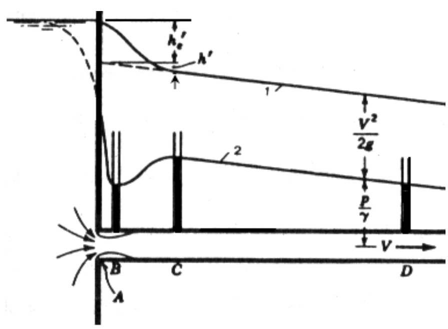
## الفقد المحلي ومعامل المقاومة المحلية:

تدعى الفواقد الصغيرة الناتجة عن التشويش الموضعي للتيار في المجاري، مثل تغيرات المقطع، الأكواع، الصمامات ....الخ بالفواقد المحلية (*Local Losses*)، فعندما يتغير المجرى من حيث الاتجاه أو الشكل تنشأ تيارات دوامية (*Vortex Currents*) تؤدي إلى فقد في الطاقة يتناسب مع التغير الفجائي في السرعة، ومن المصطلح عليه التعبير عن الفقد المحلي بأجزاء الدفع الناتج عن السرعة، أو بدلالة عدد من أقطار الأنبوبة، ونستعرض مصادر الفقد المحلي الأكثر شيوعاً.

### 5.8.1- الفقد عند المدخل:

ندرس الشكل (5.20) الذي يبين أنه عند دخول مائع الخزان إلى الأنبوبة فإنه يحصل انضغاط (تقارب) لخطوط التيار بحيث أنه بالقرب من مدخل الأنبوبة (النقطة B) نجد أقصى سرعة وأقل ضغط. تبدأ بعد ذلك خطوط التيار بالتمدد إلى أن تستقر عند النقطة (C) لذلك يكون التيار في حالة تشوش كبيرة بين النقطتين (B) و(C) وتنخفض السرعة بينما يرتفع الضغط. يكون الجريان عادياً بعد النقطة (C).




**الشكل (5.20)، الفقد عند المدخل، 1- خط الطاقة، 2- خط الميل الهيدروليكي.**

يلاحظ من الشكل أن فاقد الطاقة عند المدخل (لاحظ خط الطاقة (1)) يوزع على الطول (AC) –وهو طول يكافئ عدة مرات قطر الأنبوبة–. لأن الاضطراب الزائد والحركة الدوامية في هذا الجزء من الأنبوبة يجعلان فاقد الطاقة بالاحتكاك أكبر بكثير منه

حالة كون الجريان عادياً كما هو موضح بالانخفاض في خط الطاقة الكلية. من مجموع هذا الفقد الكلي هناك جزء ( $h'$ ) من الفقد نتيجة للاحتكاك العادي في الأنبوبة وبالتالي فإن الفرق بينه وبين الفقد الكلي للجريان يمثل القيمة الحقيقية للفقد الإضافي ( $h'_e$ ).
ويعبر عن الفقد المحلي عند المدخل بالعلاقة:

$$h'_e = \xi \frac{v^2}{2g} \qquad (5.96)$$

حيث إنَّ:

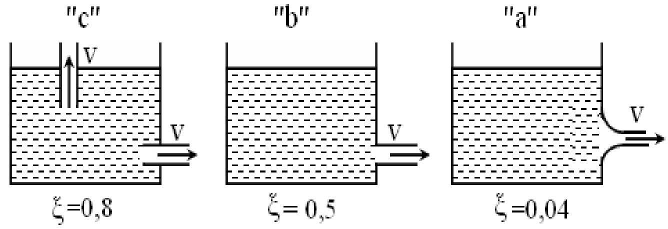
v : السرعة المتوسطة فيما وراء المقاومة المحلية.

$\xi$ : معامل المقاومة المحلية وهو يعتمد على نوع المقاومة المحلية.

إن السبب الرئيسي، كما ذكرنا سابقاً، في فقد المدخل يعود إلى الاضطراب أو التشوش المتولد من تزايد مجرى التيار بعد مروره بالمقطع (B)، هذا التزايد يعتمد بدوره على مقدار تقلص خطوط التيار عند دخوله الأنبوبة وبالتالي فإنه يتأثر كثيراً بالظروف القائمة عند مدخل الأنبوبة.

تحدد قيم معامل المقاومة المحلية ( $\xi$ ) تجريبياً. فإذا كان المدخل إلى الأنبوبة مستديراً بشكل جيد (لايوجد حواف حادة) كما في الشكل (5.21.a) فإنه يحدث تقلص لخطوط التيار عند المدخل ويكون معامل الفقد صغيراً جداً ( $\xi = 0,04$ ).

أما عند وجود حواف حادة للمدخل (الشكل (5.21.b)) فإن معامل المقاومة المحلية (معامل الفقد) يكون ( $\xi = 0,5$ ). وفي حال كون المدخل كما في الشكل (4.21.c) فإن تقلص خطوط الجريان يبلغ أشده لأنها تأتي من حول الجدار من خارج الأنبوبة ويأخذ عند ذلك المعامل ( $\xi$ ) القيمة ( 0,8 ).




**الشكل (5.21).**

**5.8.2- الفقد عند المخرج:**

عندما يصل سائل عبر أنبوبة بسرعة (v) ويصب في خزان كبير، فيمكن الافتراض عند ذلك أن السرعة داخل الخزان مهملة وبالتالي فإن طاقة الحركة الكلية للجريان تمتص ويكون الفقد عند المخرج:

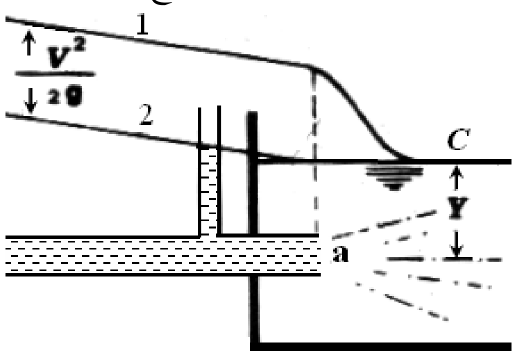
$$h'_d = \xi \frac{v^2}{2g}$$

يمكن توضيح ذلك بكتابة معادلة برنولي للارتفاعات بين النقطتين (a) و(c) من الشكل (5.22). فلو اخترنا المستوي المار من النقطة (a) كمستوي مقارنة ومع اعتبار ($y$) ارتفاع النقطة (c) عن المستوي، عندئذ يكون:

$$h'_d = H_a - H_c = \frac{v^2}{2g}$$

حيث إنَّ: $\xi = 1$

وبالتالي فالطريقة الوحيدة لتقليل فقد المخرج في هذه الحالة هو تقليل قيمة السرعة بواسطة أنبوب مباعد (*Diffuser Tube*). ومن الجدير بالذكر أن فقد المدخل يحدث بعد دخول السائل إلى الأنبوبة بينما يحدث فقد المخرج بعد أن يترك السائل الماسورة.




**الشكل (5.22)، الفقد عند المخرج، 1- خط الطاقة، 2- خط الميل الهيدروليكي.**

هناك حالات عديدة يحدث عندها فقدان محلي للطاقة نورد أهمها في الجدول (5.4).

**5.8.3- الفقد الكلي في الطاقة:**

يعبر عن الفقد الكلي في الطاقة بمجموع ضياع الضغط بالاحتكاك ($h_L$) مضافاً إليه ضياع الضغط نتيجة للمقاومة المحلية:

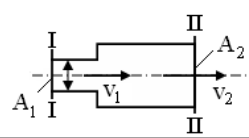
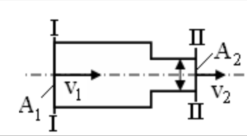
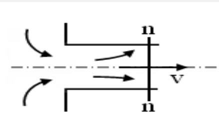
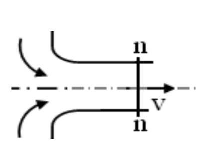
$$h_f = h_L + \sum h' \qquad (5.97)$$

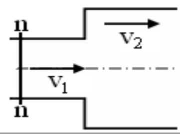
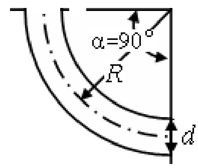
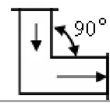
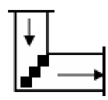
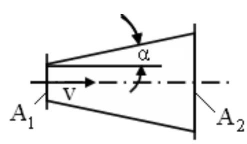
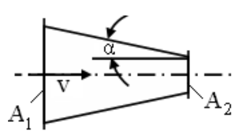
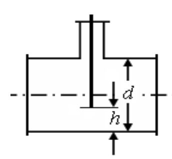
حيث
$$\sum h' = \sum \xi \frac{v^2}{2g}$$

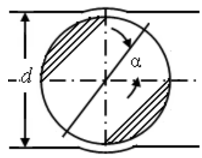
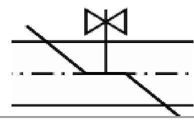
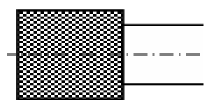
وتصبح معادلة دارسي–فيسباخ لحساب فاقد الضخ الكلي على الشكل:

$$h_f = \lambda \frac{L}{D} \cdot \frac{v^2}{2g} + \sum \xi \cdot \frac{v^2}{2g} = \frac{v^2}{2g} \cdot (\lambda \frac{L}{D} + \sum \xi)$$

عند تصميم أنابيب النفط ومنتجاته تؤخذ قيمة ضياع الضخ نتيجة للمقاومات المحلية على طول الخط على أنها تساوي ($0.02$) من قيمة ضياع الضخ نتيجة الاحتكاك على طول الأنبوبة.

| نوع المقاومة المحلية | الأجزاء المشكلة | معامل المقاومة المحلية |
|---|---|---|
| الاتساع المفاجئ للتدفق |   | $\xi = (\frac{A_2}{A_1} - 1)^2$ |
| الاختناق الفجائي للتدفق |   | $\xi = 0,5 \cdot (\frac{A_2}{A_1} - 1)^2$ |
| عند مدخل الأنبوبة<br>أ- في حالة الحواف الحادة |   | $\xi = 0,5$ |
| ب- في حالة الحواف المستديرة |   | أ- مدخل سلس $\xi = 0,2$<br>ب- مدخل أكثر سلالة<br>$\xi = 0,05$ |

| | | |
|---|---|---|
| عند مخرج الأنبوبة في حوض ذي أبعاد كبيرة أو في نهر. |  | $\xi = 1{,}0$ |
| كوع (باستدارة سلسلة وبزاوية دوران قدرها ($90^\circ$)) وكذلك في الحالات الخاصة التالية: |  | للأنابيب صغيرة المقطع $\xi = \left[0{,}131 + 0{,}163 \cdot (d/R)^{3,5}\right]$ |
| 1- $R > 2d$ . | | $\xi = 0{,}5$ |
| 2- $R = (3 \div 7) \cdot d$ . | | $\xi = 0{,}3$ |
| انحناء قائم. |  | $\xi = 1{,}1$ |
| كوع قائم الزاوية بريش توجيه. |  | $\xi = 0{,}25 \div 0{,}40$ (حسب شكل الريش والمسافة بينها) |
| مخروط متباعد (ناشر). |  | $\xi = Z \cdot (\frac{A_2}{A_1} - 1)^2$ عندما $\alpha = 2^\circ \quad ,4^\circ \quad ,6^\circ$ فإن $Z = 0.12\ ,\ 0.14\ ,\ 0.23$ |
| مخروط متقارب (خانق). |  | عندما $7^\circ < \beta < 30^\circ$ فإن $\xi = 016 \div 0{,}24$ وعندما $35^\circ < \beta < 80^\circ$ فإن $\xi = 0{,}26 \div 0{,}35$ |
| صمام منزلق في أنبوبة دائرية 1- مفتوح بالكامل |  | $\xi = 0{,}12$ |
| 2- مفتوح بمقدار ($h/d = 3/4$) | | $\xi = 0{,}26$ |

| | | |
|---|---|---|
| 3- مفتوح بمقدار $(h/d = 1/2)$ | | $\xi = 2{,}06$ |
| صنبور مركب على أنبوبة دائرية عند فتحة متوسطة $.(\alpha = 30^\circ)$ |  | $\xi = 5 \div 7$ |
| محبس مفتوح نصف فتحة. |  | $\xi = 1 \div 3$ |
| صمام سحب بشبكة (مصفاة) عند بداية مدخل الأنبوبة. |  | $\xi = 5 \div 10$ |



**الجدول (5.4).**