

## Príklad

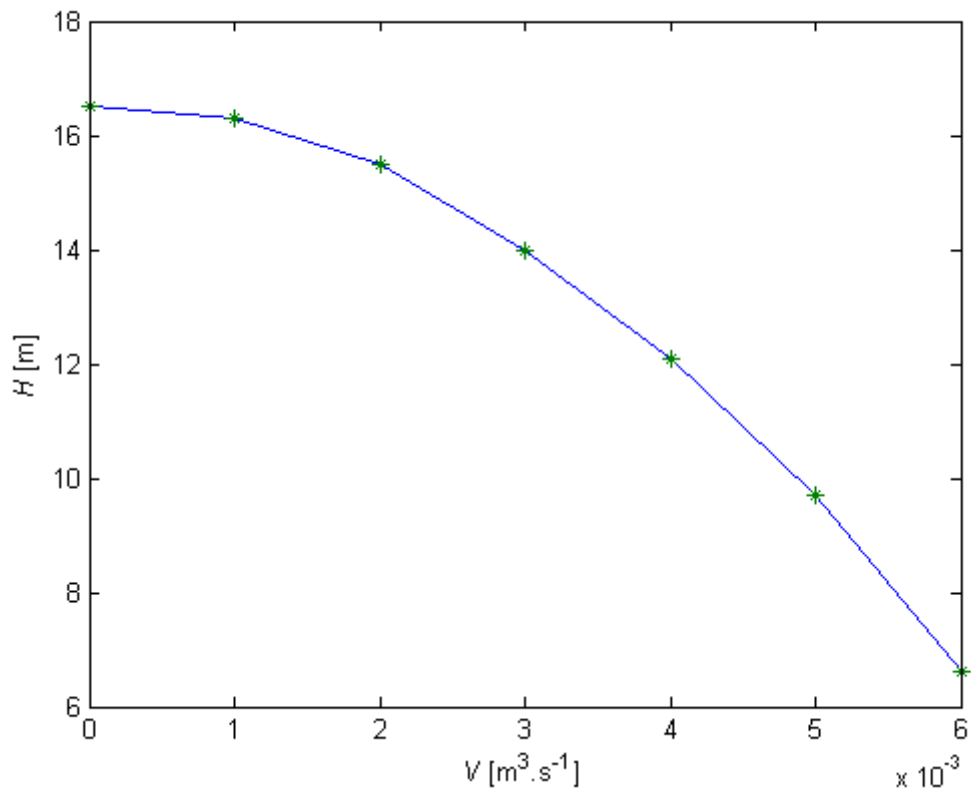
Pomocný zásobník s objemom  $9 \text{ m}^3$  sa po vyprázdnení zaplňa vodou s teplotou  $20 \text{ }^\circ\text{C}$  pomocou odstredivého čerpadla. Celková dopravná geodetická výška je  $5 \text{ m}$ . Dĺžka hydraulicky hladkého potrubia vrátane všetkých ekvivalentných dĺžok je  $15 \text{ m}$ , priemer potrubia je  $40 \text{ mm}$ . Vypočítajte za aký čas sa zásobník zaplní.

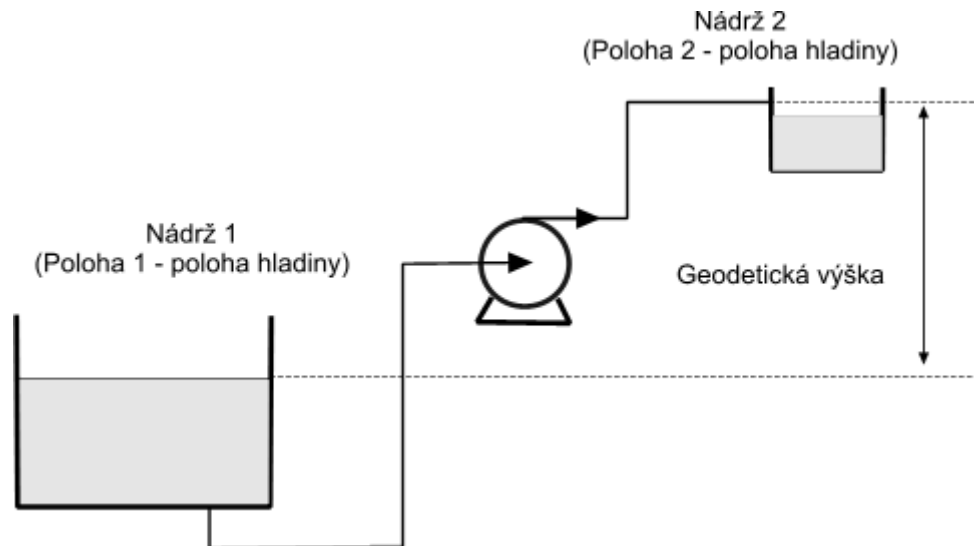
Charakteristika používaného čerpadla je :

$V [\text{l}\cdot\text{s}^{-1}]$	0	1	2	3	4	5	6
$H [\text{m}]$	16.5	16.3	15.5	14.0	12.1	9.70	6.60

## Teoretický úvod

*Charakteristika používaného čerpadla*





Pomery v potrubí môžu byť vyjadrené Bernoulliho rovnicou. Výsledný objemový prietok v potrubí musí spĺňať nielen podmienky uvedené Bernoulliho rovnicou, ale aj "možnosti" čerpadla, ktoré popisuje charakteristika čerpadla (pracovná výška čerpadla). Upravená Bernoulliho rovnica opisujúca stratovú výšku potrubia ("energiu", ktorá je potrebná na transport danej látky v danom potrubí pri aktuálnom objemovom prietoku) môže mať tvar :

$$H_w = \frac{(-\varepsilon_w)}{g} = \frac{P_2 - P_1}{\rho g} + (z_2 - z_1) + \lambda \frac{8 \sum_i (L + L_{ekv,i}) \dot{V}^2}{\pi^2 d^5 g} + \frac{w_2^2 - w_1^2}{2\alpha g}$$

Zo zadania úlohy vyplýva, že  $P_2 - P_1 = 0$  (sú to otvorené nádrže - atmosferický tlak) a  $w_2^2 - w_1^2 = 0$  (zanedbateľný pohyb hladín), teda rovnica na výpočet stratovej výšky má konečný tvar :

$$H_w = \frac{(-\varepsilon_w)}{g} = (z_2 - z_1) + \lambda \frac{8 \sum_i (L + L_{ekv,i}) \dot{V}^2}{\pi^2 d^5 g}$$

Jedinou neznámou veličinou pre výpočet stratovej výšky je súčiniteľ trenia, a ten je funkciou Reynoldsoveho čísla :

$\lambda = \frac{64}{Re}$	$Re < 2000$
$\lambda = \frac{0.3164}{Re^{0.25}}$	$2000 \leq Re < 100000$
$\lambda = 0.0032 + \frac{0.221}{Re^{0.287}}$	$Re \geq 100000$

Princípom riešenia je nájsť taký objemový prietok, pre ktorý je stratová aj pracovná výška rovnaká. Úloha sa dá riešiť graficky (odčítaním priesečníku charakteristík čerpadla a potrubia) a numericky (riešením nelineárnej rovnice o jednej neznámej).

## Grafické riešenie

```
clear all
close all
clc
%zadanie globalnych premennych
global a Lekv GV dp vis ro

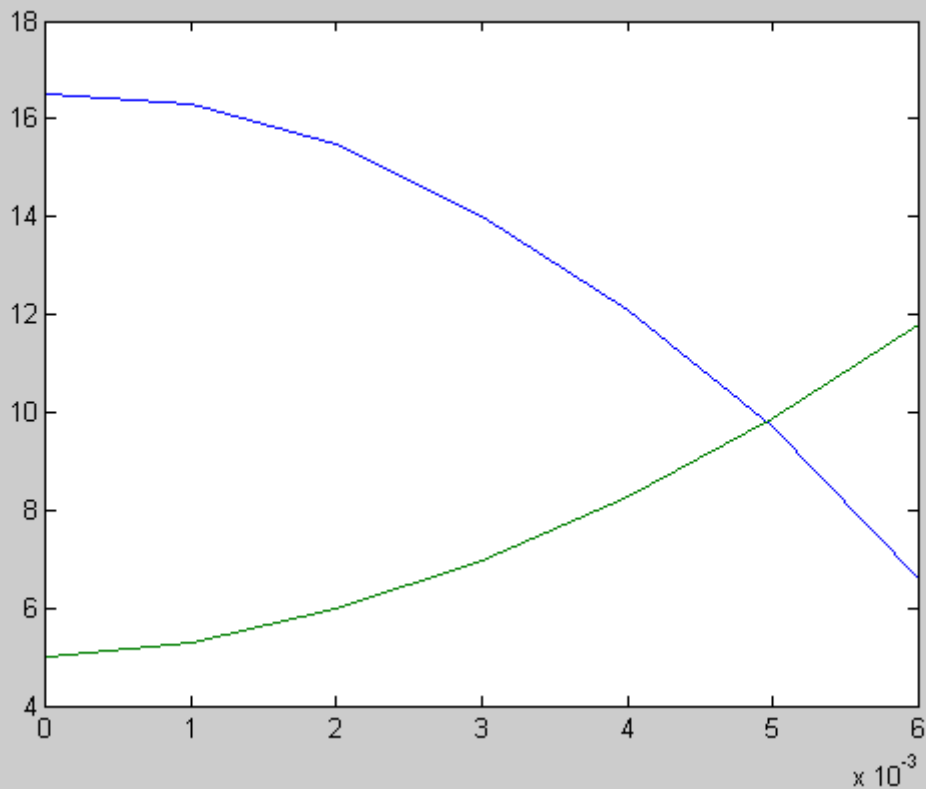
%zadanie vstupnych udajov

%charakteristika cerpadla
%objemovy prietok
V=[0 1e-3 2e-3 3e-3 4e-3 5e-3 6e-3];
%pracovna vyska
H=[16.5 16.3 15.5 14 12.1 9.7 6.6];
%suma dlzky potrubia a ekvivalentnych dlzok
Lekv=15;
%geodeticka vyska
GV=5;
%priemer potrubia
dp=0.04;
%vlastnosti vody pri 20 stupnoch celzia

%viskozita
vis=1.005e-3;
%hustota
ro=998.2;
%fitovanie pracovnej vysky pouzitim polynomu druheho stupna
%!!!polyfit(x,y,N);x=nezavisla premenna;y=zavisla premenna;N=stupen
%polynomu
a=polyfit(V,H,2);
HH=a(1).*V.^2+a(2).*V+a(3);
%vypocet Re
w=4.*V/pi/dp^2;
Re=dp.*w*ro/vis;
%vypocet sucinitela trenia
for i=1:length(Re)
if Re(i)==0
lam(i)=0;
elseif Re(i)<2000
lam(i)=64/Re(i);
elseif Re(i)<1e5 && Re(i)>=2000
lam(i)=0.3164/Re(i)^0.25;
else
lam(i)=0.0032+0.221/Re(i)^0.237;
end
end

%vypocet stratovej vysky
Hw=GV+lam*8*Lekv.*V.^2/pi^2/dp^5/9.81;
%vypocet nelinearnej rovnice

%graf
plot(V,H,V,Hw)
```



Odčítaný objemový prietok :

$$V = 4.9536 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$$

Vypočítaný čas potrebný na zaplnenie Nádrže 2 :

$$t = 9 / (4.9536 \cdot 10^{-3}) / 60 = 30.28 \text{ min}$$

### Numerické riešenie

```

clear all
close all
clc
%zadanie globalnych premennych
global a Lekv GV dp vis ro

%zadanie vstupnych udajov

%charakteristika cerpadla
%objemovy prietok
V=[0 1e-3 2e-3 3e-3 4e-3 5e-3 6e-3];
%pracovna vyska
H=[16.5 16.3 15.5 14 12.1 9.7 6.6];
%suma dlzky potrubia a ekvivalentnych dlzok
Lekv=15;

```

```
%geodeticka vyska
GV=5;
%priemer potrubia
dp=0.04;

%vlastnosti vody pri 20 stupnoch celzia

%viskozita
vis=1.005e-3;
%hustota
ro=998.2;

%fitovanie pracovnej vysky pouzitim polynomu druheho stupna
%!!!polyfit(x,y,N);x=nezavisla premenna;y=zavisla premenna;N=stupen
%polynomu
a=polyfit(V,H,2);
%vypocet neli
```