

Temat	Data
1. Ciecz doskonała i rzeczywista	16.03.2020
2. Równanie Bernoullego – wzór, zastosowanie.	18.03.2020 23.03.2020
3. Powtórzenie z ruchu cieczy - zadania	25.03.2020

notatka

Wszystkie rozważania w hydraulice, także wzory, oparte są na cieczy doskonałej, idealnej. Taka w rzeczywistości nie istnieje. Dlaczego o niej się mówi? Ponieważ zjawiska występujące w rzeczywistości, jeśli chodzi o ruch cieczy, są bardzo złożone i byłyby trudne do rozwiązania lub nierozwiązywalne. Zjawiska te są związane z lepkością, rozszerzalnością itp.

Ciecz doskonała charakteryzuje się tym, że:

- jest pozbawiona lepkości – przy jej ruchu nie występują żadne opory przepływu wywołane tarciami;
- jest nieściśliwa – tzn., że nawet przy działaniu największych sił, nie zmienia swojej objętości;
- jest pozbawiona rozszerzalności cieplnej – nie zmienia swojej objętości przy podgrzewaniu i chłodzeniu;
- ma stały ciężar objętościowy niezależnie od temp i ciśnienia.

Ciecz rzeczywista charakteryzuje się tym, że:

- **jest lepka** – powoduje to powstawanie pewnych oporów przy przepływie cieczy, a wobec tego zmniejszanie się całkowitej energii cieczy podczas przepływu. **Lepkość jest najważniejszą cechą odróżniającą ciecz rzeczywistą od doskonałej.**
- jest ściśliwa – zmienia objętość przy działaniu sił zewnętrznych;
- rozszerza się, tzn. zmienia swoją objętość pod wpływem zmian temperatury,
- zmienia swój ciężar objętościowy w zależności od temperatury i ciśnienia,

Równanie Bernoullego wyraża zależność pomiędzy poszczególnymi elementami ruchu cieczy. (odnosi się do różnych przekrojów poprzecznych, różnych bądź tych samych wysokości odniesienia /np. woda płynie w rurze poziomo lub zmienia kierunek i wysokość położenia/, oraz pokazuje zmiany energii strugi cieczy (czyli zmiany energii kinetycznej i potencjalnej)).

Równanie Bernoullego dla cieczy doskonałej:

$$z_1 + \frac{p_1}{\gamma} + \frac{v_1^2}{2g} = z_2 + \frac{p_2}{\gamma} + \frac{v_2^2}{2g}$$

z_1 - wysokość położenia [m]

$\frac{p_1}{\gamma}$ - wysokość ciśnienia [m] (ze wzoru $h = \frac{p}{\gamma}$)

$\frac{v_1^2}{2g}$ - wysokość prędkości [m]

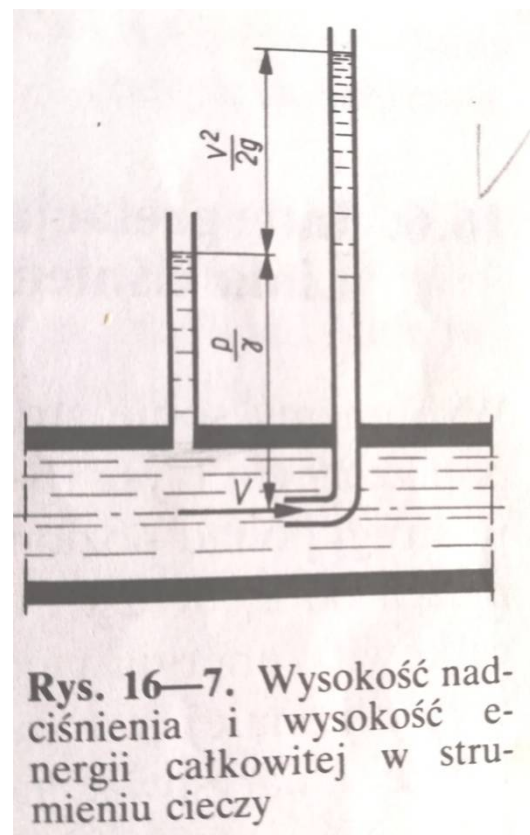
Wyrażenia z_1 i $\frac{p_1}{\gamma}$ wyrażają energię potencjalną, związaną z wysokością, a $\frac{v_1^2}{2g}$ wyraża energię kinetyczną. Indeksy dolne 1 i 2, mówią o pierwszym i drugim rozpatrywanym punkcie przepływu cieczy.

Obok jest ilustracja pokazująca wysokość ciśnienia i wysokość prędkości w przewodzie. Do przewodu podłączone są dwie rurki. Pierwsza jest podłączona do ściany przewodu (rurka piezometryczna) i pokazuje ona wysokość nadciśnienia (ciśnienia) panującego w przewodzie. Druga rurka jest ustawiona w osi przewodu i „pod prąd” i pokazuje ona **sumę** wysokości ciśnienia i wysokości prędkości.

Dlaczego mówimy tutaj o „wysokości” ciśnienia? Ponieważ w tych rurkach ciecz podnosi się na daną wysokość, którą możemy zmierzyć i podać w metrach. Czy da się podać ciśnienie w Paskalach? – Tak. Przekształca się wzór z wysokości ciśnienia $h = \frac{p}{\gamma}$, i wtedy ciśnienie będzie $p = h \cdot \gamma$ (wysokość na jaką podniesie się ciecz, odczytana z rurki * razy ciężar objętościowy cieczy, wynik w Pa).

Tak samo dla prędkości $h = \frac{v^2}{2g} \rightarrow$ po przekształceniu

$v = \sqrt{h \cdot 2g}$, wynik da nam jednostkę m/s, czyli jednostkę prędkości, np. z jaką płynie ciecz w przewodzie.



Rys. 16—7. Wysokość nadciśnienia i wysokość energii całkowitej w strumieniu cieczy

Dla cieczy doskonałej nie ma strat w przepływie!

Równanie Bernoullego dla cieczy doskonałej mówi, że w dwóch dowolnych przekrojach cieczy doskonałej suma energii potencjalnej i kinetycznej jest wielkością stałą. Czyli na całym odcinku, na jakim płynie ciecz nie ma strat energii (ciśnienia i prędkości). Dlaczego? Ciecz doskonała nie ma lepkości...czyli nie ma tarcia, które powoduje straty liniowe i miejscowe (czyli wyhamowywanie cieczy), nie ma oporów przepływu. Ciecz doskonała nie istnieje.

W przypadku cieczy rzeczywistej mamy do czynienia ze stratami przepływu, czyli energia całkowita będzie się zmniejszać, dlatego do prawej strony równania dodamy straty całkowite (czyli straty na całej drodze przepływu wywołane przez tarcie, kształtki itp. O nich będą osobne lekcje).

Oprócz tego dodamy do wzoru również współczynnik korygujący prędkość, gdyż mówimy o prędkości średniej, a prędkość będzie różna w różnych miejscach przekroju płynu.

Ten współczynnik oznaczmy α (alfa), nazywa się on współczynnikiem Saint - Venanta lub Coriolisa.

α (alfa) dla ruchu laminarnego = 2

α (alfa) dla ruchu turbulentnego = 1 (ponieważ prędkość w takim ruchu, w każdym punkcie przekroju jest podobna).

Równanie Bernoullego dla cieczy rzeczywistej:

$$z_1 + \frac{p_1}{\gamma} + \frac{\alpha * v_1^2}{2g} = z_2 + \frac{p_2}{\gamma} + \frac{\alpha * v_2^2}{2g} + \Sigma h_{str}$$

Σh_{str} – suma strat liniowych i miejscowych, czyli straty całkowite podczas przepływu

Energia całkowita cieczy rzeczywistej, dla dwóch dowolnie wybranych przekrojów różni się między sobą o wielkość strat, jakie powstały podczas przepływu cieczy z jednego miejsca do drugiego.

Czyli np, jak zmieniła się energia podczas przepływu cieczy np. od wlotu do przewodu (czyli lewa strona równania, z indeksem 1) aż do wylotu z przewodu (prawa strona równania, z indeksem 2).

Wielkość obliczonych strat mówi nam, o ile zmniejszyła się energia na danym odcinku.

Do mierzenia przepływu cieczy w rurociągach służą **przepływomierze**. Np. zwężka Ventouriego, rotametr.

Zachęcam do obejrzenia:

<https://www.youtube.com/watch?v=hq3AA5UyCmc> – zadanie z równaniem Bernoullego

<https://www.youtube.com/watch?v=XG-NRAD5lls> – zastosowanie równania Bernoullego

Zadania- powtórka.

Zad. 1

Jeżeli pompa przetłacza 2,5 dm³/s , to ile litrów przetłoczy w ciągu 2 godzin.

Zad. 2

Oblicz objętościowe natężenie przepływu powietrza w kwadratowym przewodzie wentylacyjnym o wymiarach 30cmx30cm, jeśli prędkość przepływu wynosi 1,5 m/s.

Zad. 3

Oblicz średnicę rury, jaką należy dobrać w instalacji wodociągowej, jeśli prędkość przepływu ma wynosić 0,8 m/s, a przepływ (objętościowe natężenie przepływu) 0,01 m³/s.

Zad. 4

Jeśli natężenie przepływu wynosi 20 dm³/s to ile to będzie w m³/h ?