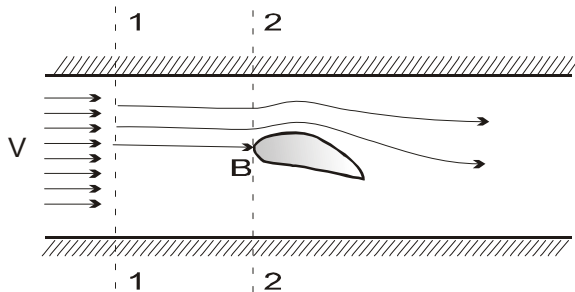


## Лекция 11

### Измерване на налягане и скорост в поток

Уравнението на Бернули се използва за определяне на налягането и скоростта при движение на флуиди. Нека разгледаме течение на флуид в тръба (фиг. 4). Ако в



Фиг. 4.Точка на заприщване

пространството на флуидното течение има тяло, което се обтича от флуида, токовите линии се деформират, като някои от тях завършват с така наречената точка на заприщване (точка В на фигурата). В тази точка скоростта на флуида е нула.

Разглеждат се две сечения 1-1 и 2-2. Първото сечение е в област на несмутеното течение, а второто сечение преминава през точката на заприщване. Може да се запише уравнението на Бернули за токовата линия минаваща през

точката на заприщване. То има вида:

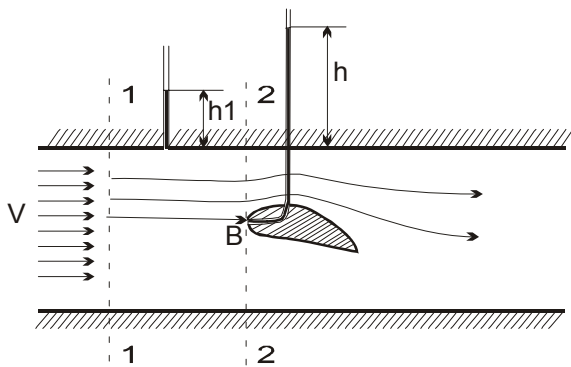
$$\frac{V_1^2}{2} + \frac{p_1}{\rho} = \frac{V_2^2}{2} + \frac{p_2}{\rho}, \quad /1/$$

където скоростите  $V_1$  и  $V_2$  са съответно скорост на несмутения поток и скорост в точката на заприщване. Скоростта в точката на заприщване е нулева  $V_2=0$ . Тогава се

получава:  $p_2 = p_1 + \rho \frac{V_1^2}{2} = p$ , където  $p$  е пълното налягане на флуидния поток.

Следователно, в точката на заприщване динамичната компонента на налягането се е трансформирала в статично налягане ( $V_2=0$ ) и там може да се измери пълното налягане в флуидния поток. Това може да стане, ако в обтичаното тяло се направи отвор и чрез тръбичка се измери статичен стълб течност (фиг. 5). Височината на този стълб  $h$  е мярка за статичното налягане в точка В:

$$p_B = p_o + g\rho h, \quad /2/$$



Фиг. 5.Статично и пълно налягане

динамичната съставка на налягането в потока. На фиг. 7 е дадена установка за измерване на статичното и пълно налягане на флуид при течение в затворен канал или тръбопровод.

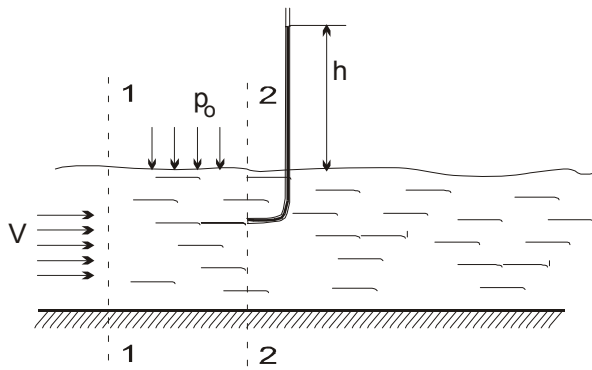
където  $p_o$  е атмосферното налягане,  $g$  – земното ускорение.

В действителност, за измерване на налягането не е необходимо обтичано тяло. Достатъчно е да се постави тръбичка, чиято работна част е съосна с направление на движение на флуида (фиг.6 и 7).

Динамичното налягане в открит поток (река, поток, открит канал) се измерва с помощта на тръбичка както е показано на фиг. 6. Върху откритата повърхност действа атмосферното налягане  $p_o$ , а височината  $h$  измерва

### Измерване на скорост на флуида.

Представените постановки за измерване на налягане могат да се използват за изчисляване на скоростта на движение на флуида. За целта се използва уравнението на Бернули. Ако запишем уравнението на Бернули за две сечения от фиг. 6 се

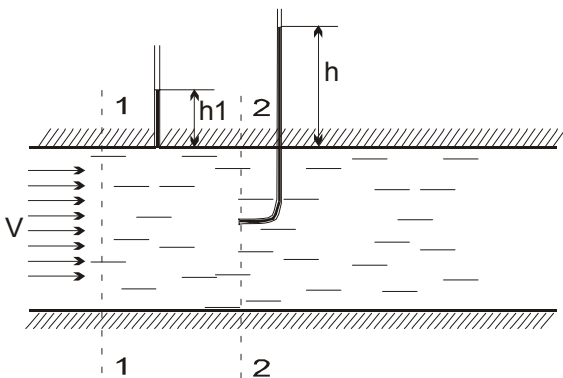


Фиг. 6. Налягане и скорост в открит поток

$V = \sqrt{2gh}$ . Следователно, ако се измери височината на стълба течност  $h$ , може лесно да се определи скоростта в открития поток.

В затворен флуиден поток скоростта може да се определи чрез измерване на статичното и динамично налягане (фиг. 7). Уравнението на Бернули за двете сечения 1-1 и 2-2 беше записано по-горе /1/ и като се приеме, че скоростта  $V_2$  е нула се получава израза:

$$p_2 = p_1 + \rho \frac{V^2}{2} = p, \quad /3/$$



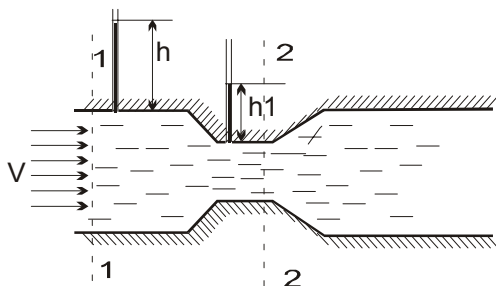
Фиг. 7. Налягане и скорост в канал

където  $p$  е пълното налягане, което се измерва посредством стълба течност  $h$  в измервателната тръбичка:  $p = p_0 + g\rho h$ . Статичното налягане  $p_1$  се измерва със стълба течност  $h_1$  в другата измервателна тръбичка:  $p_1 = p_0 + g\rho h_1$ . След заместване на тези изрази в уравнение /3/, за скоростта  $V$  се получава:

$$V = \sqrt{2g(h-h_1)}.$$

Тази формула показва, че скоростта на потока се определя от разликата във височината на стълба течност в двете измервателни тръбички. Най-често двете тръбички се монтират в един общ корпус и цялото измервателно устройство се нарича **тръба на Пито**.

Друг начин за измерване на скоростта на флуидни потоци в тръби е използването на така наречената тръба на Вентури. Опростена схема на такъв уред е показана на фиг. 8. По дължината на тръбопровода се монтира специален участък с две различни по големина калибрирани сечения. В тези две сечения се измерва статичното налягане посредством измервателни тръбички -  $h$  и  $h_1$  са стълбовете



Фиг. 7. Тръба на Вентури

течност определящи статичните налягания. Уравнението на Бернули за тези сечения има вида /1/. Ако сечение 1-1 е равно на сечението на тръбопровода, то скоростта  $V_1$  ще е равна на скоростта в тръбопровода  $V$ . От уравнението на непрекъснатостта  $V_1 S_1 = V_2 S_2$  може да се определи скоростта  $V_2$ :  $V_2 = V_1 \frac{S_1}{S_2}$ . След заместване на този израз в уравнението на

получава:  $\frac{V_1^2}{2} + \frac{p_1}{\rho} = \frac{V_2^2}{2} + \frac{p_2}{\rho}$ , където

скоростта  $V_2$  е нула тъй като сечение 2-2 минава през точката на заприщване (началото на измерителната тръбичка). Тогава уравнението има вида:

$$\frac{V^2}{2} + \frac{p_0}{\rho} = \frac{p_2}{\rho} = \frac{p_0 + g\rho h}{\rho}.$$

След елементарно преобразуване се получава израз за скоростта на потока

Бернули може да се определи скоростта  $V_1=V$ :  $V = \sqrt{\frac{2(p_2 - p_1)}{\rho(1 - (\frac{S_1}{S_2})^2)}}$ , където разликата в

наляганията  $p_2-p_1$  се определя от разликата във височината на стълба течност в двете измервателни тръбички:  $p_2-p_1= \rho g(h-h_1)$ . Тогава скоростта в тръбопровода се определя от израза:

$V = \sqrt{\frac{2g(h-h_1)}{1 - (\frac{S_1}{S_2})^2}}$ . Скоростта се определя от конструктивните параметри на тръбата на

Вентури (отношението на двете сечения и измерената разлика в стълбовете течност.