Mechanika tekutin

*Tlak v kapalinách a plynech  
Vztlaková síla  
Prodění kapalin a plynů*

Vlastnosti kapalin a plynů

Tekutiny = kapaliny + plyny

Ideální kapalina - dokonale tekutá

- bez vnitřního tření

- zcela nestlačitelná

Ideální plyn - dokonale tekutý

- bez vnitřního tření

- dokonale stlačitelný

Tlak v kapalinách vyvolaný vnější silou

Blaise Pascal (1623 – 1662)

Francouzský matematik, fyzik a filozof.

* v roce 1642 sestrojil první mechanický kalkulátor
* zabýval se šířením tlaku v kapalinách
* základní jednotka tlaku - Pascal

Pascalův zákon:

Tlak vyvolaný vnější tlakovou silou, která působí na kapalné těleso v uzavřené nádobě, je ve všech místech kapaliny stejný.



F = velikost tlakové síly působící kolmo na rovinnou plochu kapaliny

S = obsah této plochy

Jednotkou tlaku je pascal Pa

1 Pa = 1 N.m-2

1 Pa je tlak, který vyvolá síla 1 N rovnoměrně rozložená na ploše o obsahu 1m2 a působící kolmo na tuto plochu.

V praxi používané jednotky: kPa, MPa, hPa

Tlak měříme manometry.

Pascalův zákon platí i pro plyny:

* pneumatika jízdního kola
* hydraulická a pneumatická zařízení

Příklad:

Písty hydraulického lisu mají obsah průřezů 5 cm2 a 400 cm2. Na užší píst působíme silou 500 N. Jaký tlak tato síla v kapalině vyvolá? Jak velkou tlakovou silou působí kapalina na širší píst?

Tlak v kapalinách vyvolaný tíhovou silou

Na všechny částice kapalného tělesa v tíhovém poli Země působí tíhová síla. Jejím výsledkem je hydrostatická tlaková síla Fh.

Fh působí kapalina na dno a na stěny nádoby, na pevná tělesa ponořená do kapaliny.



Hydrostatické paradoxon:

Fh na dno nádob je konstantní (nezávisí na tvaru nádoby)

Hydrostatický tlak ph = tlak v kapalině vyvolaný hydrostatickou tlakovou silou.

V hloubce h pod volným povrchem platí:



Místa o stejném ph se nazývají hladiny.

Na volném povrchu kapaliny = volná hladina (ph = 0 Pa)

Spojené nádoby naplněné kapalinami o různých hustotách ρ1 a ρ2, které se navzájem nemísí:

Kapaliny jsou v rovnováze, jestliže platí: p1 = p2



Užití: k určení hustoty neznámé kapaliny.

Tlak vzduchu vyvolaný tíhovou silou

Země je obklopena vrstvou vzduchu do výše několika tisíc kilometrů = atmosféra.

Působením tíhové síly Země jsou všechny částice atmosféry přitahovány k povrchu Země = atmosférická tlaková síla Fa.

tlak vyvolaný Fa = atmosférický tlak pa (zmenšuje se s nadmořskou výškou)

Základem pro měření pa se stal Torricelliho pokus:

hodnota atmosférického tlaku = hodnotě hydrostatického tlaku rtuťového sloupce v Torricelliho trubici

K měření pa se používají tlakoměry (barometry)

* rtuťový tlakoměr
* kovový tlakoměr (aneroid)
* barograf

Normální atmosférický tlak:

Pn = 1013,25 hPa

Jiné jednotky tlaku:

milibar (mb) = torr = 1 hPa

Vztlaková síla v kapalinách a plynech



Archimedův zákon: těleso ponořené do kapaliny je nadlehčováno vztlakovou silou, jejíž velikost = tíze kapaliny stejného objemu, jako objem ponořeného tělesa.



V = objem tělesa

ρt = hustota tělesa

ρ = hustota kapaliny

1. těleso klesá ke dnu (kovový předmět ve vodě)

ρt > ρ FG > Fvz F

1. těleso se v kapalině volně vznáší (ryby)

ρt = ρ FG = Fvz F = **0**

1. těleso stoupá k volné hladině (korek, led)

částečně se vynoří

těleso plove

ρt < ρ FG < Fvz F

Nadlehčována jsou i všechna tělesa ve vzduchu.

Hustota vzduchu = 1,3 kg.m-3 malá Fvz

Příklad:

Urči velikost vztlakové síly, která působí na krychli o hraně 10 cm ponořenou a) ve vodě, b) v oleji o hustotě 900 kg.m-3, c) v glycerinu o hustotě 1200 kg.m-3.

Proudění kapalin a plynů

* proudění = pohyb tekutin
* proudnice = trajektorie jednotlivých částic proudící kapaliny nebo plynu
* rychlost částic má směr tečny k proudnici

Laminární proudění - proudnice souběžné

- při malých rychlostech

Turbulentní proudění - proudnice zvlněné (víry = turbulence)

- při větších rychlostech

Proudění laminární

Nejjednodušším případem je ustálené proudění ideální kapaliny:

stálá rychlost a stálý tlak

každým průřezem potrubí protéká za stejnou dobu stejný objem kapaliny

objemový průtok qV = objem kapaliny, který proteče daným průřezem trubice za jednotku času

jednotka: m3.s-1



ideální kapalina – zcela nestlačitelná nikde se nehromadí objemový průtok je v každém průřezu trubice stejný

Energie:

Součet kinetické a tlakové potenciální energie kapaliny o jednotkovém objemu je ve všech místech trubice stejný.

Bernoulliova rovnice



V užším průřezu má kapalina větší rychlost, ale menší tlak než v širším průřezu.

Příklad:

Vodorovnou trubicí s průřezem o obsahu 40 cm2 proudí voda rychlostí 2 m.s-1 při tlaku 200 kPa. Urči rychlost a tlak v průřezu o obsahu 8 cm2.

Podtlak:

Vzniká při zúžení trubice, kdy tlak kapaliny je menší než tlak atmosférický.

* rozprašovače
* stříkací pistole
* karburátor u spalovacích motorů



Rychlost kapaliny vytékající otvorem v nádobě:

Obtékání těles reálnou tekutinou

* u reálných tekutin vznikají v důsledku vnitřního tření odporové síly směřující proti pohybu tělesa vzhledem k tekutině
* u kapalin hydrodynamická odporová síla
* u plynů aerodynamická odporová síla

Velikost odporové síly závisí na:

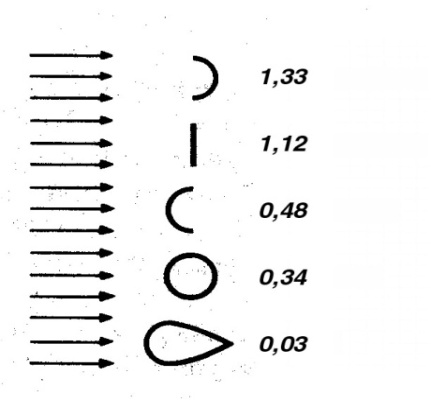
1. rozměrech a tvaru tělesa
2. hustotě tekutiny
3. vzájemné rychlosti

Při malých rychlostech - proudění laminární

Při větších rychlostech - proudění turbulentní



Pro velikost aerodynamické odporové síly platí:

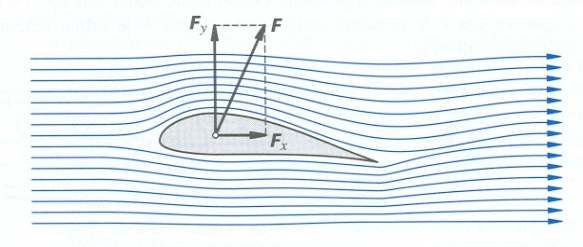


ρ = hustota vzduchu

S = obsah průřezu tělesa kolmého ke směru pohybu

v = rychlost tělesa

C = součinitel odporu

Aerodynamický tvar - nosné plochy křídel a trupů letadel

Fx = aerodynamická odporová síla

Fy = aerodynamická vztlaková síla

F = Fx + Fy

Využití energie proudící tekutiny:

* vodní turbíny:
* Francisova turbína
* Peltonova turbína
* Kaplanova turbína
* větrné elektrárny

Cvičení

Tlak v kapalině vyvolaný vnější silou

1. Na píst hustilky o průměru 2,4 cm působíme tlakovou silou 20 N. Jaký tlak vznikne uvnitř hustilky, uzavřeme-li její vývod?
2. Jak velkou tlakovou silou působíme na píst hustilky, jehož průřez je 8 cm2, potřebujeme-li vyvolat tlak 50 kPa?
3. Písty hydraulického lisu mají obsah průřezů 5 cm2 a 400 cm2. Na užší píst působíme silou 500 N. Jaký tlak tato síla v kapalině vyvolá? Jak velkou tlakovou silou působí kapalina na širší píst?
4. Průřezy pístů hydraulického lisu mají obsahy 20 cm2 a 6 000 cm2. Jak velkou tlakovou silou působí kapalina na širší píst, působí-li na užší píst silou 80N? O jakou vzdálenost se posune širší píst směrem vzhůru, posune-li se užší píst o 30 cm směrem dolů?
5. Písty hydraulického zvedáku mají průměr 3 cm a 15 cm. Jak velkou silou musíme působit na menší píst, chceme-li zvedat těleso o hmotnosti 200 kg?
6. Plošný obsah pístu injekční stříkačky je 3,2 cm2. Jak velká síla vytlačuje vodu z otvoru injekční jehly, jestliže působíme na píst silou 40 N? Plošný obsah otvoru injekční jehly je 0,008 cm2.
7. Hydraulický zvedák zubařského křesla má píst s plošným obsahem 67,5 cm2. Hmotnost křesla s pacientem je 135 kg. Jak velkou silou musí zubní lékař při zvedání křesla působit nohou na malý píst s plošným obsahem 4,5 cm2. Jakou práci při zvednutí křesla o 0,15 m?
8. Jak velká hydrostatická síla působí na dno vodní nádrže v hloubce 3 m, je-li obsah dna 5 m2? Jaký je v této hloubce hydrostatický tlak?
9. Potápěč sestoupil na dno jezera do hloubky 28 m. a) Jaký je v této hloubce hydrostatický tlak? b) Jak velká je v této hloubce hydrostatická tlaková síla, která působí na plochu o obsahu 1 cm2?
10. Turista naměřil na úpatí hory atmosferický tlak 1020 hPa, na vrcholu hory 955 hPa. Jaký výškový rozdíl turista při výstupu na horu překonal?
11. Do spojených nádob nalijeme olej a vodu. Výška sloupce vody nad společným rozhraním obou kapalin je 18 cm, výška sloupce oleje 20 cm. Urči hustotu oleje, je-li hustota vody 1000 kg.m-3.

Výsledky:

1) 44 kPa

2) 40 N

3) 1 MPa, 40 kN

4) 24 kN, 1 mm

5) 78 N

6) 01 N

7) 90 N, 202,5 J

8) 150 kN, 30 kPa

9) a) 280 kPa, b) 28 N

10) 500 m

11) 900 kg.m-3

Vztlaková síla v kapalinách a plynech

1. Jak velkou vztlakovou silou je ve vodě nadlehčováno těleso o objemu 10 dm3?
2. Jak velkou silou zvedneme ve vodě kámen o objemu 6 dm3, je-li jeho tíha na vzduchu 150 N.
3. Žulová kostka o hraně délky 1 dm a hmotnosti 2,5 kg je zcela ponořena do nádoby s vodou. Jak velká vztlaková síla ji nadlehčuje? Jak velkou tlakovou silou působí kostka na dno nádoby?
4. Chlapec zvedá žulový kámen ve vodě silou 32 N, na vzduchu silou 52 N. Jak hustotu má žula?
5. Ponoříme-li těleso o hmotnosti 10 kg do kapaliny o hustotě 800 kg.m-3, působí na něj výsledná síla o velikosti 40 N směrem dolů. Jaký je objem tohoto tělesa?
6. Jak velká část V´ celkového objemu V ledovce zůstává skryta pod mořskou hladinou? Hustota ledu je 920 kg.m-3, hustota mořské vody 1030 kg.m-3.

Výsledky:

1) 100 N

2) 90 N

3) 10 N, 15 N

4) 2600 kg.m-3

5) 7,5 dm3

6) 9/10 celkového objemu

Proudění tekutin

1. Jaký je objemový průtok vody v potrubí s průřezem o obsahu 20 cm2 při rychlosti proudu 3 m.s-1.
2. Potrubím s průřezem o obsahu 100 cm2 proteče za 10 min 30 000 l vody. Urči a) objemový průtok, b) rychlost proudící vody.
3. Hadicí s průřezem o obsahu 12 cm2 protéká voda rychlostí 1 m.s-1. Jak velkou rychlostí tryská voda ze zúženého nátrubku, jehož průřez má obsah 0,6 cm2.
4. Potrubím o obsahu kolmého řezu 50 cm2 proteče za 5 min 1500 l vody. Vypočti a) objemový průtok vody, b) velikost rychlosti proudící vody
5. Hadice o vnitřním průměru 4 cm je zakončena tryskou o vnitřním průměru 1 cm. a) Jak velkou rychlostí proudí voda tryskou, protéká-li hadicí rychlostí 0,5 m.s-1? b) Jak velkou rychlostí by musela protékat voda hadicí, kdyby měla proudit tryskou rychlostí 20 m.s-1?
6. Obsah plochy průřezu vodorovného potrubí se zužuje z 50 cm2 na 15 cm2. Širší částí potrubí je rychlost protékající vody 3 m.s-1 a tlak 85 kPa. Jak velkou rychlostí a při jakém tlaku proudí voda v užší části potrubí?
7. Jak velkou rychlostí vytéká voda otvorem z válcové nádoby, který je v hloubce a) 20 cm, b) 80 cm pod hladinou?
8. Jak velkou odporovou sílu přemáhá motor automobilu při rychlosti 90 km.h-1? Součinitel odporu je 0,3, čelní průřez vozidla 2 m2 a hustota vzduchu 1,3 kg.m-3.

Výsledky:

1) 0,006 m3.s-1

2) a) 0,05 m3.s-1, b) 5 m.s-1

3) 20 m.s-2

4) a) 5 l/s, b) 1 m.s-1

5) a) 8 m.s-1, b) 1,25 m.s-1

6) 10 m.s-1, 40 kPa

7) a) 2 m.s-1, b) 4 m.s-1

8) 244 N