

# BÀI THÍ NGHIỆM SỐ 3

## XÁC ĐỊNH TRỞ LỰC ĐƯỜNG ỐNG

### I. MỞ ĐẦU

Một trong những vấn đề quan trọng nhất của thủy lực là xác định tổn thất năng lượng khi vận chuyển chất lỏng. Sự chuyển động ổn định của lưu thể được biểu diễn bằng phương trình sau :

$$Eu = f(\text{Re}, \Gamma_1, \Gamma_2) \quad (3-1)$$

Đây là phương trình chuẩn số rút ra từ phương trình Nave-stóc đối với chất lỏng chuyển động ổn định có áp trong ống thẳng.

Trong đó :

$$Eu = \frac{\Delta P}{\rho \cdot W^2} \quad \text{chuẩn số Ô-le (đặc trưng cho quan hệ giữa áp suất và lực quán tính và lực quán tính).}$$

$$\text{Re} = \frac{d \cdot W \cdot \rho}{\mu} \quad \text{chuẩn số Rây-nôn (đặc trưng cho quan hệ giữa lực quán tính và lực độ nhớt)}$$

$$\Gamma_1, \Gamma_2 \quad \text{đơn hệ đồng dạng hình học}$$

$$\Delta P \quad \text{áp suất mất, N/m}^2 \text{ (bao gồm mất mát do ma sát và trở lực cục bộ).}$$

$$\Delta P = \Delta P_m + \Delta P_{cp}$$

$$\Delta P = \frac{\lambda(l + l_{td}) \cdot W^2}{d \cdot 2g} \cdot \rho, \quad \text{N/m}^2 \quad (3-2)$$

ở đây :

#### Tổn thất áp suất do ma sát

$$h_m = \lambda \frac{l \cdot W^2}{d \cdot 2g}, \quad \text{m}$$

$$\text{hoặc} \quad \Delta P = \lambda \frac{l \cdot W^2}{d \cdot 2g} \cdot \rho, \quad \text{N/m}^2$$

$\lambda$  Hệ số trở lực ma sát

$l$  chiều dài ống dẫn, m

$d$  đường kính ống dẫn, m

$W$  vận tốc chuyển động của chất lỏng trong ống dẫn, m/s

$\rho$  khối lượng riêng của chất lỏng, kg/m

$\mu$  Độ nhớt động học của chất lỏng, N. s/m

$l_{td}$  chiều dài tương đương, m

## Tổn thất áp suất cục bộ :

$$h_{cb} = \xi \frac{W^2}{2g}, \quad \text{m}$$

$$\text{hoặc } \Delta P_{cb} = \lambda \frac{l_{td}}{d} \frac{W^2}{2g} \cdot \rho = \xi \frac{W^2}{2} \rho, \quad \text{N/m}^2 \quad (3-4)$$

$\xi$ : hệ số trở lực cục bộ

Ta nhận thấy rằng, nguyên nhân sinh ra tổn thất áp suất khi chất lỏng chuyển động trong ống dẫn là :

- Ma sát trên đường đi (với thành ống và giữa các lớp chất lỏng với nhau)
- Trở lực cục bộ trên đường đi (các chỗ lắp dụng cụ, đổi hướng, van, đột mở, đột thu...)

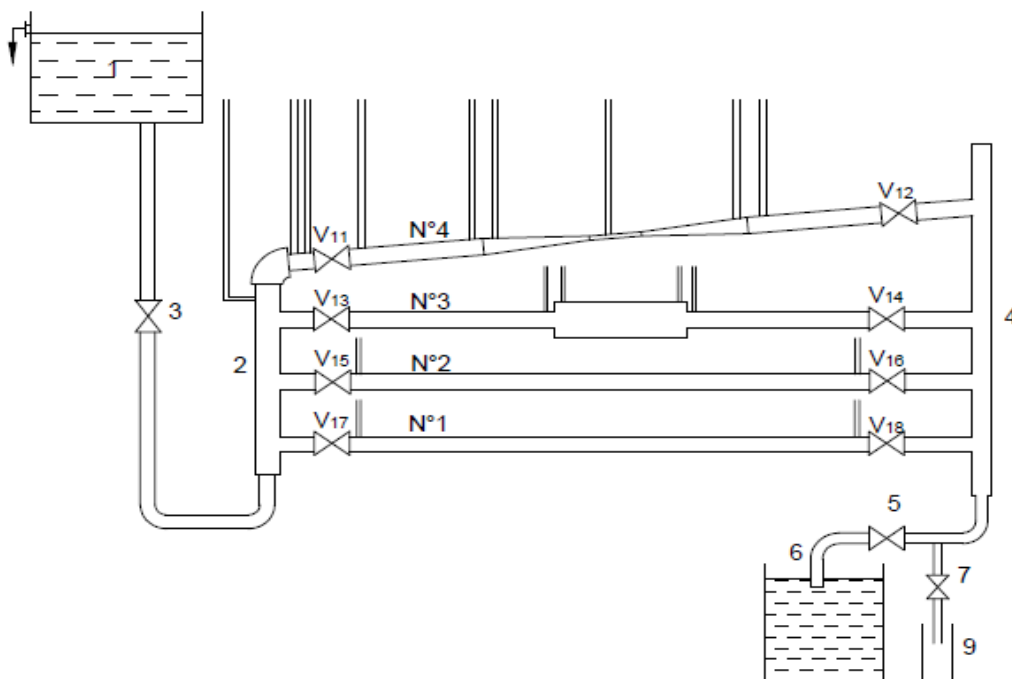
Nếu như biết được giá trị của chuẩn số O'le, ta dễ dàng xác định được tổn thất áp suất:

$$\Delta P = Eu \cdot \rho \cdot W^2 \quad (3-5)$$

Nhưng do chuẩn số Eu là một đại lượng rất khó xác định nên thường người ta tính tổn thất áp suất do ma sát theo (3-3) và tổn thất áp suất do trở lực cục bộ theo (3-4), vì trong các công thức đó hệ số  $\lambda$  và  $\rho$  có thể tính được theo công thức thực nghiệm hoặc tra trong các sổ tay chuyên môn.

## II. MỤC ĐÍCH THÍ NGHIỆM

1. Tìm quan hệ phụ thuộc giữa hệ số trở lực ma sát với chế độ chuyển động của chất lỏng  $\lambda = f(\text{Re})$ .
2. Xác định các hệ số trở lực của bộ van, đột mở, đột thu, quan sát trở lực của đoạn ống mở dần và thu dần.



### **Hình 3.1. Sơ đồ thí nghiệm**

1 - thùng cao vị; 2,4 - ống góp, 3 - van điều chỉnh; 5,7 - van điều chỉnh lưu lượng; 6 - thùng lường; 8 - van tháo; 9 - ống lường. No1 - ống thành nhám; No.2 - ống thành nhẵn; No.3 - ống có đột mở và đột thu; No.4 - ống có đoạn thu hẹp dần và mở rộng dần.

### **III. SƠ ĐỒ THÍ NGHIỆM**

(Xem sơ đồ hình 3-1). Nước từ bể chứa đặt dưới nền nhà (trên sơ đồ không vẽ) được bơm ly tâm đưa lên thùng cao vị 1 cho đến khi đầy sẽ qua ống chảy tràn trở về bể chứa. Mục nước trong thùng quan sát qua ống thủy. Từ thùng cao vị 1 nước theo ống dẫn chảy xuống ống góp 2 qua van điều chỉnh lưu lượng 3 để đi vào hệ thống các ống nhánh phục vụ việc xác định các trở lực thủy học khác nhau : ống No1 : để xác định trở lực do ma sát với thành ống nhám, ống No.2 để xác định trở lực do ma sát với thành ống nhẵn, ống No.3 với đột mở và đột thu, ống No.4 với van và hai đoạn ống thu hẹp dần và mở rộng dần. Trên mỗi nhánh có lắp đặt các van ở cả hai đầu để điều chỉnh lưu lượng dòng chảy đi trong từng ống. Trên tất cả các điểm cần đo áp suất thủy tĩnh đều có đặt các ống pe-zô-mét hở đầu. Mục nước trong các ống pe-zô-mét cho biết áp suất thủy tĩnh của dòng chảy tại điểm đặt ống. Nước đi qua các ống góp 4 bên phải rồi xuống thùng lường 6 qua van 5. Sau mỗi lần thí nghiệm nước được tháo cạn khỏi thùng lường nhờ van 8. Khi thí nghiệm với lưu lượng rất nhỏ thì có thể tính nước bằng ống lường 9 qua van 7.

### **IV. CÂU HỎI KIỂM TRA**

1. Vì sao năng lượng của dòng bị mất mát khi chất lỏng chuyển động theo ống dẫn ?
2. Cách xác định hệ số ma sát và hệ số trở lực cục bộ bằng thực nghiệm như thế nào?
3. Chuẩn số Re và độ nhám của ống ảnh hưởng tới trở lực ma sát trên đường ống như thế nào ?
4. Tại sao các van, khóa, khuỷu, đột thu, đột mở có trở lực cục bộ khác nhau?

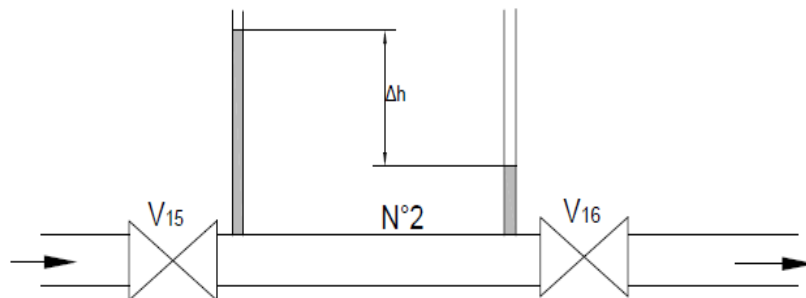
## V. THỨ TỰ TIẾN HÀNH THÍ NGHIỆM

Trong bài này sinh viên lần lượt phải làm thí nghiệm để xác định trở lực thủy học do ma sát trong ống nhẵn, ống nhám, trở lực cục bộ do đột mở hoặc đột thu, do van khóa.

### Trình tự thí nghiệm tiến hành như sau :

1. Quan sát, tìm hiểu và kiểm tra toàn bộ hệ thống thiết bị bao gồm cả các điểm đo áp suất thủy tĩnh và các ống pe-zô-mét tương ứng, các van khóa.
2. Kiểm tra nguồn cung cấp nước, mực nước trên thùng cao vị 1 (nếu trong thùng chưa có nước hoặc mức nước thấp thì báo cho cán bộ hướng dẫn vận hành máy bơm). Kiểm tra nhiệt kế, thì kế.
3. Đóng chặt tất cả các van của hệ thống. Sau đó bắt đầu tiến hành thí nghiệm lần lượt theo nội dung sau :

#### a. Xác định hệ số ma sát $\lambda$ trong ống nhẵn.



ống No.2 là ống có thành nhẵn, đường kính trong  $d_{tr} = 26\text{mm}$ , chiều dài (khoảng cách giữa hai điểm đo)  $l = 1650\text{mm}$ .

#### 1. Trình tự thí nghiệm :

Mở van 3 và van  $V_{15}$ , trong khi van  $V_{16}$  vẫn đóng để cho nước chảy vào đầy ống No.2 và chảy tràn qua các ống đo áp 15 và 16 nhằm đuổi hết bọt khí ra khỏi hệ thống.

Sau khi đóng bớt van 3 và van  $V_{15}$ , mở hết van  $V_{16}$ , không chế lưu lượng bé. Đợi cho dòng chảy ổn định thì tiến hành đo lưu lượng và độ chênh lệch áp suất thủy tĩnh giữa đầu và cuối ống (đọc số chỉ trên ống pa-zô-mét 15 và 16). Để đo lưu lượng ta dùng ống lượn 9 (khi

lưu lượng nhỏ) hoặc thùng lường 6 (khi lưu lượng lớn) và một thì kế để xác định thời gian t ứng với mức nước dâng lên trong thùng (quan sát qua ống thủy).

Tiến hành đo 5, 6 lần như vậy từ lưu lượng nhỏ đến lưu lượng lớn bằng cách mở rộng dần van V15 và van 3.

**2. Hệ số ma sát được tính theo công thức sau:**

$$\lambda = \frac{2\Delta P_m \cdot d}{l \cdot \rho \cdot W^2};$$

Các đại lượng đã giải thích ở trên.

**3. Bảng kết quả đo và tính toán**

Số TT	$\Delta P_m$		Q			W m/s	Re	$\lambda$	logRe
	mmH <sub>2</sub> O	N/m <sup>2</sup>	V (lít)	$\tau$ (s)	m <sup>3</sup> /s				
1									
2									
3									
4									
5									
6									

**4. Vẽ đồ thị quan hệ  $\lambda = f(\text{Re})$**

**b. Xác định hệ số ma sát  $\lambda$  trong ống nhám.** ống No.1 là ống có thành được làm nhám nhân tạo, đường kính trong  $d_{tr} = 32$  mm, chiều dài 1650mm.

Trình tự thí nghiệm lặp lại giống như ống nhẵn. Vẽ đồ thị  $\lambda = f(\text{Re})$  của ống nhẵn và ống nhám trên cùng 1 hệ trục tọa độ logarit.

Số TT	$\Delta P_m$		Q			W m/s	Re	$\lambda$	log Re
	mmH <sub>2</sub> O	N/m <sup>2</sup>	V (lít)	$\tau$ (s)	m <sup>3</sup> /s				
1									
2									
3									
4									
5									
6									

**c. Xác định hệ số trở lực cục bộ**

## 1. Trường hợp đột mở, đột thu :

+ Sơ đồ (xem hình): đường kính trong: đột thu  $d_{tr} = 32$  mm, đột mở  $d_r = 52$  mm

+ Trình tự thao tác :

- Mở hoàn toàn van  $V_{14}$
- Mở từ từ van  $V_{13}$  để dẫn nước vào ống với lưu lượng bé. Đợi dòng chảy ổn định thì tiến hành đo lưu lượng lần I đồng thời ghi chỉ số của các ống 11, 12, 13, 14 (tức  $h_1, h_2$ )
- Cứ tiến hành đo như vậy trong 3 lần với lưu lượng lớn hơn (bằng cách mở rộng thêm van  $V_{13}$ ). Kết quả lấy giá trị trung bình của 3 lần đo.

+ Cách tính toán :

**Đột mở** : Viết phương trình Bec-nu-li qua hai mặt cắt 1-1 và 2-2 ta có :

$$\frac{P_1}{\rho g} + \frac{W_1^2}{2g} = \frac{P_2}{\rho g} + \frac{W_2^2}{2g} + h_{cb} \quad (3-6)$$

$$\text{Suy ra : } h_{cb} = \frac{P_1 - P_2}{\rho g} + \frac{W_1^2 - W_2^2}{2g} = -\Delta h_1 + \frac{W_1^2 - W_2^2}{2g} \quad (3-7)$$

Vậy hệ số trở lực cục bộ của đột mở là :

$$\xi = \frac{2g \cdot h_{cb}}{W_1^2} \quad (3-8)$$

**Đột thu** : Tính toán tương tự như đột mở :

$$h_{cb} = \Delta h_z + \frac{W_3^2 - W_4^2}{2g} \quad (3-9)$$

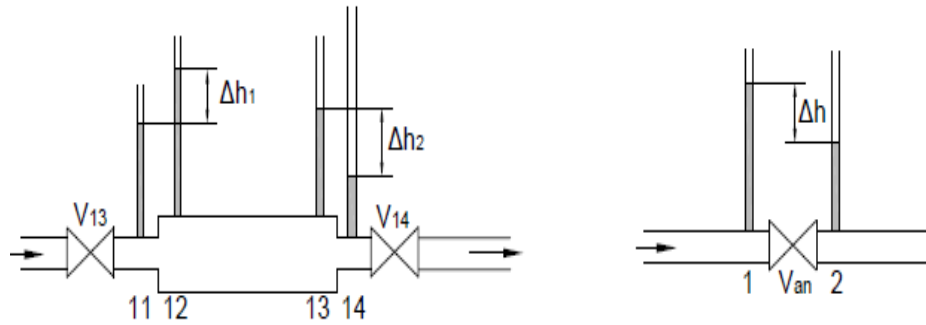
$$\text{Vậy : } \xi = \frac{2g \cdot h_{cb}}{W_4^2} \quad (3-10)$$

(ở đây vận tốc  $W_1 = W_4$ ;  $W_2 = W_3$ )

**Bảng kết quả đo và tính toán**

TT	Đột mở										Đột thu		
	h (m)	t (s)	Q (m <sup>3</sup> /s)	$\Delta h$ (m)	$W_1$ (m/s)	$W_2$ (m/s)	$\frac{W_1^2}{2g}$	$\frac{W_2^2}{2g}$	$h_{cb1}$	$\xi$	$\Delta h_2$	$h_{cb2}$	$\xi$
1													
2													
3													

## 2. Van



Phương trình Bec-nu-li của hai mặt cắt 1-1 và 2-2

$$\frac{P_1}{\rho g} + \frac{W_1^2}{2g} = \frac{P_2}{\rho g} + \frac{W_2^2}{2g} + h_{cb}$$

Vì đường kính đoạn ống trước và sau van bằng nhau nên:  $W_1 = W_2 = W$

$$\text{Vậy: } h_{cb} = \frac{P_1 - P_2}{\rho \cdot g} = \Delta h$$

Làm thí nghiệm với 3 giá trị lưu lượng khác nhau rồi trung bình:

$$\xi = \frac{2g \cdot h}{W^2}$$

### Bảng kết quả đo và tính toán

Số TT	h(m)	$\tau$ (s)	Q(m/s)	$\Delta h$ (m)	W (m/s)	$\frac{W_2}{2g}$	$\xi$
1							
2							
3							
tb							

*d. Nhận xét thí nghiệm*