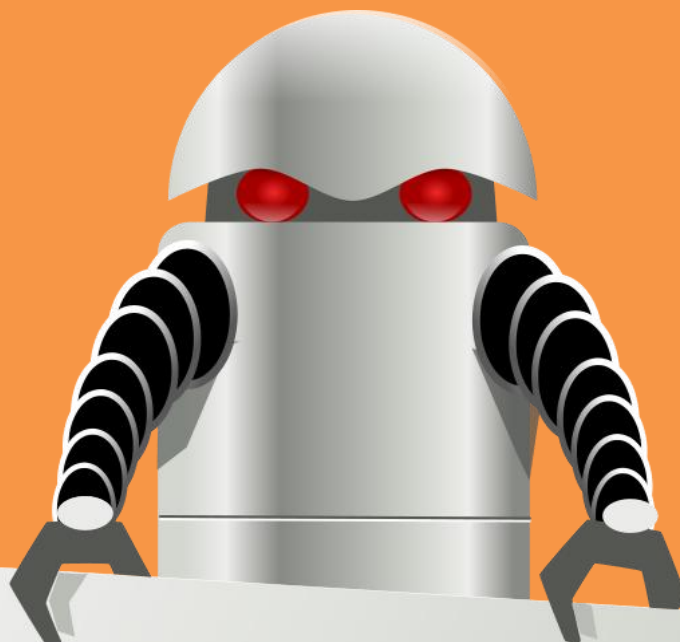


STŘEDNÍ PRŮMYSLOVÁ ŠKOLA STROJNICKÁ A STŘEDNÍ ODBORNÁ ŠKOLA
PROFESORA ŠVEJCARA, PLZEŇ, KLATOVSKÁ 109



Josef Gruber
MECHANIKA V
HYDROMECHANIKA –
PRACOVNÍ SEŠIT

Vytvořeno v rámci Operačního programu Vzdělávání pro konkurenceschopnost
CZ.1.07/1.1.30/01.0038 Automatizace výrobních procesů ve strojírenství
a řemeslech



INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ



Dílo podléhá licenci Creative Commons Uveďte autora-Nevyužívejte dílo komerčně-Zachovejte licenci 3.0 Česko.

1. PRACOVNÍ LIST – HYDROMECHANIKA

TLAK V KAPALINĚ 1

Dáno: Otevřená nádoba je naplněna vodou.

Úkol: Vypočítejte absolutní tlak v hloubce 4 m, jestliže barometr ukazuje atmosférický tlak 760 mm rtuťového sloupce. Hustota rtuti je $13\,600\text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$.

Vyjádření atmosférického tlaku v Pa:

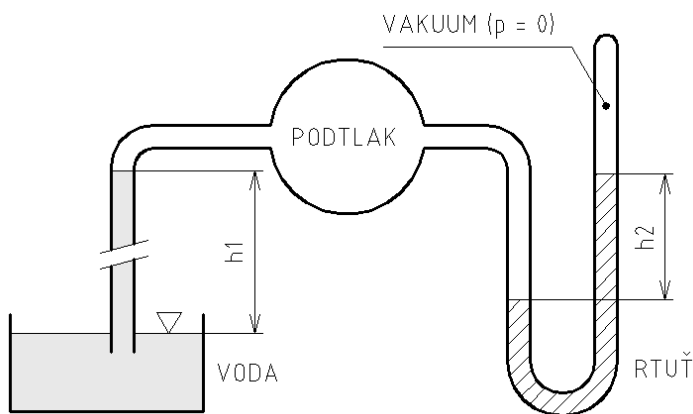
Výpočet absolutního tlaku:

Dáno: Vodní sloupec vyvodí hydrostatický tlak 0,981 bar.

Úkol: Vypočítejte výšku vodního sloupce h .

Dáno: V uzavřené nádobě je podtlak $p_{va} = 63\text{ kPa}$. Atmosférický tlak je $p_a = 0,102\text{ MPa}$.

Úkol: Vypočítejte, do jaké výšky h_1 vystoupí voda v levé trubici a do jaké výšky h_2 vystoupí rtuť v uzavřené pravé trubici.



Rovnováha v levé trubici:

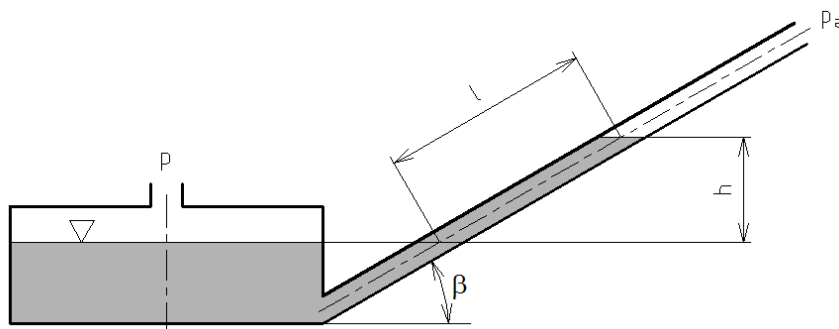
Rovnováha v pravé trubici:

2. PRACOVNÍ LIST – HYDROMECHANIKA

TLAK V KAPALINĚ 2

Dáno: Tlakoměr s potlačenou hladinou (mikromanometr) má jako měřicí kapalinu líh ($\rho = 780 \text{ kg.m}^{-3}$). Atmosférický tlak byl naměřen 0,101 MPa. Délka $l = 10 \text{ mm}$, úhel šikmé trubice je $\beta = 30^\circ$.

Úkol: Vypočítejte rozdíl tlaků (přetlak) naměřený mikromanometrem.



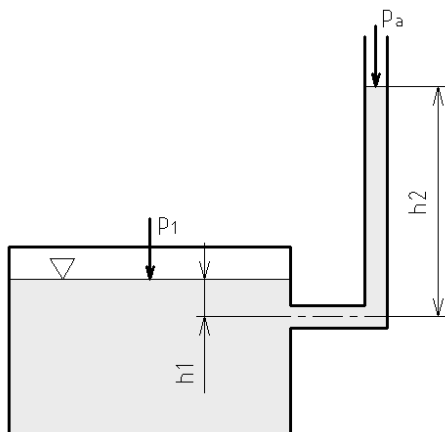
Výpočet h :

Rovnováha u srovnávací hladiny:

Přetlak Δp_p :

Dáno: V uzavřené nádobě působí na hladinu vody tlak $p_1 = 0,119 \text{ MPa}$. V hloubce $h_1 = 156 \text{ cm}$ pod hladinou je k nádobě připojena tlakoměrná trubice. Atmosférický tlak je 0,99 bar.

Úkol: Vypočítejte, do jaké výšky h_2 vystoupí voda v tlakoměrné trubici.



Rovnováha u srovnávací hladiny:

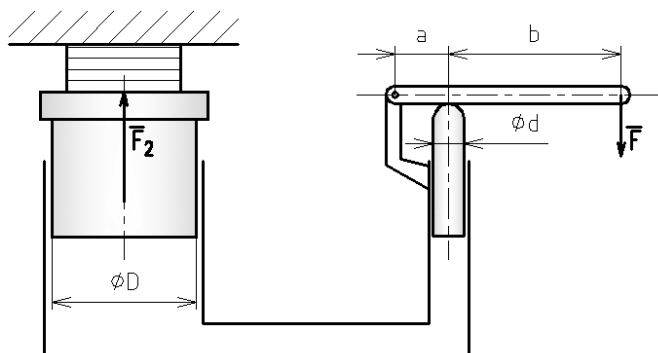
Výška h_2 :

3. PRACOVNÍ LIST – HYDROMECHANIKA

TLAKOVÁ SÍLA 1

Dáno: U hydraulického lisu se tlak vyvozuje ručním čerpadlem. Síla na páce je $F = 160 \text{ N}$, rozměry $D = 300 \text{ mm}$, $d = 20 \text{ mm}$, $a = 100 \text{ mm}$, $b = 900 \text{ mm}$.

Úkol: Vypočítejte měrný tlak vyvozený čerpadlem, lisovací sílu na velkém pístu F_2 a poměr zdvihů pístů.



Síla na malý píst:

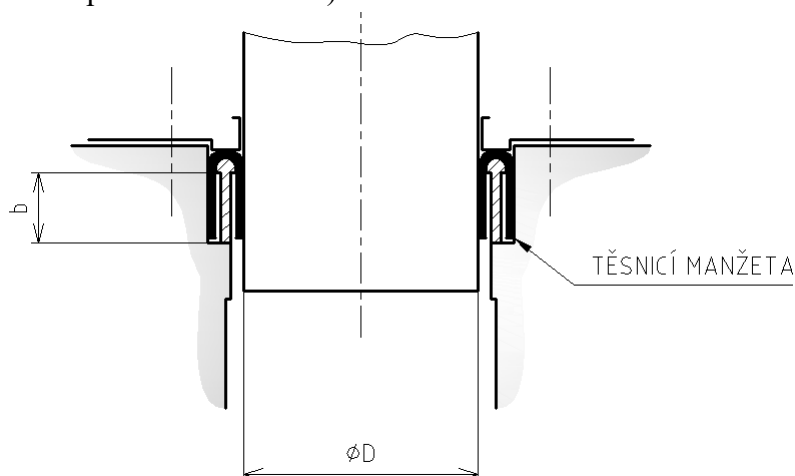
Hydraulický převodový poměr:

Lisovací síla:

Poměr zdvihů (vztah mezi objemy kapaliny):

Dáno: Píst hydraulického lisu je zatížen silou $F = 82\,000 \text{ N}$. Průměr pístu je $D = 180 \text{ mm}$. Šířka těsnicí manžety je $b = 12 \text{ mm}$, součinitel tření mezi pístem a manžetou je $f = 0,15$.

Úkol: Vypočítejte měrný tlak v kapalině bez uvažování tření a s uvažováním tření (třecí síly mezi pístem a manžetou).



Výpočet tlaku bez uvažování tření:

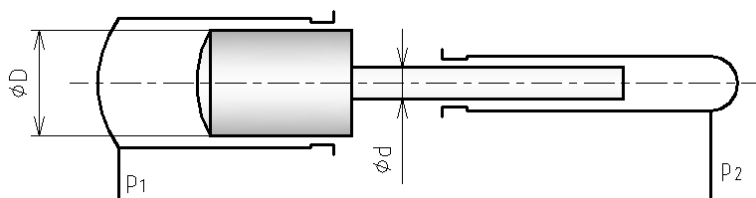
Výpočet se třením. Plocha těsnicí manžety je dána součinem obvodu pístu a šířky manžety:

4. PRACOVNÍ LIST – HYDROMECHANIKA

TLAKOVÁ SÍLA 2

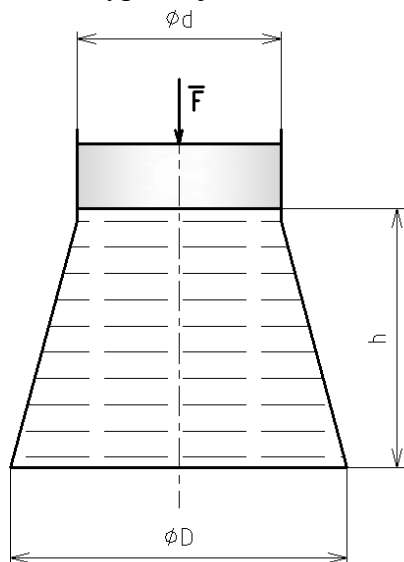
Dáno: Hydraulický multiplikátor je prvek pro násobení tlaku. Jsou dány průměry pístů $D = 50 \text{ cm}$, $d = 10 \text{ cm}$, na velký píst působí tlak $p_1 = 0,5 \text{ MPa}$.

Úkol: Vypočítejte tlak p_2 , který vznikne na malém pístu.



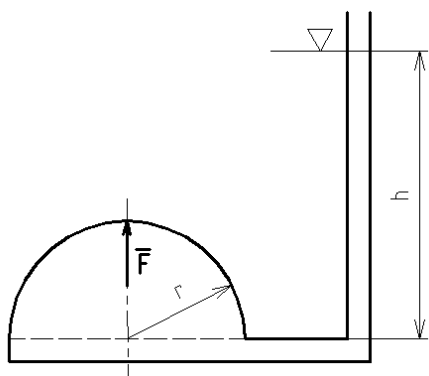
Dáno: Nádobu je naplněna vodou do výšky $h = 1\,350 \text{ mm}$. Dno nádoby má průměr $D = 920 \text{ mm}$. Na píst o průměru $d = 480 \text{ mm}$ působí síla $F = 5\,000 \text{ N}$.

Úkol: Vypočítejte tlakovou sílu na dno nádoby.



Dáno: Nádobu s víkem polokulového tvaru je naplněna vodou. Výška kapaliny $h = 2 \text{ m}$, poloměr $r = 0,7 \text{ m}$.

Úkol: Vypočítejte tlakovou sílu na víko nádoby. Dobře promyslete hydrostatické paradoxon.

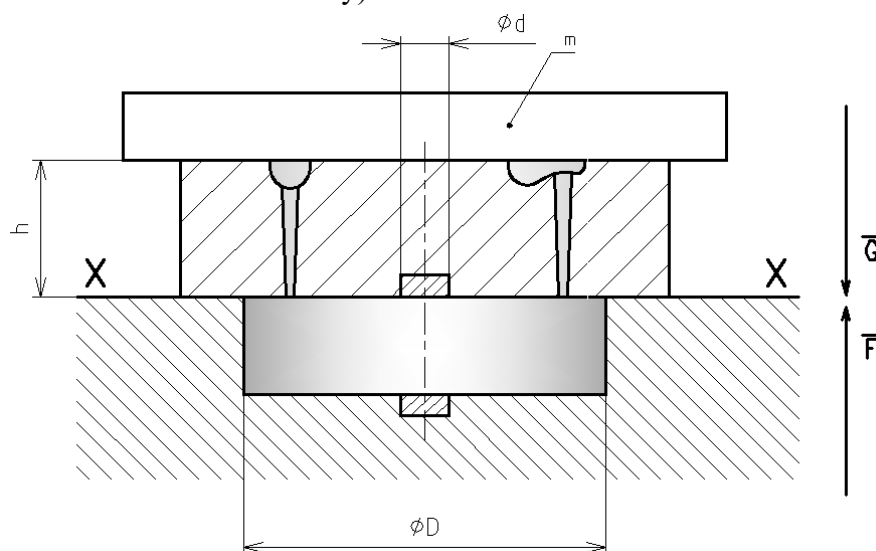


5. PRACOVNÍ LIST – HYDROMECHANIKA

TLAKOVÁ SÍLA 3

Dáno: Do pískové formy se má odlít kotoučový píst o průměru $D = 600$ mm. Průměr jádra je $d = 70$ mm. Hustota litiny je $\rho = 7\,200 \text{ kg.m}^{-3}$. Výška svršku formy je $h = 200$ mm.

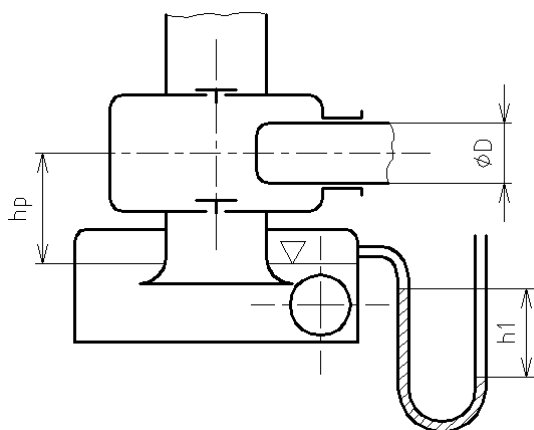
Úkol: Vypočítejte hmotnost závaží zatěžujícího formu při odlévání (tekutý kov působí tlakovou silou na svršek formy).



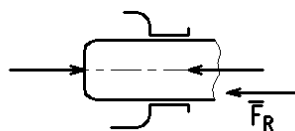
Závaží musí vyrovnat účinek tlakové síly působící na svršek formy:

Dáno: Vakuometr připojený na sací vzdušník pístového čerpadla ukazuje podtlak 530 mm rtuťového sloupce (h_1). Barometr ukazuje tlak 754 mm Hg. Výška sloupce vody mezi pístem a hladinou ve vzdušniku je $h_p = 700$ mm. Průměr pístu $D = 250$ mm.

Úkol: Vypočítejte absolutní tlak ve vzdušniku a sací sílu, která působí na píst čerpadla (žene jej do čerpadla).



Absolutní tlak v ose pístu je roven tlaku ve vzdušniku zmenšenému o tlak vodního sloupce o výšce h_p . Vně čerpadla působí na píst atmosférický tlak.

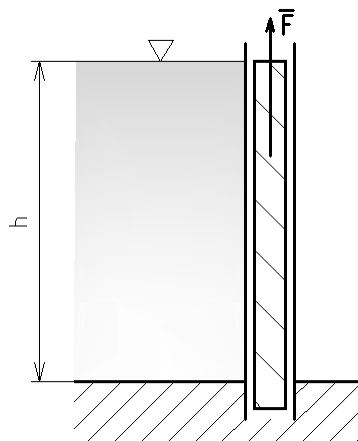


6. PRACOVNÍ LIST – HYDROMECHANIKA

TLAKOVÁ SÍLA 4

Dáno: Svislé obdélníkové stavidlo o tíze $G = 2\,500\text{ N}$ zadržuje vodu do výšky $h = 1,5\text{ m}$. Šířka stavidla je $b = 3\text{ m}$. Součinitel tření ve vedení stavidla je $f = 0,3$.

Úkol: Vypočítejte sílu F potřebnou na vytažení stavidla.

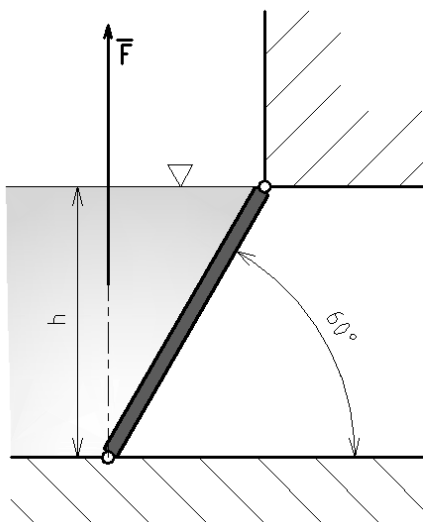


Třecí síla:

Celková síla na vytažení:

Dáno: Segmentová deska o šířce $b = 880\text{ mm}$ se má zvednou pomocí řetězu. Hladina dosahuje výšky $h = 1\,600\text{ mm}$.

Úkol: Vypočítejte sílu F potřebnou k nadzvednutí desky.



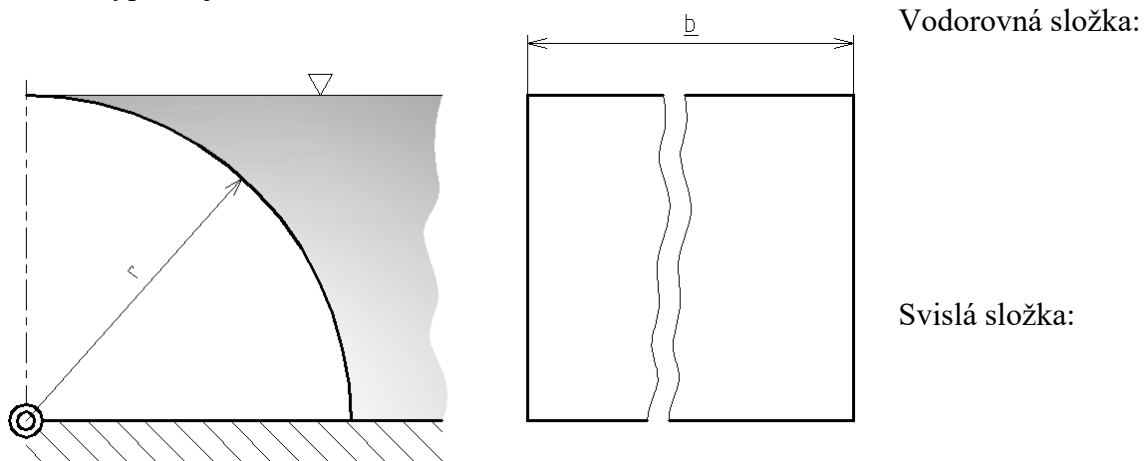
Rovnováha momentů síly F a tlakové síly na desku:

7. PRACOVNÍ LIST – HYDROMECHANIKA

TLAKOVÁ SÍLA 5

Dáno: Segmentový uzávěr jezu vodní elektrárny o šířce $b = 2\,000$ mm a poloměru $r = 800$ mm.

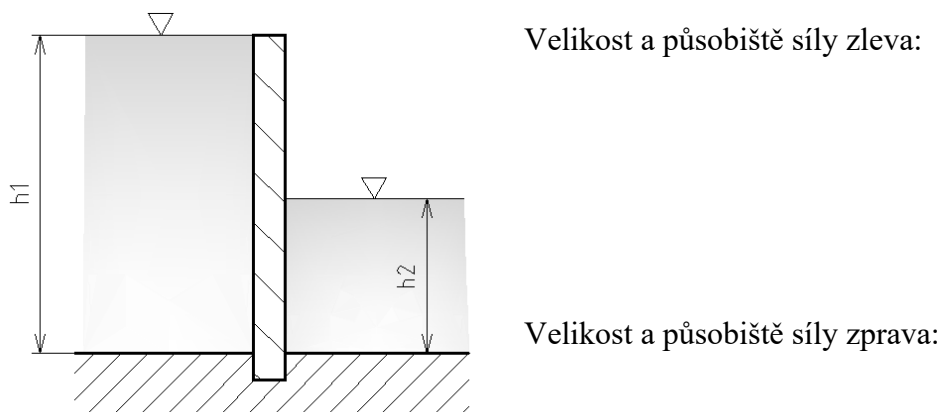
Úkol: Vypočítejte tlakovou sílu na uzávěr.



Výsledná síla:

Dáno: V zavodňovacím kanále se zadržuje voda stavidlem šířky $b = 2$ m. Před stavidlem voda dosahuje do výše $h_1 = 2,4$ m, za ním do výše $h_2 = 1$ m.

Úkol: Pro pevnostní výpočet stavidla vypočítejte velikost a působišť výsledné tlakové síly.



Momentová věta pro výslednou sílu:

8. PRACOVNÍ LIST – HYDROMECHANIKA

VZTLAKOVÁ SÍLA 1

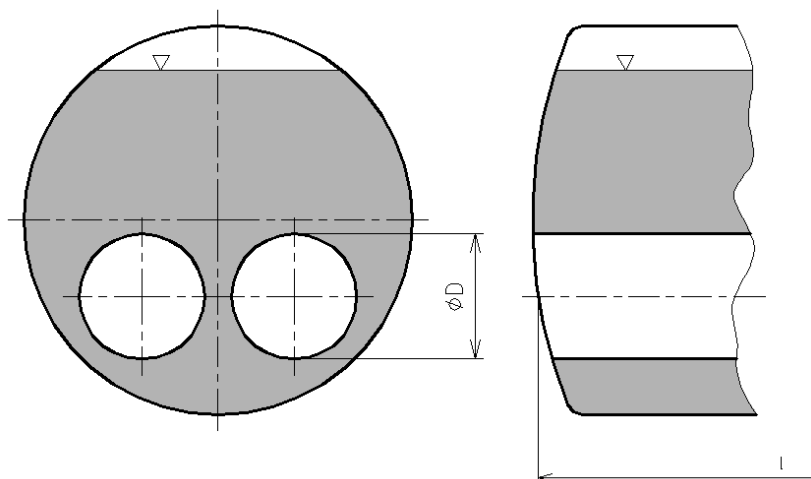
Dáno: Oběžné kolo Kaplanovy vodní turbíny ve velké vodní elektrárně má hmotnost $m = 115$ t. Průměrná hustota materiálu je $\rho = 7\,800\text{ kg.m}^{-3}$.

Úkol: Vypočítejte vztlakovou sílu působící na oběžné kolo.



Dáno: Plamenec plamencového kotle má vnější průměr $D = 900$ mm a tloušťku stěny $t = 12$ mm. Jeho délka je $l = 9,5$ m. Vně je obklopen vodou, uvnitř je topeniště. Hustota oceli plamence je $\rho = 7\,850\text{ kg.m}^{-3}$.

Úkol: Vypočítejte výslednou sílu F působící na plamenec.



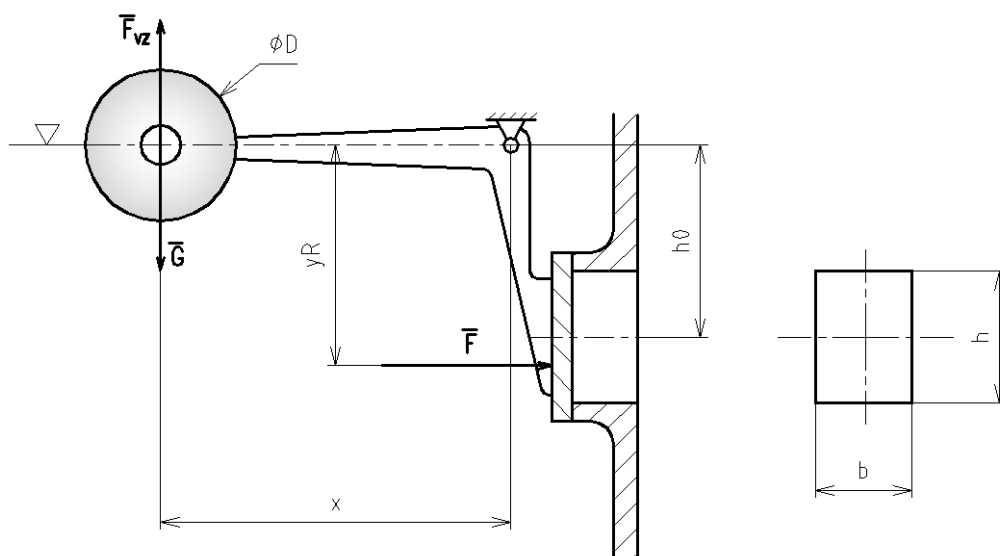
Výsledná síla je dána rozdílem vztlaku a vlastní tíhy plamence:

9. PRACOVNÍ LIST – HYDROMECHANIKA

VZTLAKOVÁ SÍLA 2

Dáno: Zásobník vody má obdélníkový otvor o rozměrech $b \times h = 300 \times 400$ mm. Otvor je uzavřen klapkou na úhlové páce s plovákem, jehož hmotnost je 25,1 kg. Klapka se má otevřít tehdy, když hladina vody dostoupí osy plováku. Hloubka $h_0 = 250$ mm.

Úkol: Vypočítejte vztlak plováku, který má tvar válce o průměru $D = 390$ mm a výšce $H = 600$ mm, velikost a působíště tlakové síly na klapku a délku ramene x .



Vztlaková síla na plovák (Archimédův zákon):

Velikost tlakové síly na klapku:

Působíště tlakové síly:

$$y_R = y_T + \frac{J_{xT}}{S \cdot y_T}$$

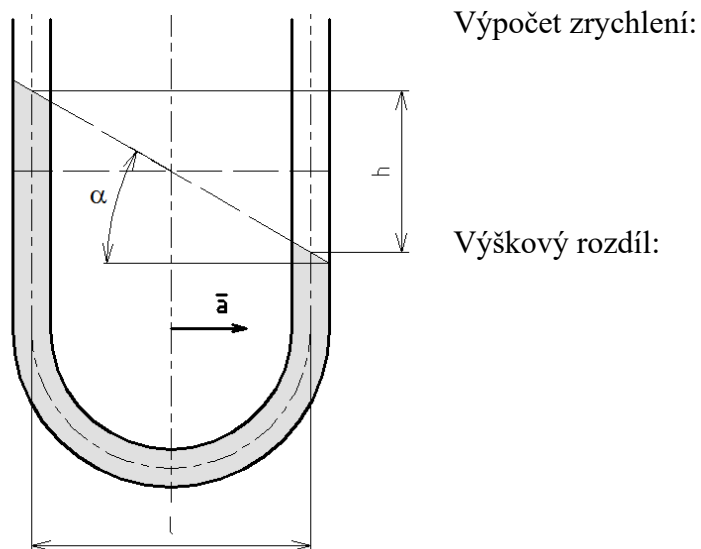
Rameno x (momentová věta):

10. PRACOVNÍ LIST – HYDROMECHANIKA

RELATIVNÍ ROVNOVÁHA KAPALINY V POHYBUJÍCÍ SE NÁDOBĚ 1

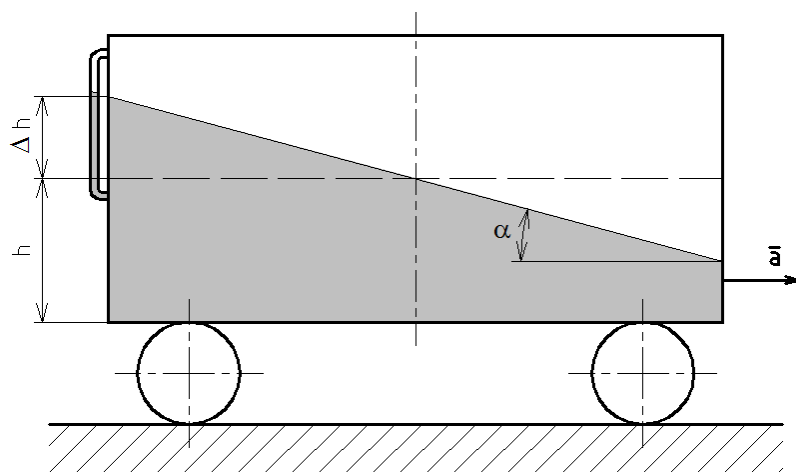
Dáno: Skleněnou U – trubicí se měří zrychlení automobilu. Trubice má svislá ramena o vzdálenosti $l = 100 \text{ mm}$. Automobil jel rychlostí 30 km.h^{-1} a za 30 s dosáhl rychlosti 80 km.h^{-1} .

Úkol: Vypočítejte zrychlení a výškový rozdíl v ramenech akcelerometru.



Dáno: Cisterna s kapalinou má délku $l = 2,5 \text{ m}$, výška hladiny kapaliny v klidu je $h = 1 \text{ m}$, zrychlení cisternového vozu je $a = 1,5 \text{ m.s}^{-2}$.

Úkol: Vypočítejte úhel sklonu hladiny a převýšení hladiny ve vodoznaku.



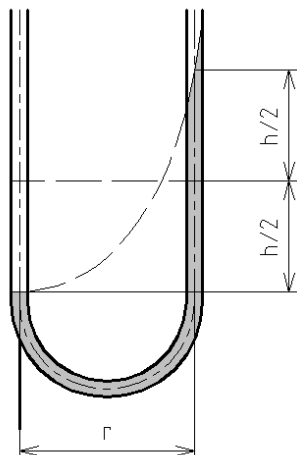
11. PRACOVNÍ LIST – HYDROMECHANIKA

RELATIVNÍ ROVNOVÁHA KAPALINY V POHYBUJÍCÍ SE NÁDOBĚ 2

Dáno: Trubice tvaru U se otáčí kolem svislé osy jednoho ramene a je naplněna vodou. Vzdálenost obou ramen je $r = 160 \text{ mm}$.

Úkol: Vypočítejte výškový rozdíl hladin, jsou-li otáčky trubice $n = 150 \text{ min}^{-1}$.

Úhlová a obvodová rychlost:

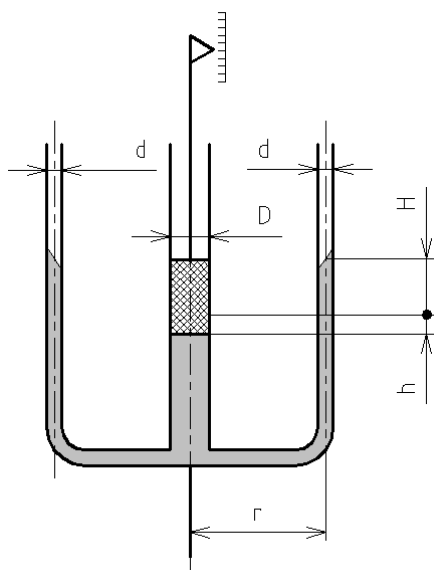


Rychlostní výška:

Dáno: Píst v prostřední trubici kapalinového otáčkoměru poklesne o $h = 60 \text{ mm}$ vzhledem ke klidové hladině. Průměry trubic jsou v poměru $D/d = 2$, poloměr $r = 100 \text{ mm}$.

Úkol: Vypočítejte naměřené otáčky. Vyjděte z rovnosti objemů kapaliny, které se přemístily v trubicích.

Rychlostní výška:



Rovnost objemů, výpočet poměru H/h :

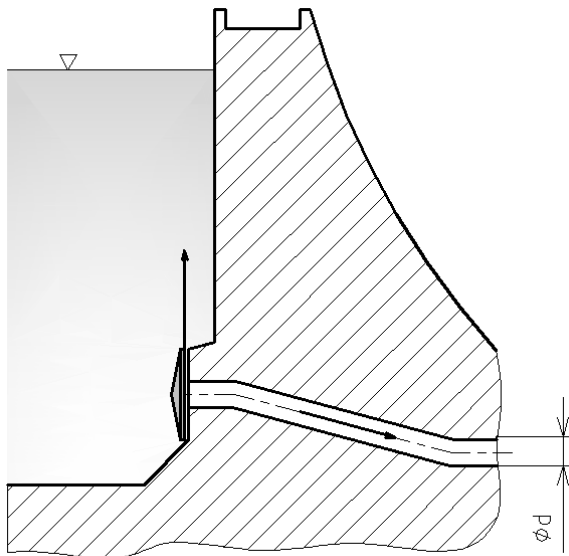
Rychlostní výška, obvodová rychlost a otáčky:

12. PRACOVNÍ LIST – HYDROMECHANIKA

PROUDĚNÍ IDEÁLNÍ KAPALINY 1

Dáno: Přívaděč vody k turbíně má průměr $d = 4$ m. Rychlost vody je $w = 10 \text{ m.s}^{-1}$.

Úkol: Vypočítejte hmotnostní průtok za 1 hodinu.



Dáno: Vstřikovací čerpadlo vznětového motoru má výkon $P = 1\,400 \text{ W}$ a dodává naftu o hustotě $\rho = 850 \text{ kg.m}^{-3}$. Průřezová rychlost v potrubí je $w = 1,2 \text{ m.s}^{-1}$, měrná spotřeba nafty je $m_g = 175 \text{ kg.kW}^{-1}.\text{h}^{-1}$.

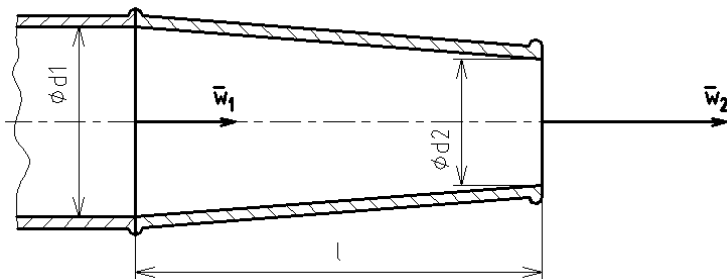
Úkol: Vypočítejte průměr potrubí pro přívod nafty.

Hmotnostní průtok:

Rychlost:

Dáno: Proudnic se kuželovitě zužuje z průměru $d_1 = 52 \text{ mm}$ na průměr $d_2 = 20 \text{ mm}$ v délce $l = 400 \text{ mm}$. Po připojení hadice proudnicí vyteče $V = 5 \text{ m}^3$ vody za čas $t = 8 \text{ min}$.

Úkol: Vypočítejte objemový průtok Q_V , vstupní a výstupní rychlost w_1 , w_2 a rozdíl tlaků (přetlak) Δp v proudnici.



Objemový průtok:

Rychlosti (rovnice kontinuity):

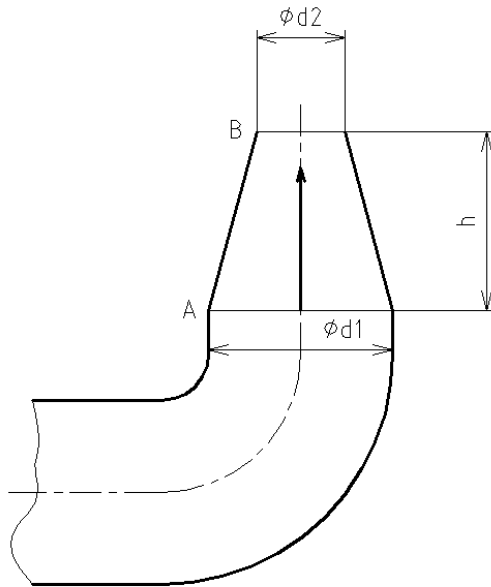
Bernoulliho rovnice, určení tlakového rozdílu:

13. PRACOVNÍ LIST – HYDROMECHANIKA

PROUDĚNÍ IDEÁLNÍ KAPALINY 2

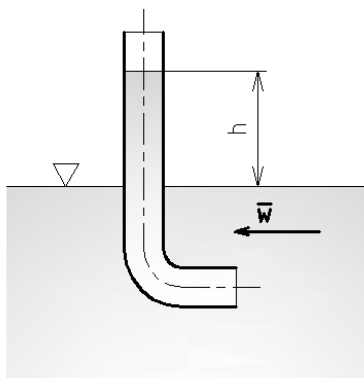
Dáno: Do zavlažovacího kanálu přitéká voda potrubím, jehož tvar je na obrázku. Dodávané množství je $Q_V = 15 \text{ l.s}^{-1}$. Atmosférický tlak je $p_a = 0,0984 \text{ MPa}$, rozměry potrubí jsou $h = 0,5 \text{ m}$, $d_1 = 100 \text{ mm}$, $d_2 = 80 \text{ mm}$.

Úkol: Vypočítejte potřebný tlak p_A v místě A.



Dáno: Rychlost vody v kanálu můžeme měřit Pitotovou trubicí. V dané trubici dostoupí hladina výšky $h = 10 \text{ cm}$.

Úkol: Vypočítejte přibližnou rychlost vody v kanálu.

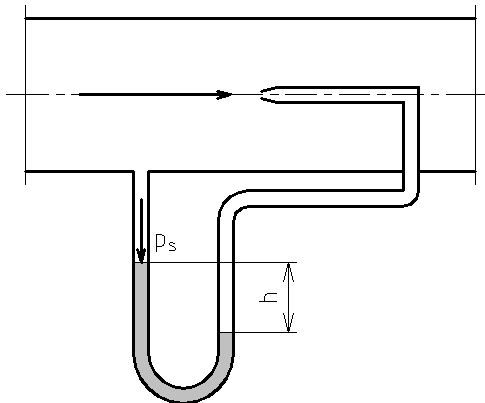


14. PRACOVNÍ LIST – HYDROMECHANIKA

PROUDĚNÍ IDEÁLNÍ KAPALINY 3

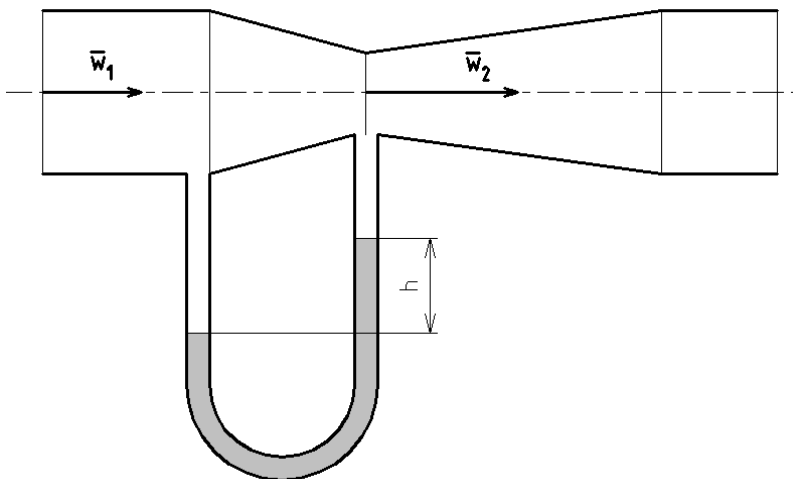
Dáno: Pitotova trubice pro měření rychlosti proudění, např. plynu.

Úkol: Vypočítejte, jaký tlak snímá sonda umístěná ve směru proudu, jestliže rameno trubice kolmé na proud snímá v dostatečné vzdálenosti statický tlak, dále určete, co vyjadřuje rozdíl hladin v tlakoměrné trubici, a odvoďte rovnici pro výpočet rychlosti proudění.



Dáno: K Venturiho trubici pro měření průtoku vody je připojena U trubice naplněná rtutí. Průměry $d_1 = 200$ mm, $d_2 = 80$ mm, $h = 25,4$ mm.

Úkol: Vypočítejte objemový průtok.



15. PRACOVNÍ LIST – HYDROMECHANIKA

HYDRAULICKÉ ZTRÁTY, BERNOULLIHO ROVNICE PRO SKUTEČNOU KAPALINU 1

Dáno: Potrubím o průměru d protéká množství kapaliny Q_V .

Úkol: Vypočítejte, o kolik procent stačí zvětšit průměr potrubí, aby se ztráta třením snížila na polovinu. Odporový součinitel považujte za konstantní.

Dáno: Potrubím o průměru $d = 200$ mm a délce $l = 1\,250$ m se dopravuje nafta o hustotě $\rho = 850$ kg.m⁻³.

Úkol: Vypočítejte tlakové ztráty v letním a zimním období, je-li střední rychlost proudění nafty v potrubí $w = 0,76$ m.s⁻¹. Viskozita nafty v létě je $\nu_1 = 0,277$ cm².s⁻¹, v zimě $\nu_2 = 1,09$ cm².s⁻¹.

Dáno: Přímé potrubí na užitkovou vodu má délku $l = 1\,750$ m a průměr $d = 65$ mm. Potrubí klesá pod úhlem $\alpha = 2^\circ 10'$. Voda protéká rychlostí $w = 4,8$ km.h⁻¹. Tlak na začátku je $p_1 = 0,313$ MPa. Vnitřní povrch trubek je hladký, kinematická viskozita vody je $\nu = 10^{-6}$ m².s⁻¹.

Úkol: Vypočítejte průtok, ztrátovou výšku a tlak na konci potrubí. Nakreslete schéma.

Schéma potrubí:

Průtok:

Reynoldsovo číslo a ztrátový součinitel λ :

Ztrátová výška:

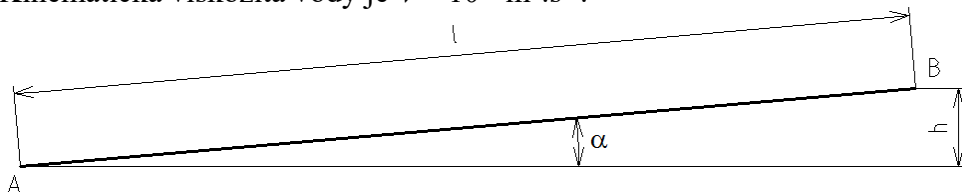
Bernoulliho rovnice, tlak p_2 :

16. PRACOVNÍ LIST – HYDROMECHANIKA

HYDRAULICKÉ ZTRÁTY, BERNOULLIHO ROVNICE PRO SKUTEČNOU KAPALINU 2

Dáno: Potrubí, kterým protéká voda z místa A do místa B, má sklon $\alpha = 0,5^\circ$. Je dlouhé 560 m a má průměr $d = 150$ mm. Potrubím protéká $Q_V = 813$ l.min⁻¹ vody.

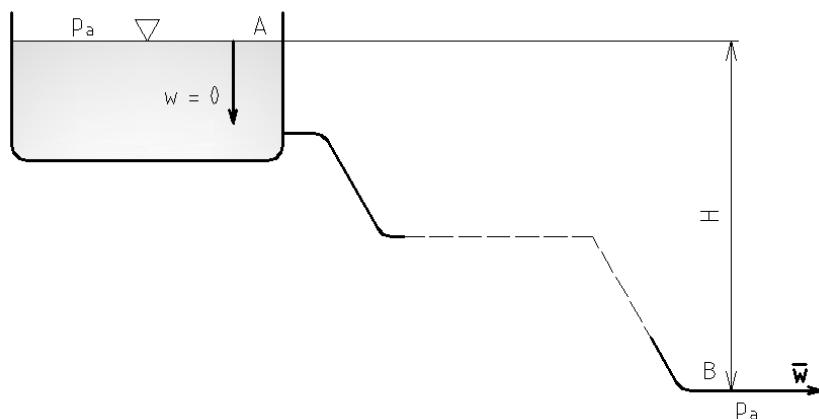
Úkol: Vypočítejte, jaký tlak musí být v místě A, má-li v místě B být tlak $p_B = 0,225$ MPa. Kinematická viskozita vody je $\nu = 10^{-6}$ m².s⁻¹.



Bernoulliho rovnice mezi místy A-B:

Dáno: Vodovod přivádí vodu potrubím o průměru $d = 300$ mm. Přímé úseky potrubí mají délku $l = 5,4$ km. Přirozený spád je $H = 48$ m. V potrubí je 12 tvarovek (kolena aj.) se součinitelem místních ztrát $\xi_1 = 0,2$. Odporový součinitel je $\lambda = 0,03$. V potrubí jsou dále 3 šoupátka ($\xi_2 = 1,5$).

Úkol: Vypočítejte rychlost vody v potrubí a pro kolik obyvatel stačí vodovod, je-li průměrná spotřeba na 1 obyvatele 100 litrů za den.



Výpočet rychlosti
z Bernoulliho rovnice:

Průtok:

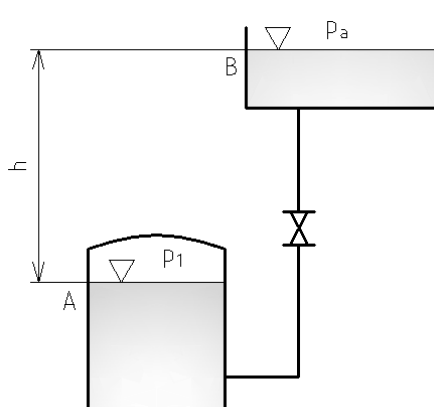
Počet obyvatel:

17. PRACOVNÍ LIST – HYDROMECHANIKA

HYDRAULICKÉ ZTRÁTY, BERNOULLIHO ROVNICE PRO SKUTEČNOU KAPALINU 3

Dáno: Z nádrže A je vytlačována voda do nádrže svislým potrubím o průměru $d = 50$ mm a délce $l = 3$ m. Rozdíl hladin $h = 3,5$ m. V potrubí je kohout ($\xi_1 = 3,6$), ztrátový součinitel $\lambda = 0,0391$, odporový součinitel vtoku do potrubí je $\xi_2 = 0,5$, odporový součinitel vtoku do nádrže B je $\xi_3 = 1$, odporový součinitel náhlé změny směru je $\xi_4 = 1,1$. Atmosférický tlak je $p_a = 0,1$ MPa.

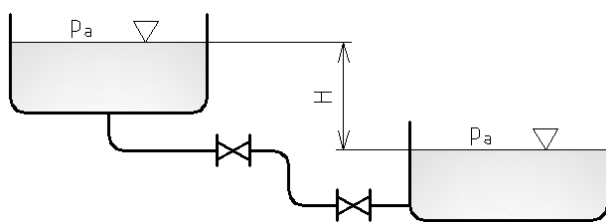
Úkol: Vypočítejte velikost absolutního tlaku p v nádrži A, který zajistí průtok $Q_V = 6$ l.s⁻¹ do horní nádrže.



Bernoulliho rovnice mezi místy A-B:

Dáno: Dvě nádrže jsou spojené potrubím o průměru $d = 70$ mm a celkové délce $l = 40$ m. Součinitele místních ztrát mají tyto hodnoty: při výtoku $\xi_1 = 0,5$, u kolen $\xi_2 = 0,25$, u ventilů $\xi_3 = 3$, $\xi_4 = 4$, při vtoku $\xi_5 = 1$.

Úkol: Vypočítejte potřebný rozdíl hladin H , aby potrubím protékalo množství vody $Q_V = 17,7$ m³.h⁻¹. Rychlosti na hladinách zanedbejte, uvažujte hladké potrubí.



Určení druhu proudění a ztrátového součinitele:

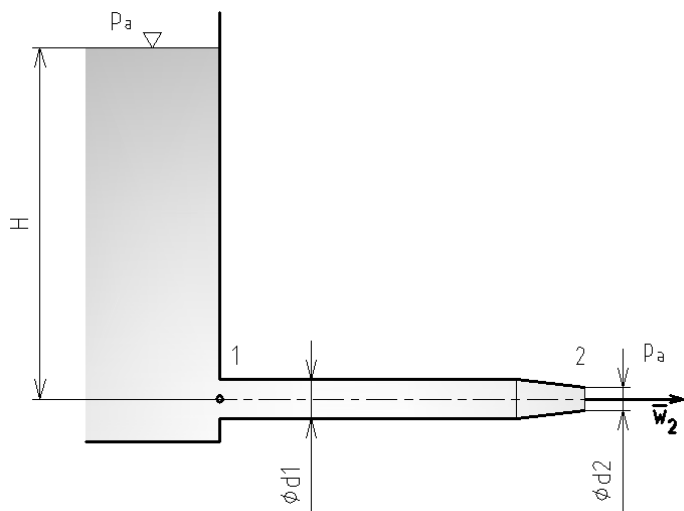
Bernoulliho rovnice:

18. PRACOVNÍ LIST – HYDROMECHANIKA

VÝTOK KAPALINY OTVORY 1

Dáno: Ideální kapalina o hustotě vody vytéká potrubím připojeným k nádobě, na konci potrubí je konfuzor (zúžená tryska). Hladina je v konstantní výšce.

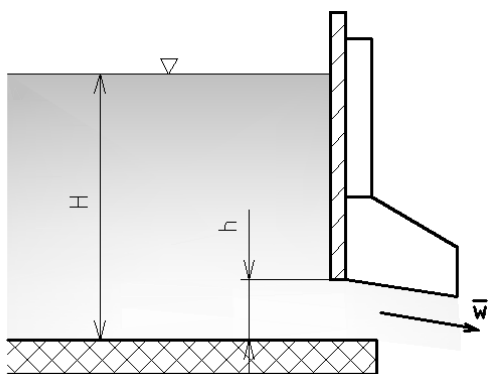
Úkol: Vypočítejte spád H potřebný k tomu, aby kapalina vytékala rychlostí $w_2 = 6 \text{ m.s}^{-1}$, a tlakový rozdíl $p_1 - p_2$ v potrubí, je-li $d_1 = 0,1 \text{ m}$ a $d_2 = 0,08 \text{ m}$.



Bernoulliho rovnice mezi místem 2 a hladinou:

Dáno: Na obrázku je znázorněn náhon vodního kola. Průřez výtakového otvoru má tvar obdélníka o výšce $h = 8 \text{ cm}$ a šířce $b = 1,3 \text{ m}$. Konstantní výška hladiny je $H = 70 \text{ cm}$. Výtokový součinitel je $\mu = 0,67$.

Úkol: Vypočítejte skutečný průtok.

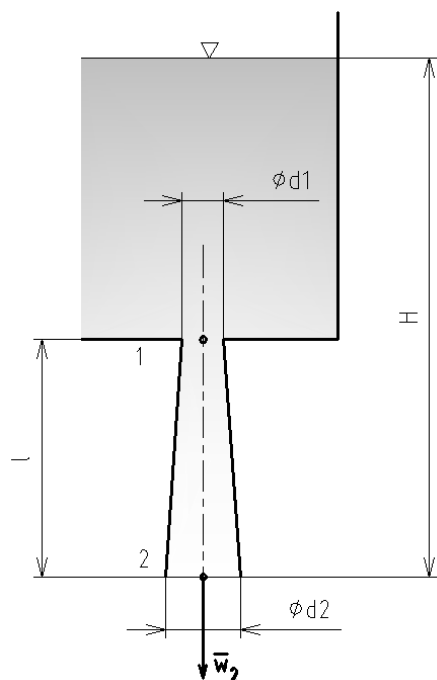


19. PRACOVNÍ LIST – HYDROMECHANIKA

VÝTOK KAPALINY OTVORY 2

Dáno: Z nádoby s volnou hladinou vytéká voda svislým divergentním potrubím¹. Hladina je v konstantní výšce $H = 2$ m. Délka potrubí je $l = 1$ m. Průměry $d_1 = 25$ mm, $d_2 = 35$ mm.

Úkol: Vypočítejte skutečný průtok při hodnotě $\mu = 0,94$ a tlak (ztráty neuvažujte) p_1 v místě 1. Dále rozhodněte, zda je v místě 1 přetlak či podtlak ($p_a = 0,1$ MPa).

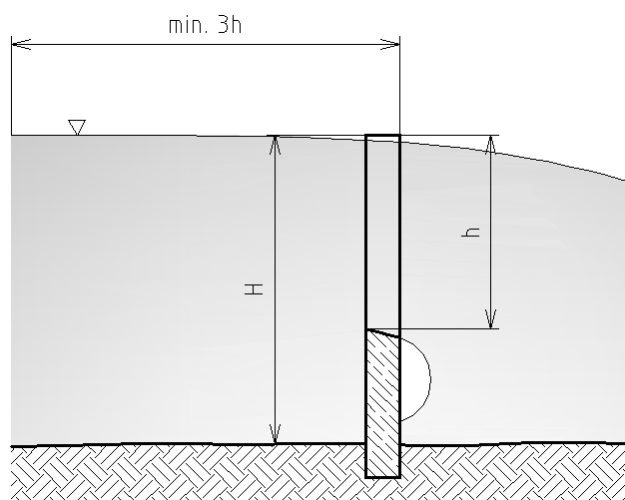


Bernoulliho rovnice mezi místem 2 a hladinou:

Bernoulliho rovnice mezi místy 1 a 2:

Dáno: Množství protékající vody je stanovováno přepadem. Přepadová deska má obdélníkový otvor o rozměrech $h = 18$ cm a b (šířka) $= 40$ cm. Výška hladiny je $H = 70$ cm. Výtokový součinitel je $\mu = 0,63$.

Úkol: Vypočítejte skutečný průtok.



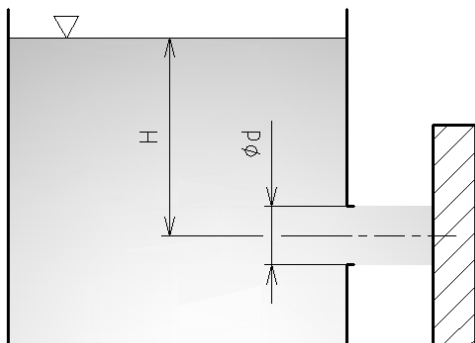
¹ Z praktického hlediska se jedná např. o sací troubu u přetlakové turbíny. Ta umožňuje zvětšit využitý spád.

20. PRACOVNÍ LIST – HYDROMECHANIKA

DYNAMICKE ÚČINKY PROUDU KAPALINY 1

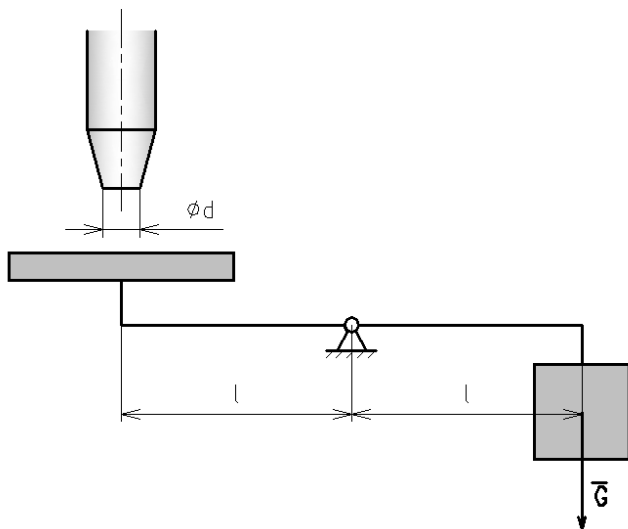
Dáno: Proud vody vytéká z nádoby otvorem o průměru $d = 35$ mm, jehož střed je v hloubce $H = 12,6$ m. Rychlostní součinitel je $\varphi = 0,97$, výtokový součinitel $\mu = 0,64$.

Úkol: Vypočítejte sílu, jakou proud působí na pevnou velkou desku.



Dáno: Na desku o hmotnosti $m_1 = 6$ kg působí proud vody, který vytéká z trysky o průměru $d = 95$ mm rychlostí $c = 5,62$ m.s⁻¹.

Úkol: Vypočítejte tíhu G a hmotnost závaží, které má desku udržet ve vodorovné poloze. Tíhu kapaliny a ztráty neuvažujte.



Dáno: Proud vody vytékající z dýzy o průměru $d = 35$ mm absolutní rychlostí $c_1 = 25,2$ m.s⁻¹ působí na velkou desku postavenou kolmo na směr proudu, která ustupuje rychlostí $u = 11,4$ m.s⁻¹.

Úkol: Vypočítejte sílu proudu na desku a výkon desky.

21. PRACOVNÍ LIST – HYDROMECHANIKA

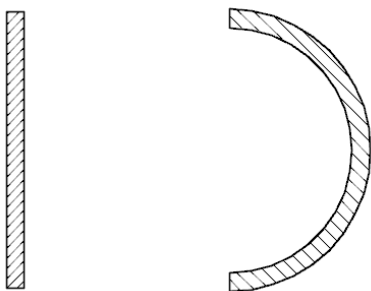
DYNAMICKE ÚČINKY PROUDU KAPALINY 2

Dáno: Z přítokového otvoru vytéká $Q_V = 42 \text{ l.s}^{-1}$ vody, která působí na rovinné lopatky oběžného kola silou $F = 810 \text{ N}$. Obvodová rychlost kola je $u = 9,1 \text{ m.s}^{-1}$.

Úkol: Vypočítejte absolutní rychlost c_1 a výkon kola P .

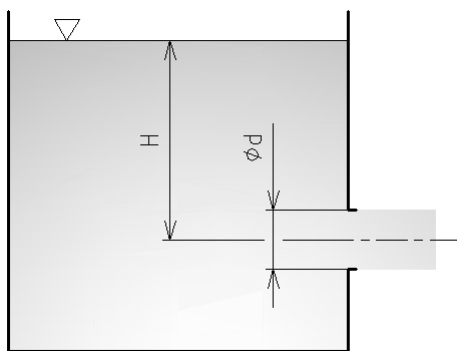
Dáno: Jeden vodní motor má oběžné kolo, jehož lopatky tvoří rovinná deska, druhý má lopatky zakřivené a dochází k úplnému obrácení proudu.

Úkol: Porovnejte teoretickou účinnost obou motorů. (*Pomůcka: příkon vypočtete jako energii, kterou voda přináší na oběžné kolo, za jednotku času*).



Dáno: V nádobě je v hloubce $h = 1\,100 \text{ mm}$ kruhový otvor o průměru $d = 31 \text{ mm}$.

Úkol: Vypočítejte reaktivní sílu, kterou proud působí na nepohyblivou nádobu.



Dáno: U nádoby z minulého příkladu uzavřeme otvor.

Úkol: Porovnejte sílu způsobenou tlakem vody s reaktivní silou vytékající kapaliny.

22. PRACOVNÍ LIST – HYDROMECHANIKA

POHYB KAPALINY V TURBÍNÁCH A HYDRODYNAMICKÝCH ČERPADLECH 1

Dáno: Vodní turbínou o výkonu $P = 25 \text{ MW}$ protéká $Q_V = 19,3 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ vody.

Úkol: Vypočítejte spád H , je-li účinnost turbíny 83 %.

Dáno: Vodní turbína o výkonu $P = 30 \text{ MW}$ pracuje na spádu $H = 150 \text{ m}$ s průtokem $Q_V = 22,2 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$.

Úkol: Vypočítejte účinnost.

Dáno: Napájecí čerpadlo má dopravovat $Q_V = 3,18 \text{ l} \cdot \text{s}^{-1}$ (litrů za sekundu) vody do kotle, v němž je přetlak $0,25 \text{ MPa}$. Rozdíl výšek mezi čerpadlem a hladinou vody v kotli je $h = 12 \text{ m}$. Ztrátová výška (ztráty v přímém potrubí a místní ztráty) je 3 m . Účinnost čerpadla je odhadnuta na 68 %.

Úkol: Vypočítejte energii, potřebnou pro vyčerpání 1 kg vody, a příkon čerpadla.

23. PRACOVNÍ LIST – HYDROMECHANIKA

POHYB KAPALINY V TURBÍNÁCH A HYDRODYNAMICKÝCH ČERPADLECH 2

Dáno: Odstředivé čerpadlo dopravuje $Q_V = 0,022 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ vody do výšky $h = 36 \text{ m}$. Voda se dopravuje potrubím o průměru $d = 250 \text{ mm}$ a celkové délce $l = 55 \text{ m}$ do nádrže, ve které je přetlak $1,3 \text{ MPa}$ (atmosférický tlak je $0,1 \text{ MPa}$). V potrubí jsou 3 kolena (součinitel místních ztrát $\xi_k = 0,25$), ventil ($\xi_v = 4$) a vtok do nádrže ($\xi_1 = 1$). Účinnost čerpadla je 71% , kinematická viskozita vody je $10^{-6} \text{ m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$.

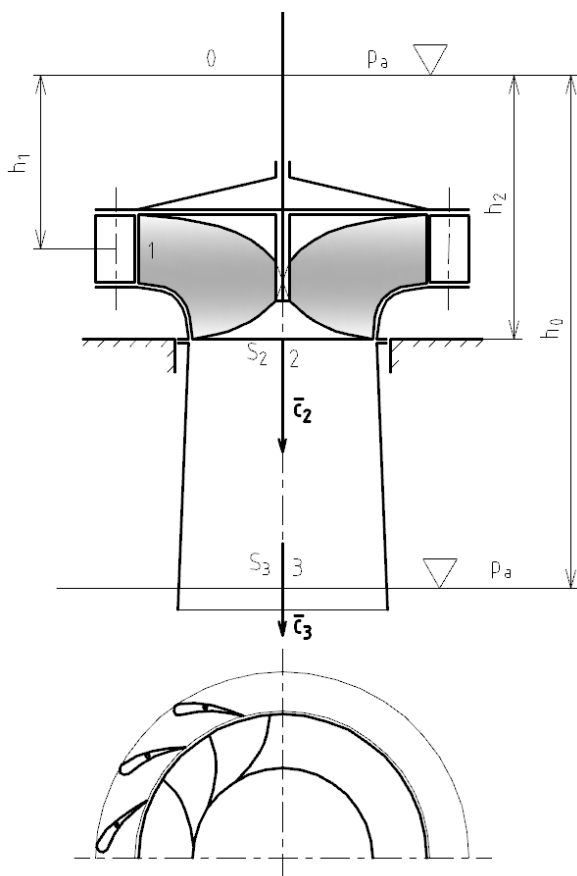
Úkol: Vypočítejte dopravní (manometrickou) výšku a příkon čerpadla.

24. PRACOVNÍ LIST – HYDROMECHANIKA

POHYB KAPALINY V TURBÍNÁCH A HYDRODYNAMICKÝCH ČERPADLECH 3

Dáno: Na obrázku je znázorněna kašnová Francisova turbína. Z turbíny je odebírána měrná energie $Y = 18,64 \text{ J.kg}^{-1}$. Atmosférický tlak je $p_a = 0,1033 \text{ MPa}$. Ostatní hodnoty: $h_0 = 2,5 \text{ m}$; $h_1 = 1,5 \text{ m}$; $h_2 = 1,7 \text{ m}$; ztrátová výška v oběžném kole $h_z = 0,485 \text{ m}$. $S_1 = 0,033 \text{ m}^2$ (průřez rozváděcích kanálů); $S_2 = 0,070 \text{ m}^2$; $S_3 = 0,105 \text{ m}^2$.

Úkol: Vypočítejte výstupní rychlost c_3 ze sací trouby, rychlosti a tlaky v průřezech 2 a 1, množství vody (průtok), výkon turbíny a účinnost turbíny.



Bernoulliho rovnice 0 – 3 a rychlost c_3 :

Rovnice kontinuity 2 – 3 a rychlost c_2 :

Bernoulliho rovnice 2 – 3 a tlak p_2 :

Rovnice kontinuity 1 – 2 a rychlost c_1 :

Bernoulliho rovnice 2 – 1 nebo 0 – 1 a tlak p_1 :

Průtok:

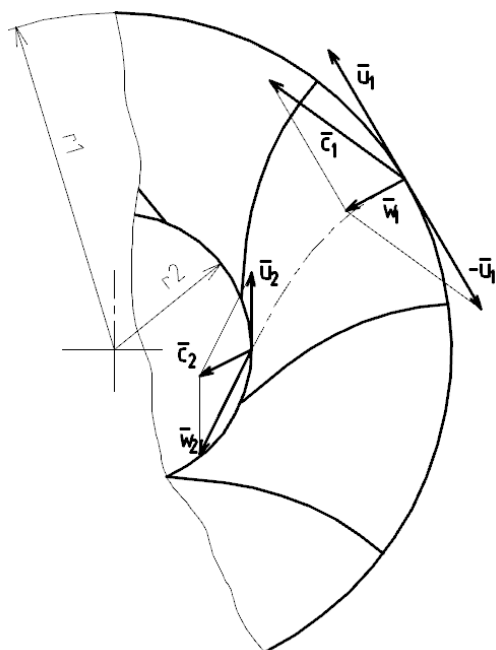
Výkon:

25. PRACOVNÍ LIST – HYDROMECHANIKA

POHYB KAPALINY V TURBÍNÁCH A HYDRODYNAMICKÝCH ČERPADLECH 4

Dáno: Francisova turbína pracuje s otáčkami $n = 750 \text{ min}^{-1}$. Voda vstupuje do oběžného kola na poloměru $r_1 = 1,1 \text{ m}$ a vystupuje na poloměru $r_2 = 0,5 \text{ m}$. Spád je $H = 480 \text{ m}$, průtok $Q_V = 5 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$, přetlak v oběžném kole je $2\,304 \text{ kPa}$. Za oběžným kolem předpokládejte atmosférický tlak ($0,1 \text{ MPa}$), výšku oběžného kola nad spodní hladinou neuvažujte.

Úkol: Vypočítejte výkon a točivý moment turbíny a úhel nastavení rozváděcích lopatek α_1 . Předpokládejte rychlostní součinitel $\varphi = 0,8$, účinnost 98% a úhel $\alpha_2 = 90^\circ$ (voda opouští kolo radiálně).



Skutečná výtoková rychlost c_1 :

Příkon a výkon:

Moment turbíny:

$\cos \alpha_1$:

α_1 :