

Környezeti áramlások (Bevezető)

Bevezető

Környezeti áramlás: természetes közegeink (víz levegő) nagy anyagmennyiségeket érintő mozgása.
Eltérő léptékek: Nagy térbeli de viszonylag rövid időbeli skálák.

Környezeti áramlások jellemzői

Forgatott rendszer, a tehetetlenségi erők jelentős szerepe, jellegzetes örvénylő áramlások.
Sűrűség szerint rétegzett rendszer.
Sekélyfolyadék rendszer
Gömbi rendszer (ami a nagy térskálájú rendszereknél figyelembe veendő).
Gyakran fellépnek nemlineáris jelenségek, instabilitások alakulnak ki.

Folyadékok és gázok áramlása

Definíció: nyugvó folyadékban vagy gázban nyírófeszültség nem lép fel.

A folyadékok és a gázok is összenyomhatatlan közegnek tekinthetők (ha $h < 800\text{m}$ és $v < 100\text{m/s}$)

Áramlási tér jellemzése: $\rho(\mathbf{r}, t)$, $p(\mathbf{r}, t)$, $\mathbf{v}(\mathbf{r}, t)$

Sebességtér: vagy a „részecskék” mozgásának nyomon követése (Lagrange) vagy a rögzített térbeli pontokban a

sebesség nyomon követése (Euler):

$$\bar{\mathbf{a}} = \frac{d\bar{\mathbf{v}}}{dt} = \frac{\partial \bar{\mathbf{v}}}{\partial t} + v_x \frac{\partial \bar{\mathbf{v}}}{\partial x} + v_y \frac{\partial \bar{\mathbf{v}}}{\partial y} + v_z \frac{\partial \bar{\mathbf{v}}}{\partial z}$$

Stacionárius áramlás: időben állandó

Áramvonalak, áramlási cső

Áramvonalak, áramlási cső

Áramvonal: érintője az adott pontban megadja az áramlás irányát, egy adott, az áramlásra merőleges felületen áthaladó erővonalak sűrűsége arányos a vektor nagyságával.

Áramlási cső: egy kicsiny felületet határoló zárt görbe minden egyes pontjából áramvonalakat indítunk.

Kontinuitási egyenlet

$$A_1 v_1 \rho_1 = A_2 v_2 \rho_2$$

Összenyomhatatlan közegek esetén: $A_1 v_1 = A_2 v_2$

pl.: folyók szűk sziklás partok közé érve felgyorsulnak

Bernoulli-törvény

Összenyomhatatlan, súrlódásmentes (=ideális) közegekre, stacionárius áramlás esetén

Energia-megmaradás törvénye egy kis keresztmetszetű

áramlási csőre: $\Delta E = \Delta E_{kin} + \Delta E_{pot}$

Munkatétel: $\Delta E = W$

$$\Delta E_{kin} = \frac{1}{2} \rho v_2 \Delta t A_2 v_2^2 - \frac{1}{2} \rho v_1 \Delta t A_1 v_1^2$$

$$\Delta E_{pot} = \rho v_2 \Delta t A_2 g h_2 - \rho v_1 \Delta t A_1 g h_1$$

$$\Delta W = p_1 A_1 v_1 \Delta t - p_2 A_2 v_2 \Delta t$$

$$p + \frac{1}{2} \rho v^2 + \rho g h = \text{dll.}$$

Áramlásmérés: Venturi-cső, Pitot-cső

Források, nyelők

Az áramvonalak vagy zárt görbék vagy forrásokból indulnak és nyelőkben végződnek

Forráserősség: $Q = \Delta V / \Delta t$

Pontszerű forrás körüli áramlási tér: $v = \frac{Q}{4r^2\pi} \cdot \frac{r}{r}$

Pontszerű forrás körüli áramvonalak ~ pontszerű töltés körüli erővonalak

Örvényes áramlások

A folyadék vagy gáz egy része a haladó mozgás mellett forgó mozgást is végez $v = \omega \times r$

Örvénytér, örvényvonalak

Kármán-féle örvénysor

Súrlódásmentes folyadékban nem keletkeznek és nem szűnnek meg örvények

Newtoni folyadék

Viszkozitás: folyadékok, gázok belső súrlódása

Newton féle viszkozitási törvény:

$$\sigma = \frac{F}{A} = \eta \frac{dv}{dz}$$

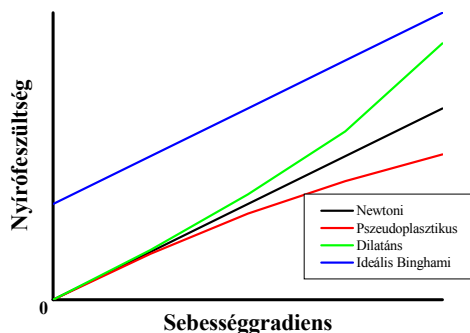
sebesség gradiens, vagy nyírási sebesség

η dinamikai viszkozitás [Pa×s]

Hidrogén: 10^{-5} Pa×s, víz: 10^{-3} Pa×s, glicerin 1.5 Pa×s

Kinematikai viszkozitás: η/ρ

Valós folyadékok



Különleges anyagok

Pseudoplasztikus: vér, nyomdafesték

Bingham: fogpaszta (puding)

Dilatáns: golyóálló mellény

Thixotropy (hiszterézis)

Viszkozitás paraméterei

Fizikai-kémiai állapot
Hőmérséklet (1 °C növekedésre akár 10% csökkenés)
Nyomás
Nyírási sebesség
Idő
Külső elektromos feszültség

Áramlás csőben

A fallal érintkező részecskék sebessége nulla
Parabolikus sebességprofil

Dimenzió-analízis

Dimenziómentes mennyiségek keresése
A független változók számának csökkentése

$$\frac{F}{\rho V^2 L^2} = c_d = f\left(\frac{\rho VL}{\eta}\right)$$

Pl. áramló viszkozus folyadékba vagy gázba merülő testre
ható erő függ: áramlási sebesség, folyadék sűrűsége, test
mérete, viszkozitás

Reynolds-szám

$$Re = \frac{\rho VL}{\eta}$$

Áramlási hasonlóság

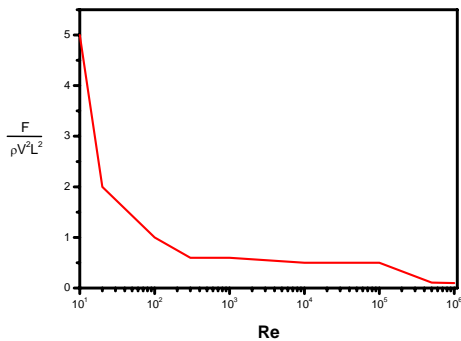
Re < 1000 (lamináris);

1000 < Re < 2000 átmeneti;

2000 < Re turbulens

A konkrét geometriától függ

Gömb alakú testekre



Közegellenállás

Re < 10 Stokes-féle ellenállási törvény
Re > 5000 Négyzetes ellenállási törvény
Re > 10⁶ Felületekre tapadó határreteg turbulenssé válása
Dinamikai felhajtóerő