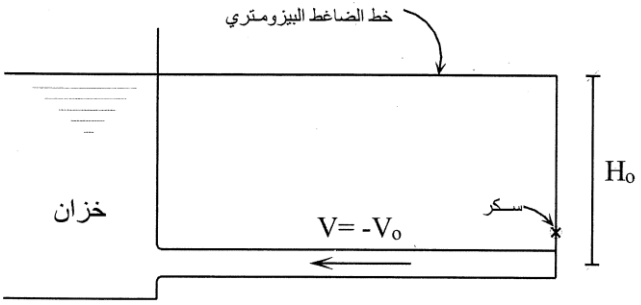


$t = \frac{L}{C}$



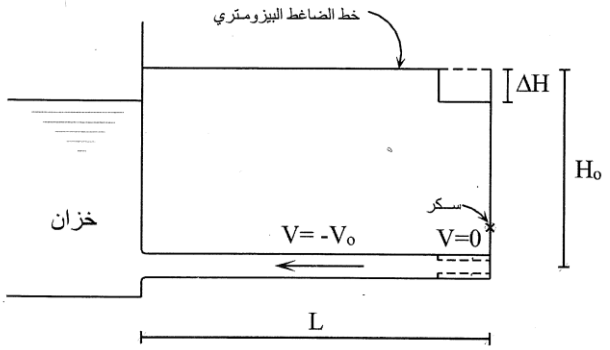
$\frac{L}{C} < t < \frac{2L}{C}$

الشكل (٤-٤- د).

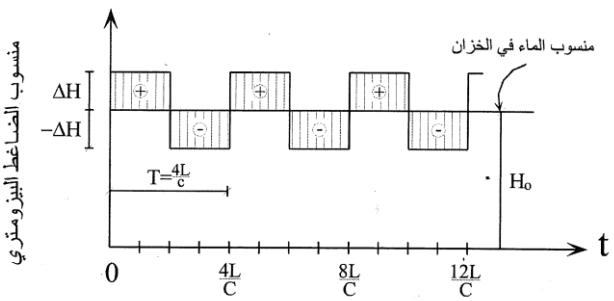


$t = \frac{2L}{C}$

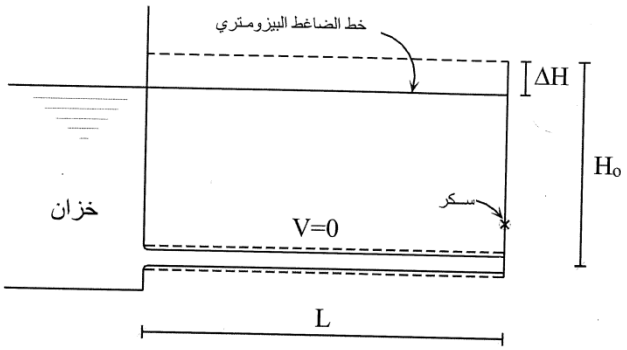
الشكل (٤-٤- هـ).



$\frac{2L}{C} < t < \frac{3L}{C}$

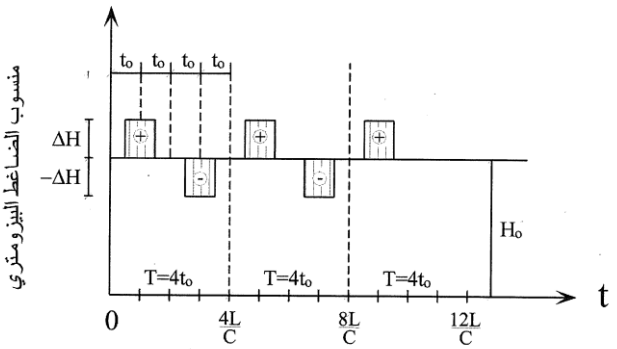


منحني تغير الضغط عند السكر

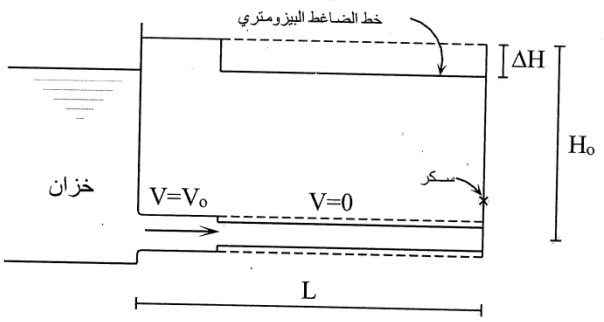


$t = \frac{3L}{C}$

الشكل (٤-٤- ز).

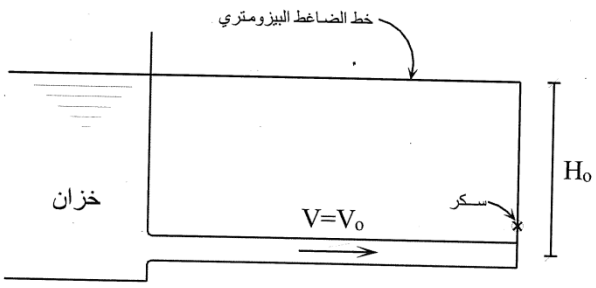


منحني تغير الضغط عند منتصف الناقل



$\frac{3L}{C} < t < \frac{4L}{C}$

الشكل (٤-٤- ح).



$t = \frac{4L}{C}$

الشكل (٤-٤- ط).

تصحيح الأخطاء في المحاضرة الرابعة:

في الصفحة ٤: $h = H_0 . 0.73 . \frac{Q_0}{2.k.D} . \left[\log R - \frac{1}{n} . \log(r_1 . r_2 \dots r_3\right]$

التصحيح: $\boldsymbol{h = H_0 - 0.73 . \frac{Q_0}{2.k.D} . \left[\log R - \frac{1}{n} . \log(r_1 . r_2 \dots r_3\right]}$

في الصفحة ٥: $h = \sqrt{h_2^2 = (h_1^2 - h_2^2) . \frac{x}{l}}$

التصحيح: $\boldsymbol{h = \sqrt{h_2^2 + (h_1^2 - h_2^2) . \frac{x}{l}}}$

في الصفحة ٦: $l_b = \delta = \acute{\delta} . \frac{k}{k_0}$

التصحيح: $\boldsymbol{l_b = \delta = \delta . \frac{\acute{k}}{k_0} . \sin \alpha}$

ونعتذر عن هذه الأخطاء ونعدكم أنها لن تتكرر في المحاضرات القادمة بإذن الله.

Join Us On FACEBOOK
www.facebook.com/groups/civil.geniuses.2011