

Základní převody

1 hod = 3600 s
1 den = 1440 min = 86 400 s
1 rok = 8760 hod = 31 536 000 s

1 MW = 3,6 GJ
1 GJ = 277,78 kW (1000/3,6)
1 kW = 1,343 hph (koňská síla)

1 m/s = 3,6 km/hod
10 km/hod = 2,778 m/s (10/3,6)

Základní jednotky

Síla F [N]; Newton = N = kg.m/s²

Práce W [J] = F.s; Joule = J = kg.m²/s²

Výkon P [W]; Watt = W = kg.m²/s³ = J/s

Tlak p [Pa]; Pascal = Pa = N/m² = kg/m.s²

Jednotky tlaku

1 bar = 100 kPa
1 atm (fyz.) = 101 325 Pa
1 atm (tech.) = 98 066,5 Pa
1 metr = 10 kPa (9,81 kPa)

Jednotky teploty

Celsiův stupeň [°C]
T [K] = t [°C] + 273,15

Fahrenheituův stupeň [deg F, °F]
t [°C] = 5/9 . (t [°F]-32)

ZÁKLADNÍ VZORCE

Hustota – hmotnost – objem

ρ [kg/m³] = m/V [kg / m³]

Přenos výkonu

Q [W] = M.c.dt
M – hmotnostní průtok [kg/hod];
c – měrná tepelná kapacita [W/kg.K];
dt = dT – rozdíl teplot [K];

Tlak

p [Pa] = F/A [N]/ [m²]; tlak = síla/plocha

HYDRAULIKA

Bernoulliova rovnice

$$p_1 + \frac{\rho \cdot w_1^2}{2} + \rho \cdot g \cdot y_1 = p_2 + \frac{\rho \cdot w_2^2}{2} + \rho \cdot g \cdot y_2 + \Delta p_{12}$$

p – statický tlak tekutiny [Pa];
 ρ – hustota tekutiny [kg/m³];
w – střední rychlost podle průtoku [m/s];
g – gravitační zrychlení = 9,81 [m/s²];
y – převýšení nad vztáznou vodor. rovinu [m];
 Δp – tlaková ztráta mezi body 1 a 2 [Pa];

Pozn. ($\rho \cdot w^2$)/2 – kinetický tlak; p – statický tlak, $\rho \cdot g \cdot y$ – polohový tlak.

Reynoldsovo číslo

Re [-] = ($w_s \cdot d$)/ ν [m/s]. [m]/[m²/s]
 w_s – střední rychlost proudění podle průtoku;
d – průměr kruhového průřezu potrubí;
 ν – kinematická viskozita tekutiny.

Hydraulický průměr

d (dh) [-] = (4.A)/o [-]. [m²]/[m]
d – průměr kruhového průřezu potrubí;
A – velikost průřezu proudu tekutiny;
o – smočený obvod

Tlaková ztráta třením

$$\Delta p_T = \lambda \cdot \frac{L}{d} \cdot \frac{\rho \cdot w^2}{2}$$

λ – součinitel třecích ztrát [-];
L – délka potrubí [m];
d – průměr potrubí [m];
 ρ – hustota tekutiny [kg/m³];
w – střední průtoková rychlost [m/s];

Tlaková ztráta vřazenými odpory

$$\Delta p_O = \zeta \cdot \frac{\rho \cdot w^2}{2}$$

ζ – součinitel místní ztráty [-];
 ρ – hustota tekutiny [kg/m³];
w – střední průtoková rychlost [m/s];

Relativní drsnost

ε [-] = k/d [m]/[m]
 ε - relativní drsnost;
k – ekvivalentní drsnost;
d – průměr potrubí;
Pro Re < 2320: $\lambda_{LAM} = 64/Re$ (laminární pr.)
Pro 2320 < Re < 4000 (přechodová oblast):

$$\lambda = \lambda_{2320} + \frac{\lambda_{4000} - \lambda_{2320}}{4000 - 2320} (Re - 2320)$$

Pro Re < 4000 (turbulentní proudění):

$$\frac{1}{\sqrt{\lambda}} = -2 \log \left(\frac{2,51}{Re \cdot \sqrt{\lambda}} + \frac{k}{3,72 \cdot d} \right)$$

VZORCE VYTÁPĚNÍ

Vzorce s k_V

k_V – objemový tok v m³/hod při tlakové ztrátě 1 bar (100 kPa);

k_{VS} – k_V zcela otevřeného ventilu;

$$k_V = \frac{V}{\sqrt{\Delta p}}; \Delta p = \left(\frac{V}{k_V} \right)^2; V = k_V \cdot \sqrt{\Delta p}$$

k_V – jmenovitý průtok [m³/hod];
V – objemový průtok [m³/hod];
 Δp – tlaková ztráta armatury [bar];

k_V paralelně

$$k_{V,PAR} = \sum k_{Vi}; k_V = k_{V1} + k_{V2} + \dots$$

k_V sériově

$$k_{V,SER} = \frac{1}{\sqrt{\sum \frac{1}{k_{Vi}^2}}}; k_{V,SER}(n=2) = \frac{k_{V1} \cdot k_{V2}}{\sqrt{k_{V1}^2 + k_{V2}^2}}$$

Střední logaritmická teplota otopného tělesa

$$\Delta t = \frac{t_p - t_z}{\ln \left(\frac{t_1 - t_1}{t_2 - t_1} \right)}$$

t_p – teplota přívodu;
 t_z – teplota zpátečky;
 t_1 – teplota interiéru;
Teploty vždy ve °C.

Výkon otopného tělesa

$$Q_2 = Q_1 \cdot \left(\frac{\Delta t_2}{\Delta t_1} \right)^n$$

1 – stav před;
2 – stav po;
n – koeficient otopného tělesa;

n = 1,10 (podlahové vytápění)
n = 1,20-1,30 (trubková OT)
n = 1,26-1,33 (článeková a desková OT)
n = 1,30-1,50 (konvektory)
n = 1,30 (dle DIN 4703)

Oběhová čerpadla

$$P = \frac{\rho \cdot g \cdot H \cdot V}{\eta} = \frac{\Delta p \cdot V}{\eta}$$

P – jmenovitý výkon oběhového čerpadla [W]
 ρ – hustota dopravované látky [kg/m³];
g – tíhové zrychlení [m/s²];
H – dopravní výška čerpadla [m] 1m = 10kPa;
V – dopravní množství OČ = průtok [m³/s];
 Δp – dopravní tlak oběhového čerpadla [Pa];
 η – účinnost oběhového čerpadla

Přepočtové vztahy oběhových čerpadel

$$\frac{V_1}{V_2} = \frac{n_1}{n_2}; \frac{\Delta p_1}{\Delta p_2} = \frac{Y_1}{Y_2} = \frac{H_1}{H_2} = \left(\frac{n_1}{n_2} \right)^2; \frac{P_1}{P_2} = \left(\frac{n_1}{n_2} \right)^3$$

n – otáčky OČ; V – dopravní množství;
 Δp – dopravní tlak; Y – měrná energie OČ;
H – dopravní výška OČ; P – výkon OČ;

Doplňující vztahy k oběhovým čerpadlům

Y [J/kg] = H . g [m]. [m/s²];
P [Pa] = $\rho \cdot g \cdot H$ [kg/m³]. [m/s²]. [m] = $\rho \cdot Y$

Směšovací rovnice

$$t_{AB} = \frac{t_A \cdot M_A + t_B \cdot M_B}{M_A + M_B}$$

t – teplota [°C; K];
M – hmotnost resp. průtok [m³/hod];

Rychlost proudění v potrubí

$$w = \frac{M}{\rho \cdot r^2}$$

w – rychlost proudění [m/s];
M – hmotnostní průtok [kg/s];
 ρ – hustota [kg/m³];
r – vnitřní poloměr potrubí [m];

VLASTNOSTI VODY

Teplotu t zadávat ve °C

Měrný objem (pro 10~200°C)

V [l/kg] = 0,9979 + 0,000099.t + 0,000003444.t²
V₁₀=0,999; V₂₀=1,001; V₅₀=1,011; V₁₀₀=1,042

Měrná hmotnost (pro 10~200°C)

ρ [kg/m³] = 1006 - 0,26.t - 0,0022.t²
 ρ_{10} =1003; ρ_{20} =1000; ρ_{50} =988; ρ_{100} =958

Měrná tepelná kapacita (pro 0~200°C)

c [J/(kg.K)] = (4210 - 1,363.t + 0,014.t²)
c₁₀=4198; c₂₀=4188; c₅₀=4177; c₁₀₀=4214

Kinematická viskozita v [m²/s]

= 10⁻⁶.e (exp(0,498 - 0,0236.t)) (pro 10~40°C)
= 19,8 . 10⁻⁶. t (exp(-0,915)) (pro 40~200°C)

PROSTUP TEPLA

Prostup rovinnou stěnou

Q = S.U. Δt
Q – celková tepelná ztráta (prostup) [W];
S – teplosměnná plocha [m²];
U – součinitel prostupu tepla [W/(m².K)];
 Δt - rozdíl teplot [K];

Součinitel prostupu tepla

U = λ / s
U - součinitel prostupu tepla [W/(m².K)];
 λ - součinitel tepelné vodivosti [W/(m.K)];
s - tloušťka vrstvy [m];