

UNIVERSITÉ POLYTECHNIQUE DE LODZ
FACULTÉ: Internationale d'Ingénierie
SPÉCIALITÉ: Gestion et Technologie
II-ème année

**THERMODYNAMIQUE ET
MÉCANIQUE DES FLUIDES**

*Travaux Pratiques
au Institut des Turbomachines*

TRAVAIL PRATIQUE #2

RÉACTION HYDRODYNAMIQUE

Personnes responsables du programme:
Prof. Geneviève Comte-Bellot (coté français)
Dr ing. Jaroslaw R. Blaszcak (coté polonais)

LODZ / LYON 2005

1. BUTS DU TRAVAIL

Deux buts sont recherchés:

- connaissance l'une des méthodes des mesures de la réaction hydrodynamique;
- comparaison les valeurs de la réaction théoriques avec les mesures.

2. INTRODUCTION

D'après l'équation de quantité de mouvement, on a l'équation qui décrit la réaction d'un fluide sur les parois de canal dans lequel il écoule. A partir de supposition de hétérogénéité des surfaces de pression, de la densité et de la vitesse a l'entrée et au sortie de canal, l'équation a la forme suivante:

$$\vec{R}_b = m(\vec{v}_1 - \vec{v}_2) - n_1 p_1 A_1 - n_2 p_2 A_1 \quad (1)$$

où:

- m - flux de masse;
- v_1, v_2 - vitesses moyennes d'écoulement;
- n_1, n_2 - vecteurs unitaires normaux à les surfaces A_1 et A_2 ;
- p_1, p_2 - pressions.

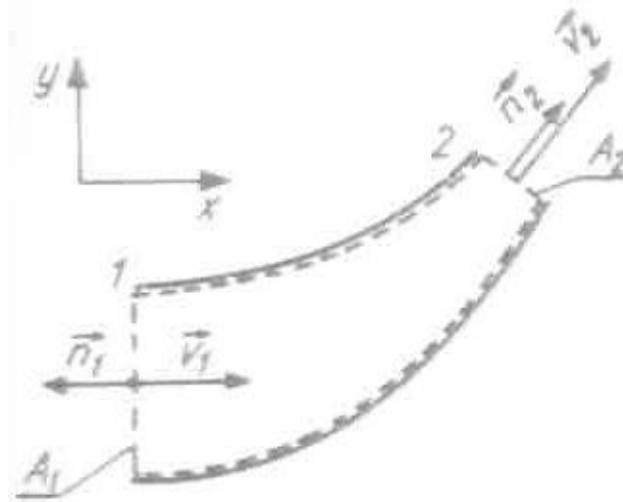


Fig. 1. Illustration à l'équation (1)
1,2 - sections d'entrée et du sortie

Les forces de surface agissent sur la masse émise sur les surfaces de contrôle (les lignes en tirette). Si nous prenons en considération les pressions absolues dans les section de l'entrée et du sortie et sur les surfaces latérales intérieures et nous ne définissons pas la pression à l'extérieur des parois latérales du canal, la réaction est appelée „brute” et elle a l'index b , (R_b).

Ici on présente deux cas d'action de la réaction hydrodynamique sur les surfaces immobiles. Premier cas dit de la paroi droite, deuxième de la paroi courbé. Dans ces cas le sujet de considération aurais l'action du filet libre d'un fluide non visqueux sur un paroi.

Nous supposons que le filet libre frappe la paroi plate ou courbé qui a les dimensions plus grands que ceux de la section du filet, alors il va être recourbé (redressé) de certain angle déterminé par la direction de paroi. Si on néglige le changement de la pression hydrostatique sur les surfaces 1 et 2 et si on suppose que dans celles section il y a la pression atmosphérique, c'est-à-dire:

$$p_1 = p_2 = p_a$$

on a, d'après l'équation de Bernoulli (liquide pas visqueuse) que $|v_1| = |v_2|$. En beaucoup des fois ça facile de trouver la solution d'un problème.

On suppose aussi que sur les surfaces libres de filet il y a la pression p_a et que sur le coté extérieur de paroi plate ou courbe il y a aussi la pression p_a . On peut constater qu'on peut enlever de l'équation (1) l'intégrale de valeur zéro, c'est-à-dire:

$$\iint_{A_1+A_2+A_3+A_4} p_a \vec{n} dA = 0 \quad (2)$$

Dans ce cas, dans l'équation (1) au lieu de la pression absolue il y a la surpression. Puisque les surpression a l'entrée et au sortie sont égales zéro (les surfaces 1 et 2 sur la figure 1), l'équation (1) a la forme:

$$\vec{R} = m(\vec{v}_1 - \vec{v}_2) \quad (3)$$

La soustraction de l'équation (1) l'intégrale (2) signifie que sur la paroi A_p il y a aussi la disposition des surpressions. La réaction R s'appelle la réaction nette. Ici, on n'utilise pas l'index n à côté de R pour éviter les foutes avec la composant normale R_n .

L'action du filet d'un fluide sur la paroi plate

Sur la figure 2 on présente l'action de filet sur le parois plat oblique qui est fixée sous l'angle α par rapport à la direction du filet accourue. Le filet frappe le parois et puis il écoule la surface de paroi dans toutes les directions. Ici on néglige la composante tangente d'un fluide non visqueux, alors la composante normale de la réaction R_n est la réaction totale du filet $R_n = R$. Pour les calcules, dans l'équation (3) il faut mettre les composantes normales des vitesses.

$$\vec{R} = m(\vec{v}_{1n} - \vec{v}_{2n}) \quad (4)$$

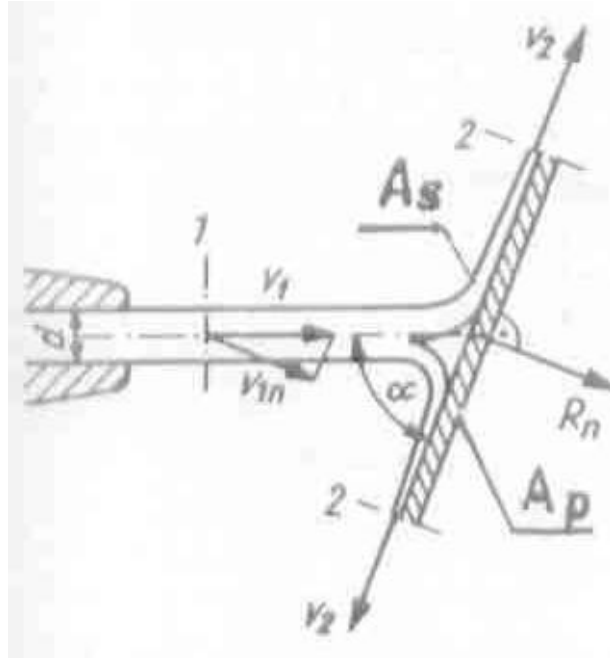


Fig. 2. Action de filet sur le parois droit oblique.
1, 2 – intersections

La composante $v_{1n} = v_1 \sin \alpha$, conformément à la figure 2, et la composante normale au paroi de la vitesse v_2 est égale zéro, alors $v_{2n} = 0$. En supposant $v_1 = v$ on obtienne finalement:

$$R = R_n = \dot{m} v \sin \alpha \quad (5)$$

Dans le cas d'une paroi plate perpendiculaire à la direction du filet ($\alpha = 90^\circ$) la valeur de la réaction est égale:

$$R = \dot{m} v \quad (6)$$

L'action du filet d'un fluide sur la paroi courbe

Sur la figure 3 on présente l'action du filet écoulant tangentiellement la surface avec la courbe quelconque. La vitesse de la fluide ne change pas son valeur à cause telle que comme dans le cas de la paroi plate, par contre elle change constamment sa direction. Pour trouver la résultante de la réaction R il faut déterminer les composantes de la réaction R_x et R_y de l'équation (3).

La composante R_x en direction x est égale:

$$R = m (v_{1x} - v_{2x}) = m v (1 - \cos \alpha) \quad (7)$$

car $v_{1x} = v_1 = v$, $v_{2x} = v_2 \cos \alpha = v \cos \alpha$. La composante de la réaction R_y en sens y est égale:

$$R_y = m (v_{1x} - v_{2x}) = -m v \sin \alpha \quad (8)$$

car $v_{1y} = 0$, $v_{2y} \sin \alpha = v \sin \alpha$.

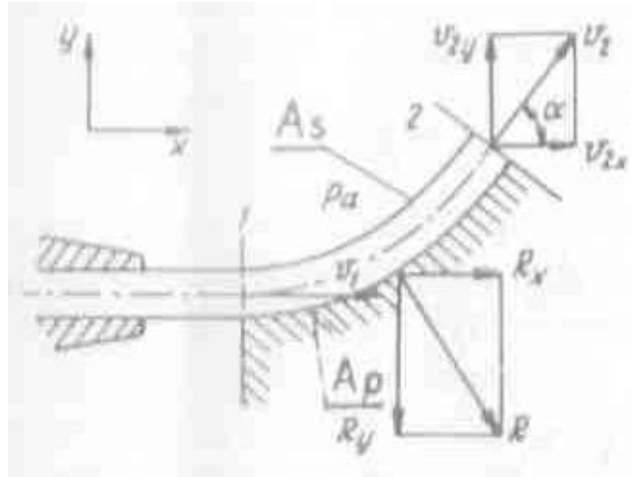


Fig. 3. Action d'un courant sur le paroi courbe
1, 2 - les sections

La résultante d'une réaction R égale à:

$$R = \sqrt{R_x^2 + R_y^2} = \sqrt{mV^2 \left[(1 - \cos \alpha)^2 + \sin^2 \alpha \right]} = mV \sqrt{2(1 - \cos \alpha)} = 2mV \sin \frac{\alpha}{2} \quad (9)$$

Si le paroi courbe redresse le filet (courant) à l'angle droit, c'est-à-dire $\alpha = 90^\circ$, on a:

$$R = 2 m v \sin 45^\circ = \sqrt{2} m v \quad (10)$$

Si le filet (courant) a été redressé en direction contraire, alors à l'angle $\alpha = 180^\circ$, on a:

$$R = 2 m v \sin 90^\circ = 2 m v \quad (11)$$

Alors elle est deux fois plus grande que la réaction sur le parois perpendiculaire - l'équation (6).

3. SCHÉMA ET DESCRIPTION DU BANC D'ESSAIS

Un schéma du banc d'essais est présenté sur la figure 4. Le poste est alimenté par l'eau du réseau, sur l'affluent d'eau il y a la soupape d'arrêt (1) et un soupape de contrôle (2). L'eau écoule dans conduit d'amenée (3) par le rotamètre (4) à la buse (5). On utilise les buses aux diamètres différentes de sortie (Fig 2). Le filet d'eau à sortie de buse frappe une petite assiette (plateau ? 6) dans la glissière (7). La réaction hydrodynamique est mesurée par un détecteur tensométrique (capteur de force 8 avec alimentation 9) à diapason 20 N. Finalement le signal est présenté sur le voltmètre numérique (10).

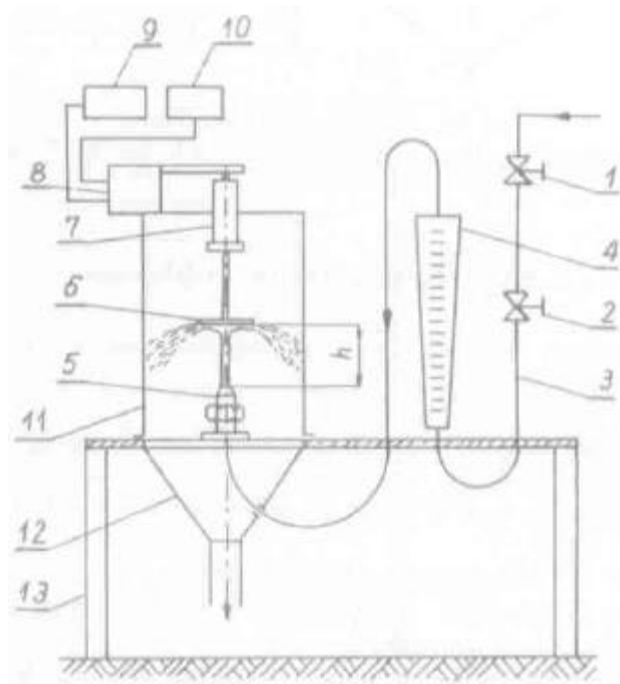


Fig. 4. Schéma de banc d'essai

1 - soupape d'arrêt, 2 - soupape de contrôle, 3 - conduit d'amenée,
4 - rotamètre, 5 - buse, 6 - assiette (plateau), 7 - glissière, 8 - détecteur tensométrique
(capteur de force), 9 - alimenteur, 10 - voltmètre numérique, 11 - voile (screen - ang.),
12 - récipient, 13 - montant (support)

La disposition la buse – la petite assiette est fermée dans une voile de metaplast (11) comme la protection avant l'éclatement de l'eau. L'eau s'écoule à la récipient (12) et de là à la canalisation. Tout le système est fixé rigidement sur un montant (13).

Le plateau imitant le paroi peut avoir forme différente (Fig. 5). Dans l'expérience on utilise le plateau imitant le paroi plat perpendiculaire au filet.

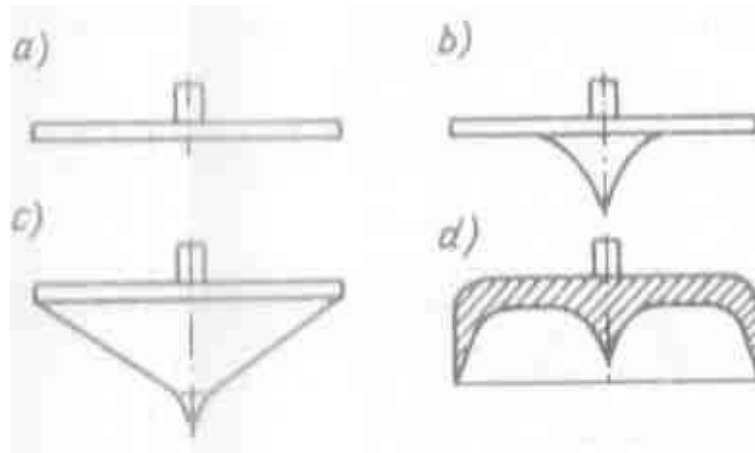


Fig. 5. Les différentes formes des petites assiettes:
a) petite assiette plat b) c) d) les plateaux imitant les parois courbes

4. MÉTHODE DES MESURES ET CALCULES

Après le démarrage de poste de travail il faut mesurer les valeurs suivantes pour quelques buses de l'eau.

Le flux de volume de l'eau \dot{V}

Pour quelques positions de soupape de contrôle il faut lire l'indication du rotamètre h_r et puis V [l/h] de graphe $V = f(h_r)$.

Attention: le diagramme $V = f(h_r)$ se trouve sur le poste de travail.

Il faut écrire le diamètre de l'ouverture de la buse selon l'information de laborant d'assistance. Les résultats inscrire au tableau de mesure.

Et puis il faut aussi calculer:

Le flux de la masse de l'eau m

$$m = \frac{\rho}{1000} \cdot \frac{\dot{V}}{3600} = \frac{\dot{V}}{3600} \left[\frac{\text{kg}}{\text{s}} \right] \quad (12)$$

puisque $\rho \sim 1000 \text{ kg/m}^3$

La vitesse d'écoulement d'eau de la buse v

$$V = \frac{4m}{\rho \pi d^2} [\text{m/s}] \quad (13)$$

où d - le diamètre de la buse [m].

Dans ce travaux pratique la surface de petite assiette est éloignée de sortie de la buse de l'eau en distance $h = 30 \text{ mm}$.

Cette hauteur a très petite influence sur la diminution de vitesse v à cause de l'action de force de gravitation. La vitesse v' à l'hauteur h résulte d'après l'équation de Bernoulli:

$$V' = \sqrt{V^2 - 2gh} \quad (14)$$

Si on prends en considération que la vitesse v est égale en moyenne quelques mètres par seconde, c'est l'erreur $V = V'$ est égale seulement 0.2%.

La réaction R [N] de l'équation (6)

La réaction R_m d'après de mesures

$$R_m = aE + \Delta R \text{ [N]} \quad (15)$$

où:

$a = 2\text{N/mV}$ – le coefficient de renforcement

E – les indices de voltmètre [mV]

$\Delta R = mg = 0.087 \cdot 9.81 \sim 0.85 \text{ N}$; $m = 0.087 \text{ kg}$ la masse de plateau avec le mandrin dirigeant.

L'incertitude de mesure [%]

$$d = \frac{R - R_m}{R} 100 \text{ [%]} \quad (16)$$

Il faut mettre les résultats de mesures dans le tableau des mesures et présenter graphiquement.

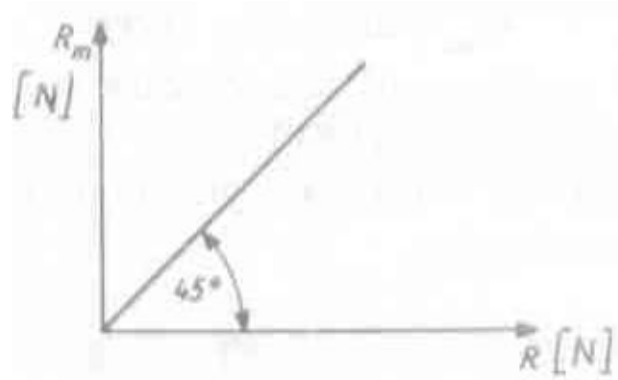
5. TABLEAU DES MESURES

#	d [mm]	h_r [div.]	V [l/h]	V [m^3/s]	E [mV]
1					
2					
3					
4					
5					
6					

6. CALCULS ET PRÉSENTATION DES RÉSULTATS

#	m	v	R	R_m	δ
	[kg/s]	[m/s]	[N]	[N]	[%]
	Eq. 12	Eq. 13	Eq. 6	Eq. 15	Eq. 16
1					
2					
3					
4					
5					
6					

7. GRAPHES

Fig. 6. Diagramme de la dépendance $R_m=f(R)$

8. NOTES PROPRES ET REMARQUES

1. Qu'est ce qu'on peut dire à propos de l'incertitude de mesure d ? Quelles sont les causes d'erreur de mesure, la valeur d'incertitude à relation de la valeur de réaction hydrodynamique ?
2. Comment la valeur de réaction R se change avec le change de la forme de petites assiettes qui sont présentés sur le dessin 2.5 ?
3. Comment la réaction se change pendant l'action sur le parois mobile ?
4. Présenter les autres possibilités pour réaliser le mesure d'une réaction.
5. Donner éventuellement les autres propres remarques et observations.