

Otázky z HYDROMECHANIKY

1. Modul pružnosti kapaliny:

$$K = \frac{1}{\delta} = -V \frac{dp}{dV}$$

2. Newtonův vztah pro tečné napětí: (vztažení)

$$\tau = \eta \frac{dc}{dn}$$

$$\frac{dc}{dn} - \text{GRADIENT RYCHLOSTI}$$

3. Příčina kapilárního jevu:

$$\eta - \text{DYN. VISKÓZITA [Pa \cdot s]}$$

Povrchové napětí

4. Eulerova rovnice hydrostatiky:

$$\vec{a} - \frac{1}{\rho} \text{grad } p = 0$$

5. V jakém vztahu je obecný vektor \vec{b} k potenciálu B :

$$\text{Pokud platí, že } \text{rot}(\vec{b}) = 0, \text{ pak } \vec{b} = \text{grad}(B)$$

6. Momentová podmínka:

$$x_C = \frac{J_y}{U_y} = \frac{J_{yT}}{U_y} + x_T = \xi_c + x_T$$

$$F_v \cdot x_C = \rho g \cdot \sin \alpha \int_S x^2 dS$$

7. Síla kapaliny nad křivou plochou:

$$dF = p_h \vec{n} dS = p_h d\vec{S}$$

8. Síla u těžištní plochy

9. Rovnice kontinuity pro ideální kapalinu: (NESTACIONÁRNÍ IDEÁLNÍ KAPALINA)

$$\text{div } \vec{c} = 0$$

10. Bernoulliho rovnice pro nestacionární proudění ustálené kapaliny:

$$\frac{c_1^2}{2} + \frac{p_1}{\rho} - U_1 = \frac{c_2^2}{2} + \frac{p_2}{\rho} - U_2 + \int_1^2 \vec{a}_t d\vec{L}$$

(KIN. EN. - T. EN. - POT. EN. - PR. EN.)

$$U_1 = -gH_1$$

$$U_2 = -gH_2$$

11. Rovnice pro ideální kapalinu:

Rovnice kontinuity, Eulerova rovnice

12. Z čeho je vyjádřena Bernoulliho rovnice?

Je odvozena z Eulerovy rovnice integrací po proudnici za předpokladu, že existuje potenciál vnějších hmotnostních sil

13. Kdy je největší tlak při zavírání závěru?

Když je doba reflexe delší než doba uzavírání závěru (dojde k totálnímu rázu)

14. Stokesova věta:

$$\Gamma = \oint_l \vec{c} \cdot \vec{\tau} dl = \int_S \vec{\Omega} \cdot \vec{n} dS$$

15. Stavové veličiny kapaliny:

$$p, T, \rho$$

16. Dynamická viskozita + jednotky:

$$\eta = \tau \frac{dn}{dv}, [\eta] = \text{Pa} \cdot \text{s} = \frac{\text{kg}}{\text{m} \cdot \text{s}}$$

17. Pascalův zákon:

Je-li kapalina v hydrostatické rovnováze pak se tlak v kapalině šíří všemi směry stejně.

$$p = p_x = p_y = p_z$$

18. Přírůstek tlaku v kapalině:

- nestlačitelná kapalina

$$dp = \rho A dl \quad A = \text{vlněná plocha}$$

- stlačitelná kapalina

$$p = p_0 - K \ln \left(1 - \frac{\rho_0 g h}{K} \right)$$

19. Hydrostatický tlak v kapalině:

$$p_h = h \rho g$$

20. Kdy těleso plave?

$$F_{vz} > F_G$$

21. Rovnice kontinuity pro stlačenou kapalinu:

$$\frac{d\rho}{dt} + \rho \cdot \text{div } \vec{c} = 0$$

22. Vztah pro Reynoldsovo číslo:

- VYJADŘUJE VLIV VNITŘNÍHO TŘENÍ V DŮSLEDKU VISKOZITY

$$Re = \frac{c \cdot d_h}{\nu}$$

- DÁNÉ KAPALINY PŘI PROUDĚNÍ

- URČUJE PROUDĚNÍ

- LAMINÁRNÍ $\leq 2320 \leq$ TURBULENTNÍ

d_h - HYDRODYNICKÝ PRŮMĚR

$$d_h = \frac{4 \cdot S}{\sigma}$$

c - STŘEDNÍ RYCHLOST $c = \frac{Q}{S}$

ν - KINEMATICKÁ VISKOZITA $\nu = \frac{\eta}{\rho}$

LAMINÁRNÍ - Re
 TURBULENTNÍ
 HLADKÉ POTRUBÍ - Re
 PŘECHODOVÁ OBLAST - Re , $Re_{kritická}$
 DRSNÉ POTRUBÍ - Re , $Re_{kritická}$
 DRSNOST

23. Na čem závisí λ ? (TŘÍČÍ SOUČINITEL)

drsnost, Re

24. Vztah pro teoretickou rychlost:

$$v_{teor} = \sqrt{2gH}$$
 (VÝŠKA)

25. Který úhel je úhel sklonu rychlosti?

Úhel mezi vektory relativní a unášivé rychlosti

26. Co je pojem tlak nasycených par?

NEJMEKŠÍ MOŽNÝ TLAK KAPALIN A ZTÁČÍ SE VLASTNOSTI
 Tlak, při kterém se při dané teplotě bude rovnat množství zkondenzované páry množství
 vypařené kapaliny.

27. Vztah pro kinematickou viskozitu + jednotky: (VZTAH MEZI η A DYNAMICKOU)

$$\nu = \frac{\eta}{\rho}, [\nu] = m^2 \cdot s^{-1}$$

28. Z čeho vychází Eulerova rovnice hydrodynamiky?

Ze silové rovnováhy na element kapaliny.

$$F_s = F_m + F_p$$

29. Na jakých veličinách závisí pohyb v potrubí?

$$v, a, p, \rho, \xi$$

30. Čím se měří Q ? Typy měření:

Vermiho trubice, odměrné nádoby, danalida

31. Kde platí (dá se určit) Eulerova rovnice pro trojrozměrné proudění?

na proudnici????

32. Co je to proudnice?

Křivka, myšlená čára, ke které jsou rychlosti proudění tečné. ($\vec{c} \times d\vec{s} = 0$)

33. Z čeho vyplývá posunutí síly při působení na plochu?

Z nerovnoměrného rozložení velikosti tlaku na ploše.

34. Slovně vztah pro výpočet G , respektive F_y , pro obecnou plochu:

Síla působící na plochu se rovná tíze kapaliny nad touto plochou.

35. Co je za rovnici $\rho \int_S \vec{c}(\vec{c} \cdot \vec{n}) dS = \vec{G} - \int_S (p \cdot \vec{n}) dS$?

Je to vyjádření zákona o změně hybnosti pro proudnici v ideální kapalině. Levá strana vyjadřuje změnu hybnosti hmotnostního průtoku kapaliny při průtoku plochou S . Tato změna hybnosti je rovna součtu obecné tíhy v oblasti V a tlakové síly na plochu S .

36. Co je to hydraulický ráz?

Neustálené proudění v potrubí vlivem pružnosti.

37. Rovnice kontinuity pro stlačitelnou kapalinu:

$$\frac{d\rho}{dt} + \rho \cdot \text{div } \vec{c} = 0$$

38. Napište vztah pro proudění v relativním prostoru - pro rychlost + popsat vektory:

$$\vec{c} = \vec{v} + \vec{w}$$

\vec{v} - RELATIVNÍ!
 \vec{w} - VLAŠČINA!
 \vec{c} - ABSOLUTNÍ!

39. Co jsou to rovňové plochy?

Plochy, na kterých je tlak konstantní.

40. Rychlost zvuku vztah: (31.2.2011 TLAPOVÝCH VLN)

$$a = \sqrt{\frac{K}{\rho}} \quad [\text{m/s}]$$

K - MODUL OBJEMICE
 STLAČITELNOSTI

41. Archimédův zákon:

Tělo ponořené do kapaliny je nadlehčováno silou, která je rovna tíze kapaliny tělesem vytlačené.

42. Co je to stacionární proudění?

lokální zrychlení je 0

43. Ochrana proti rázu:

pomalé zavírání, větrník, akumulátor tlaku

44. Totální ráz: KVALITATIVNĚ

$$T_S \leq T_Z$$

$\overbrace{T_Z} \quad \overbrace{T_S}$
 Doba reflexe je větší než doba zavírání.

45. Co ze za vztah $\vec{c} = \vec{u} + \vec{v}$?

rychlost v relativním prostoru

46. Je laminární proudění vířivé?

Ano. Částice se mohou otáčet kolem vlastní osy.

47. Bernoulliho rovnice pro ideální kapalinu při stacionárním proudění a dokonale tuhém potrubí:

$$\frac{c_1^2}{2} + \frac{p_1}{\rho} - U_1 = \frac{c_2^2}{2} + \frac{p_2}{\rho} - U_2 \quad \begin{matrix} U_1 = -g H_1 \\ U_2 = -g H_2 \end{matrix}$$

48. Co je to vířivé vlákno?

Osa, kolem které částice proudí po kruhové dráze.

49. Úhel lopatky:

Takový, aby kapaliny udělily obvodovou složku absolutní rychlosti

50. Z čeho je odvozena věta o změně hybnosti?

Z Eulerovy rovnice hydrodynamiky.

51. Podmínka nestacionárního proudění:

Lokální zrychlení $\neq 0$

52. Napište vztah pro konverktivní zrychlení:

$$\vec{a}_z = \text{grad}(\vec{c}) \cdot \vec{c}$$

53. Čemu se rovná vnější zrychlení a při hydrostatické rovnováze?

nula????

54. Ztráty na dlouhém vedení:

$$T = \tau \cdot \pi \cdot d \cdot l$$

55. Eulerova rovnice hydrodynamiky:

- pro nestlačitelnou kapalinu:

$$\frac{d\vec{c}}{dt} + \vec{c} \cdot \text{grad}(\vec{c}) = \vec{a} - \frac{1}{\rho} \cdot \text{grad}(p)$$

- pro stlačitelnou kapalinu:

$$\frac{d(\rho \cdot \vec{c})}{dt} + \vec{c} \cdot \text{grad}(\rho \cdot \vec{c}) = \vec{a} \cdot \rho - \text{grad}(p)$$

56. Žukavského vztah:

$$\Delta p = \rho \cdot a \cdot DC \quad [MPa] \quad \Delta H = R \Delta Q = \pm \frac{a}{gS} \Delta Q \quad a = R T (\text{HUBST ZUKAV})$$

57. Vztah pro hydrostatický tlak:

$$p_h = h\rho g$$

58. Co znamená, že kapalina je Newtonská?

Dynamická viskozita $\eta = \text{konst}$, nemění se v závislosti na tečném napětí.

59. Vztah pro výtok malým otvorem v nádrži:

$$Q = \mu S \sqrt{2gH}$$

$$\mu = \alpha \cdot \varphi$$

$$\alpha = \frac{S}{S_0} < 1$$

60. Co vyjadřuje Bernoulliho rovnice?

Vyjadřuje zákon zachování energie soustavy.

61. Platí Pascalův zákon pro hydrodynamiku?

NE Platí pouze pro proudění ideální kapaliny kdy je tečné napětí=0.

62. Co je lokální zrychlení?

ZMĚNA V ZASE

$$a_l = \frac{\partial c}{\partial t}$$

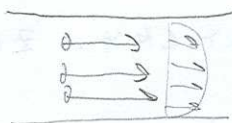
63. Napiš Weisbachův vztah:

$$Y_{z1,2} = \xi \frac{c^2}{2} = \frac{c^2}{2} \left(\xi_m + \lambda \frac{l}{d} \right)$$

64. CO ZPŮSOBUJE HYDRAULICKÝ RÁZ:

- ZMĚNA RYCHLOSTI V POTRUBÍ
- OSCILACE TLAKU

65. NAKRESLETE LAMINÁRNÍ PROUDĚNÍ:



- ČÁSTICE SE POKYBUJÍ PO VRSTVÁCH, VE SMĚRU ŠTŘEDNÍHO PROUDU
- RYCHLOSTI PROFIL POKYBUJÍ PARABOLIC

66: LOKÁLNÍMÍSTNÍ ZTRÁTY:

- MĚNLOU SMĚLOU PRŮŘEZU
- VZNIKAJÍ UŘEŇÍM (V PRAVICÍCH, KTERÉ JSOU ULOŽENY MEZI ROVNÉ PRVKY POTRUBÍ)

67. Z ČEMO UTMÁŽÍ HYDRODYNAMICKÝ RÁZ:

Z EULEROVI ROVNICE A ROVNICE KONTINUITY HYDRODYNAMIKY

68. ŠTŘEDNÍ RYCHLOST:

$$c = \frac{Q}{S}$$

69. NAVIER - STOKESOVA ROVNICE:

$$\frac{\partial \vec{V}}{\partial t} + \text{grad}(\vec{V}) \cdot \vec{V} = \vec{A} - \frac{1}{\rho} \text{grad}(p) + \frac{\eta}{\rho} \Delta \vec{V}$$

$$\vec{F}_S = \vec{F}_m + \vec{F}_p + \vec{F}_t$$

\vec{F}_m - VĚŠÍ SÍLY

\vec{F}_p - TLAKOVÉ SÍLY

\vec{F}_t - TRŽECÍ SÍLY

\vec{F}_s - SETRVAČKÉ SÍLY

70. SÍLA NA PLOCHU:

VLNA KAPALINY NAD PLOCHOU

71. STACIONÁRNÍ PROUDĚNÍ:

$$\frac{\partial \vec{c}}{\partial t} = 0 \quad \text{NEZÁVISLÁ NA ČASE}$$

72. NESTACIONÁRNÍ PROUDĚNÍ:

$$\frac{\partial \vec{c}}{\partial t} \neq 0$$

73. PŘEDPOKLADY PROUDĚNÍ:

- DĚLKA POTRUBÍ MŮŽE BÝT MĚKONÁSOBNĚ VĚTŠÍ NEŽ PRŮMĚR $l \gg d$
- RYCHLOST V DANÉM PRŮŘEZU JE PO CELÉ PLOŠE KONSTANTNÍ - JE DÁN VZTAHEM $c = \frac{Q}{S}$
- TLAK SE PO PRŮŘEZU MĚNÍ HYDROSTATICKY. ZA ZÁKLAD BEREME TLAK V OSE POTRUBÍ.
- KAPALINA PROUDÍ V OSE POTRUBÍ RYCHLOSTÍ c A JEJÍ VEKTOR JE TEČNÝ K OSE POTRUBÍ KOLMÝ K PRŮŘEZU POTRUBÍ

74. SKUTEČNÁ VÝTOKOVÁ RYCHLOST:

$$V = \varphi \sqrt{2gh}$$

φ - RYCHLOSTNÍ SOUČINITEL $\varphi = \frac{1}{\sqrt{1 + \xi}} = \frac{V}{V_t}$

75. Z ČENY VÝCHÁZÍ POČÍNÁ SÍLA NA PLOCHU:

- Z MOHRANTOVÉ PODMÍNKY

76. DOBA REFLEXE:

$$T_{Li} = \frac{2L}{a}$$

77. CO JE TO TLAKOVÁ HLADINA:

PLOCHA KDE $p = \text{konst.}$ $dp = \vec{A}p \cdot d\vec{l} = 0$

78. CO VYJADŘUJE E. R. M.:

DYNAMICKOU SILOU ROVNOVÁHU NA ELEMENT KAPALINY

79. JAK VELKÁ JE RYCHLOST ZVUKU V NESTLAČITELNÉ KAPALINĚ?:

NEKONEČNĚ VELKÁ

80. EULEROVA TURBÍNOVÁ ROVNICE:

$$\Delta y = c_{u2} u_2 - c_{u1} u_1$$

81. CO ZNAMENÁ MĚRNÁ ENERGIE:

ENTALPIE VZTAŽENÁ NA 1 kg KAPALINY [J/kg]

82. MEZNÍ VLASTVA:

- JE OBLAST KDE JSOU DYNAMICKÉ SILY STEJNĚ VELKÉ JAKO TŘEČÍ $F_d \approx F_t$

- KDE JE NEVULOVÝ ROTOR RYCHLOSTI $\nabla \times \vec{c} \neq 0$

83. VZNIK KAVITACE:

- NASTÁVÁ PŘI TLAKU NASYCENÍM PAR

- KDYŽ SE ZAČNOU VYTVAŘET PRVNÍ BUBlinky

84. KAVITAČNÍ ČÍSLO:

$$C = \frac{p_\infty - p_{vp}}{\rho \cdot \frac{c_p^2}{2}}$$

- URČENÍ: KAVITAČNÍ TUNEL

85. CO ZPŮSOBUJE KAVITACE:

- MECHANICKÉ POŠKOZENÍ

- VIBRACE

- HLUK

- ZORŤENÍ PROVOZNÍCH PARAMETRŮ

86. MĚRNÁ ZTRÁTOU ENERGIE: DĚKOLA'

$$Y_2 = 1 - \frac{1}{n} \cdot \frac{C^2}{2}$$

87. E. R. HYDROSTATIKY:

$$\vec{F}_m + \vec{F}_p = 0$$

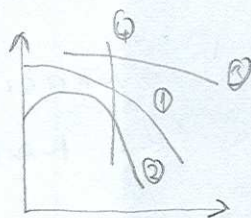
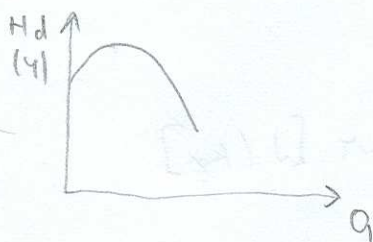
88. PLATÍ B. R. V RELATIVNÍM PROSTORU 2:

ANO

89. PLATÍ B. R. V ABSOLUTNÍM PROSTORU 2:

NE

90. NAKRESLIT LABILNÍ LMAR. HYDRODYNAMICKÉHO ČERPADLA:



- 1 STABILNÍ
- 2 LABILNÍ
- 3 MĚKKÁ
- 4 TUHÁ

91. TURBULENČNÍ PROUDĚNÍ:

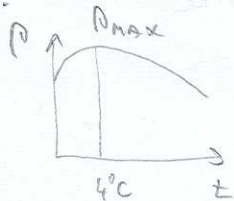


ČÁSTICE SE POKYBUJÍ NÁPĚJÍ STŘEDNÍHO PROUDU

92. VZTAH MEZI KINETICKOU A DYNAMICKOU VISKOZITOU:

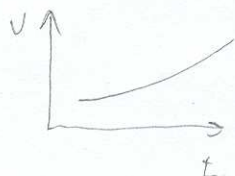
$$\nu = \frac{\eta}{\rho}$$

93. CO JE ANOMALIE VODY:



VODA MÁ MAX. HUSTOTU PŘI 4°C

94. VLIV TEPLOTY NA OBJEM:



$$V_1 = V_0 (1 + \alpha \Delta t)$$

$$\alpha = \frac{1}{V_0} \frac{\Delta V}{\Delta t}$$

95. NAPIŠ VZTAH PRO HMOTNOST:

$$m = \rho \cdot V \quad dm = \rho \cdot dV \quad \rho = \frac{dm}{dV}$$

96. CO JE PÁŘÍČINOU KAPILÁRNÍHO ÚBUD?

POURČMOUÉ NAPĚTÍ $\gamma = \frac{F}{l}$

97. CO JE PŘETLAK: PŘOTLAK:

$$P_1 > P_a$$

$$P_a < P_2$$

98. SKUTEČNÁ KAPALINA:

REÁLNÁ, STLAZITELNÁ, VISKÓZNÍ

99. HMOTNOSTNÍ (OBJEMOVÁ) SILY:

- GRAVITAČNÍ $dF^G = \vec{g} \cdot \rho dV$

- SETRAŽNÉ $dF^S = \vec{A} \cdot \rho dV$

100. PLOŠNÉ SILY:

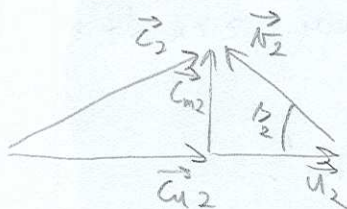
$$dF^{DS} = \rho dS$$

POUŽE VE SMĚRU NORMÁLY
K PLOŠE (MĚNÍ VZÁJEMNÝ PŮHÝB)

101. NORMÁLOUÉ NAPĚTÍ:

$$\downarrow x, \downarrow y, \downarrow z$$

102. JAKÉ LOPATKY ČERPADLA:



103. CO JSOU OBJEMOVÉ SILY:

- SETRAŽNÉ, ODSTŘEDIVÉ, TÍMOVÉ, HYBNOSTI

- ZÁVISÍ NA VELIKOSTI: m

104. CO VLAČUJEME V SILY NA ŠÍŘKOU PLOCHY:

SMĚR, PŮSOBIŠTĚ, VELIKOST

105. PODMÍNKA TOTÁLNÍHO RŮZU:

- PŘI NÁURATU TLAKOVÉ VLNY JE VĚTŠÍ VZÁČEN

106. PLATÍ V RELATIVNÍM PROSTORU Z. Z. R.:

JDE O B. R. V REL. PROSTORU \Rightarrow ANO

107. CO PLATÍ PRO OBJEMOVÉ SILY, ABY BYLY V HYDROSTATICKÉ ROVNOVÁŽE:

$$d\vec{p} = \vec{\rho} \cdot d\vec{x} \quad A - \text{MUSÍ MÍT POTENCIÁL}$$

108. KONVEKTIVNÍ ZÁVISLOSTI:

$$\alpha_k = C \cdot \frac{\partial C}{\partial x}$$

109. DOPRAVNÍ VÝŠKA ŽERPADLA:

$$H = H_{st} + H_z \quad \begin{array}{l} H_{st} - \text{STATICKÁ VÝŠKA} \\ H_z - \text{ZTRÁTOVÁ VÝŠKA} \end{array} \quad \begin{array}{l} H_{st} = H_g + \frac{p_2 - p_0}{\rho \cdot g} \\ H_z = \frac{c^2}{2 \cdot g} \sum_{i=1}^n \left\{ \frac{1}{i} \right\} \end{array}$$

110. V JAKÉM VZTAHU JE A NA ELEMENT:

- VEKTOR KOLMÝ K PLOŠE, VEM Z KAPALINY, TŘECH VEKTOR
- K ORIENTACI PLOCHY

111. ZA JAKÝCH PŘEDPOKLADŮ BYL ODVOZEN PASCALŮV ZÁKON:

- KAPALINA MUSÍ BÝT V HYDROSTATICKÉ ROVNOVÁŽE

112. CO JE CM:

SOŠKA ABSOLUTNÍ RYCHLOSTI DO SMĚRU KOLMĚHO NA UMĚŠVOU RYCHLOST, MERIDIÁLNÍ RYCHLOST UŘADUJE PRŮTOK OBĚŽNÍM KOLMÍ

113. JAKÉ MÁME DRUHÉ ZTRÁTY:

LOKÁLNÍ, TŘECÍ

114. NEVÍDILÉ PROUDĚNÍ:

$$\text{rot}(\vec{b}) = \vec{0}$$

115. SOUČINITEL STLAŽITELNOSTI:

$$\mu = - \frac{dV}{dp} \frac{1}{V_0}$$

116. CO UJADŮJE E. A. HYDROSTATIKY:

- ROVNOMĚRNÁ SIL PŮSOBÍCÍ NA MAKROSKOPICKOU ČÁSTICI

117. MĚŘENÍ TLAKU:

UMĚRNOUČNÝ MANOMETR, NÁDOBKOVÝ MANOMETR, MIKROMANOMETR,
DÍSTOVÝ MANOMETR

118. MĚŘENÍ RYCHLOSTI PROUDĚNÍ:

PITOTOVA TRUBICE, PRANDTLHOVA TRUBICE, VÁLCOVÁ SONDA,
KULOVÁ SONDA

119. MĚŘENÍ PRŮTOKU:

VENTURYHO DÝŽKA, CLONA, DANAIOVA, PŘEPAD



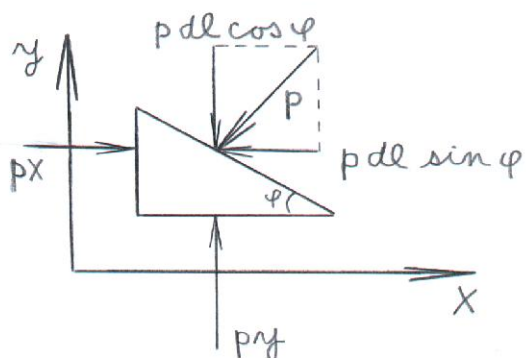
Obsah:

Pascalův zákon	02
Eulerova rovnice hydrostatiky	02
Proudění ideální kapaliny (potenciální, vířivé)	03
Proudění reálné kapaliny (laminární, turbulentní)	03
Reynoldsovo číslo	03
Ustálené a neustálené proudění	03
Rovnice kontinuity pro jednorozměrné proudění	04
Rovnice kontinuity pro prostorové proudění	04
Eulerova rovnice hydrodynamiky	04
Bernoulliho rovnice	05
Věta o změně hybnosti	05
Weissbachův vztah	06
Nikuradzeho diagram	06
Laminární proudění (kinetická energie, Coriolisovo číslo)	07
Navier-Stokesova rovnice	07
Překonání hydraulického odporu	08
Rychlost úhlové deformace	08
Stékání po stěně	09
Proudění mezi paralelními deskami	09
Toricelliho výraz pro výtakovou rychlost	10
Impuls hybnosti kapaliny	10
Proudění v relativním prostoru (rychlostní trojúhelník, rotující kanál)	11
Čerpadla (rozdělení)	12
Charakteristika hydrodynamického čerpadla	12
Hydraulický ráz (1. a 2. díl. rovnice)	13
Základní čerpací systém (geodetická výška + sací a výtlačná)	13
Charakteristika radiálního odstředivého čerpadla	14
Turbíny (rozdělení, Euleroва turb. rovnice, měrná energie - účinnost)	14

Pozn.: Autor nenese žádnou odpovědnost za správnost tohoto textu,
jeho použití jen na vlastní nebezpečí 🤖 .

Pascalův zákon:

Je-li kapalina v hydrostatické rovnováze, pak se tlak v kapalině šíří všemi směry stejně.



$$p = \frac{F}{S}$$

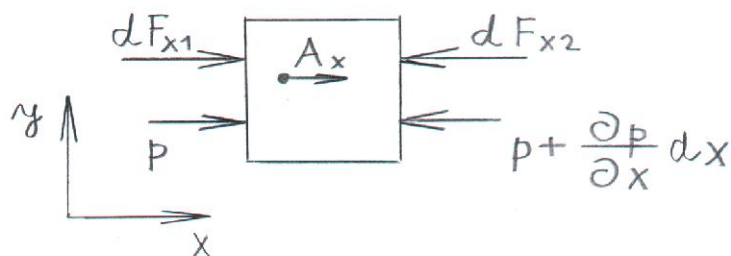
lze odvodit z Eulerovy rovnice hydrostaticky:

$$\vec{A} - \frac{1}{\rho} \text{grad } p = \vec{0}$$

Eulerova rovnice hydrostaticky:

Vyjadřuje rovnováhu sil působících na makroskop. částici za předpokladu, že se kapalina nachází v hydrostatické rovnováze.

$$\vec{A} - \frac{1}{\rho} \text{grad } p = \vec{0}$$



\vec{A} ... objemové zrychlení

$\frac{1}{\rho} \text{grad } p$... tlakové zrychlení

Použití: — řešení úloh hydrostaticky
— lze z ní odvodit Pascalův zákon

Proudění ideální kapaliny:

- Potenciální proudění: (nevířivé) Částice se pohybují přímočaře nebo křivočaře po drahách tak, že vůči pozorovateli se nestáčí kolem vlastní osy.

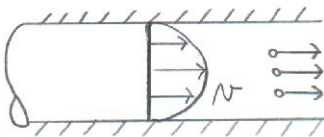


- Vířivé proudění: Částice se vůči pozorovateli natáčí kolem vlastní osy.



Proudění reálné kapaliny:

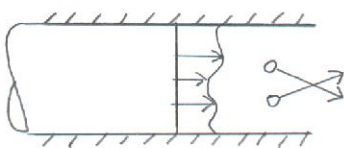
- Laminární: Pohyb částic ve vrstvách (deskách), které po sobě kloužou.



$$Re < Re_{\text{KRITICKÉ}}$$

↑
2300

- Turbulentní: Částice mají turbulentní rychlost, nepohybují se rovnoběžně s rychlostí.



- Reynoldsovo číslo: Pokud je $Re > Re_{\text{KRITICKÉ}}$ přechází laminární proudění na turbulentní.

$$Re = \frac{c \cdot d}{\nu}$$

c – rychlost, d – délka
 ν – kinematická viskozita

Ustálené a neustálené proudění:

Ustálené proudění: charakteristické veličiny (rychlost, tlak, teplota, ...) jsou nezávislé na čase. Proudnice je konstantní v čase.

Neustálené proudění: charakteristické veličiny (rychlost, tlak, teplota, ...) jsou nezávislé na čase. Proudnice není konstantní v čase.

Rovnice kontinuity pro jednorozměrné proudění:

— Neshlačitelná kapalina:

$$v \cdot S = \text{konst.} = Q \quad Q \dots \text{průtok } [\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}]$$

— Shlačitelná kapalina:

$$\rho \cdot v \cdot S = \text{konst.} = Q_m \quad Q_m \dots \text{hmotnostní průtok } [\text{kg} \cdot \text{s}^{-1}]$$

Rovnice kontinuity pro prostorové proudění:

$$\frac{\partial v_x}{\partial x} + \frac{\partial v_y}{\partial y} + \frac{\partial v_z}{\partial z} = 0 \quad = \text{div } \vec{v} = \frac{\partial v_i}{\partial x_i}$$

$\begin{matrix} \parallel & \parallel \\ 0 & 0 \end{matrix}$

Eulerova rovnice hydrodynamiky:

$$A_\ell dl - \frac{1}{\rho} \cdot \frac{\partial p}{\partial \ell} dl = \frac{\partial v}{\partial t} dl + \frac{\partial v}{\partial \ell} v dl$$

$A_\ell dl$ — práce, kterou vykoná síla způsobená zrychlením 1 kg kapaliny na dráze dl .

$\frac{1}{\rho} \cdot \frac{\partial p}{\partial \ell} dl$ — práce tlakových sil působících na 1 kg kapaliny na dráze dl .

$\frac{\partial v}{\partial t} dl$ — práce potřebná k zrychlení 1 kg kapaliny na dráze dl se zrychlením A_ℓ .

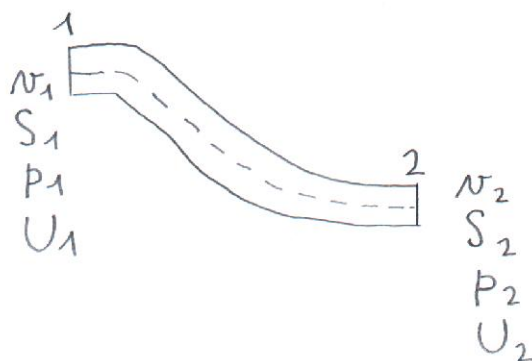
$\frac{\partial v}{\partial \ell} v dl$ — práce potřebná ke zrychlení 1 kg kapaliny na dráze dl z rychlosti v na rychlost:

$$v + \frac{\partial v}{\partial \ell} dl$$

Objemové zrychlení má potenciál U a posom platí:

$$A_\ell = \frac{\partial U}{\partial \ell}$$

Bernoulliho rovnice:



— Rovnice bez sráž: :

$$\frac{v_1^2}{2} + \frac{p_1}{\rho} - U_1 = \int_1^2 a_t dl + \frac{v_2^2}{2} + \frac{p_2}{\rho} - U_2$$

— Ideální kapalina (srážy):

$$\frac{v_1^2}{2} + \frac{p_1}{\rho} - U_1 = \int_1^2 a_t dl + \frac{v_2^2}{2} + \frac{p_2}{\rho} - U_2 + Y_{z1,2}$$

$\frac{v^2}{2}$... kinetická měrná energie

$\frac{p}{\rho}$... tlaková měrná energie

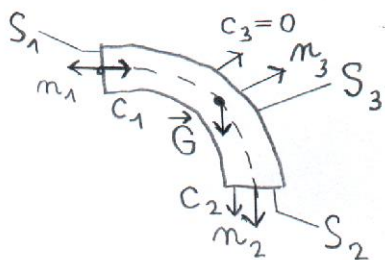
U ... potenciální měrná energie

$\int a_t dl$... práce urychlovacích sil na 1 kg kapaliny sýkající lokál. urychl.

Y_z ... srážy v potrubí

Věta o změně hybnosti:

$$F_R \left[\rho \int_S \vec{c} \cdot (\vec{c} \cdot \vec{n}) dS \right] = \vec{G} - \left[\int_S p \cdot \vec{n} dS \right] F_P$$



F_R - hybnostní dynamická síla

F_P - tlakové síly

G - tíhová síla: $G = V \cdot \rho \cdot g$

Weissbachův vztah:

Jedná se o výpočet srážové měnné energie.

$$Y_z = \xi \cdot \frac{v^2}{2}$$

v ... střední rychlost v potrubí $v = \frac{Q}{S}$
 ξ ... srážový součinitel

— třecí srážy:

$$Y_z = \lambda \cdot \frac{l}{D} \cdot \frac{v^2}{2}$$

— celkové srážy:

ξ_T

$$Y_z = (\xi_{\text{MÍSTNÍ}} + \xi_{\text{TŘECÍ}}) \cdot \frac{v^2}{2}$$

— laminární proudění:

$$\lambda = \frac{64}{Re}$$

$$Re \ll 2320$$

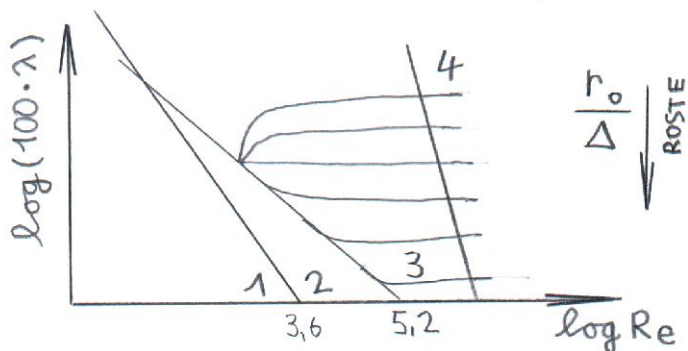
— turbulentní proudění:

$$\lambda = \frac{0,3164}{\sqrt[4]{Re}}$$

$$Re \gg 2320$$

$$Re < 10^5$$

Nikuradzeho diagram:



1 — laminární proudění

2 — přechodové proudění

3 — turbulentní proudění

4 — plně vyvinuté turbulentní proudění

Laminární proudění:

$$E = \rho \cdot \pi \cdot t \cdot v_s^3 R^2$$

— kinetická energie pro laminární proudění:

$$\gamma_k = \frac{E}{m} = v_s^2$$

— Coriolisovo číslo: Je to korekční součinitel kinetické energie při
pro laminární... $\alpha = 2$ nerovnoměrném rychlostním
pro turbulentní... $\alpha = 1,07$ profilu.

Dosazuje se do Bernoulliho rovnice:

$$\frac{p_1}{\rho} + \frac{\alpha_1 v_1^2}{2} = \frac{p_2}{\rho} + \frac{\alpha_2 v_2^2}{2} + \gamma_{z_{1,2}}$$

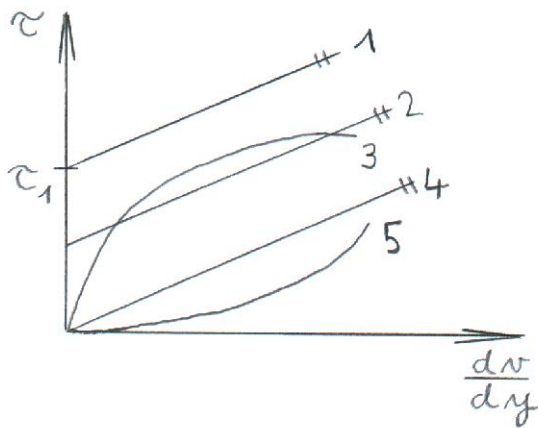
— Navier - Stokesova rovnice:

Vyznačuje podmínku rovnováhy sil při proudění skutečné kapaliny.

$\frac{\partial v}{\partial t}$	$+ v \cdot \frac{\partial v}{\partial l}$	$= A_x - \frac{1}{\rho} \cdot \frac{\partial p}{\partial l}$	$+ \nu \left(\frac{1}{r} \cdot \frac{\partial v}{\partial r} + \frac{\partial^2 v}{\partial r^2} \right)$
lokální zrychlení		objemové zrychlení	zrychlení pro překonání šlenu (tlakové zrychlení)
	konvekční zrychlení	zrychlení způsobené spádem	

Obecné proudění skutečné kapaliny:

- Překonání hydraulického odporu:
dochází ke ztrátě energie – energie se mění
na teplo – disipace energie.



$$\tau = -\eta \cdot \frac{dv}{dy}$$

1. Binghamská kapalina
2. Tkuščná kapalina
3. Pseudoplastická kapalina
4. Newtonská kapalina
5. Dilatanční kapalina

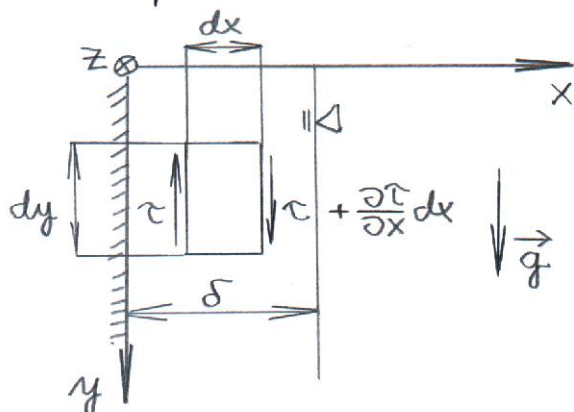
- Rychlost úhlové deformace:

$$a_x = A_x - \frac{1}{\rho} \cdot \frac{\partial p_x}{\partial x} + \frac{1}{\rho} \left(\frac{\partial \varepsilon_{yx}}{\partial y} + \frac{\partial \varepsilon_{zx}}{\partial z} \right)$$

$$\vec{a} = \vec{A} - \frac{1}{\rho} \vec{\text{grad}} p + \nu \cdot \Delta \vec{v}$$

Plékání po stěně:

- 1. aplikace Navier - Stokesovi rovnice.



- tlak do osy x a z se nemění
- rychlost proudění kapaliny:

$$v_y = - \frac{g}{\nu} \cdot \frac{x^2}{2} + \frac{g}{\nu} \cdot \delta \cdot x$$

- maximální rychlost - na hladině:

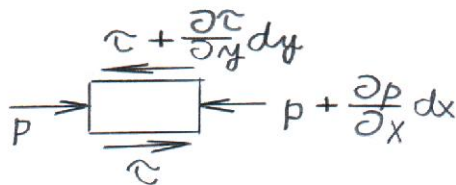
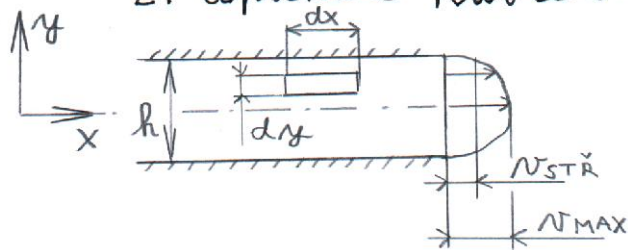
$$v_{MAX} = \frac{g}{\nu} \cdot \frac{\delta^2}{2}$$

- průtok:

$$Q = \frac{1}{3} \cdot \frac{g}{\nu} \cdot b \cdot \delta^3$$

Proudění mezi paralelními deskami:

- 2. aplikace Navier - Stokesovi rovnice.



- střední rychlost: $v_{STŘ} = \frac{2}{3} v_{MAX}$

- maximální rychlost:

$$v_{MAX} = \frac{i \cdot h^2}{8 \eta}$$

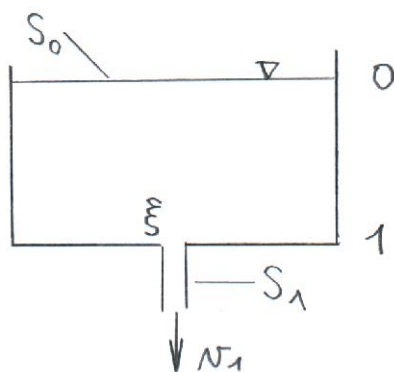
- průtok:

$$Q = \frac{i \cdot b \cdot h^3}{12 \eta}$$

- rychlostní profil proudění mezi dvěma deskami:

$$v = \frac{i}{2 \eta} \cdot \left[\left(\frac{h}{2} \right)^2 - y^2 \right]$$

Torinelliho výraz pro vysokovou rychlost:



Z Bernoulliho rovnice:

$$v_1 = \sqrt{\frac{2gh}{1 + \xi - \left(\frac{D_1}{D_0}\right)^2}}$$

Jestliže platí $S_0 \gg S_1$ a $\xi \rightarrow 0$ existuje Torinelliho výraz:

$$v_{1T} = \sqrt{2gh}$$

Platí pro neviskózní kapalinu bez ztrát.

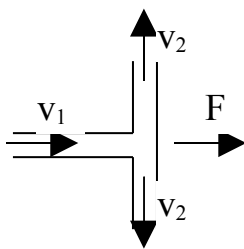
Rychlostní součinitel: $\varphi = \frac{v_1}{v_{1T}} < 1$

Impuls hybnosti kapaliny:

- Je vyjádření sil působících při průtoku konstantním prostorem.

$$F = Q_m \cdot (v_2 - v_1)$$

- Je to účinek vodního paprsku:



Proudění v relativním prostoru:

Rychlostní trojúhelník:

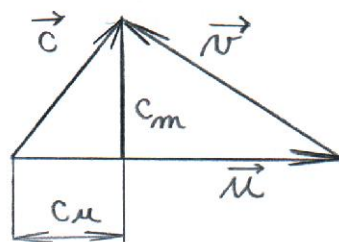
c ... absolutní rychlost

v ... relativní rychlost

u ... unášivá rychlost

c_m ... meridiální

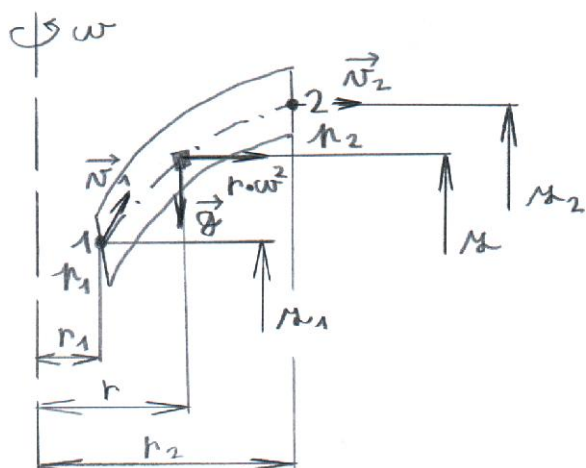
c_u ... složka absolutní rychlosti do unášivé



$$\vec{c} = \vec{v} + \vec{u}$$

$$\vec{u} = R \cdot \vec{\omega}$$

Proslující kanál:



Bernoulliho rovnice:

$$\frac{v_1^2}{2} + \frac{p_1}{\rho} - U_1 = \frac{v_2^2}{2} + \frac{p_2}{\rho} - U_2 + Y_{z12}$$

$$U = \frac{u^2}{2} - g \cdot h$$

$$u = r \cdot \omega$$

Teoretická měrná energie : $\Delta Y_{id} = u_2 c_{u2} - u_1 c_{u1}$

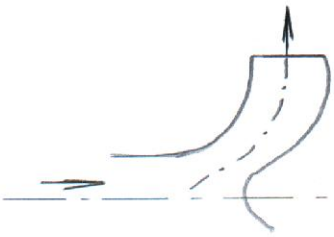
$\Delta Y > 0$ kanál energii kapalině dodává - čerpadlo

$\Delta Y < 0$ kapalina dodává energii kanálu - turbína

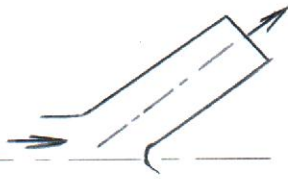
$\Delta Y = 0$ energie se nedodává - indiferenční kolo

Čerpadla:

- hydrosašická — pístová — jednočinná
 - dvoučinná
 - s rošáčními písty
- hydrodynamická — lamelová
- — zubová
- — šneková
- — radiální
- — axiální
- — diagonální
- jiných principů — proudová — ejektor
 - injektor
- — vodní škař
- — mamusové



Radiální



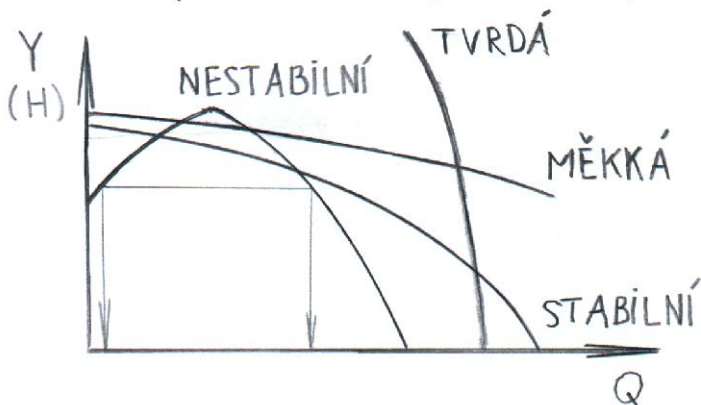
Axiální



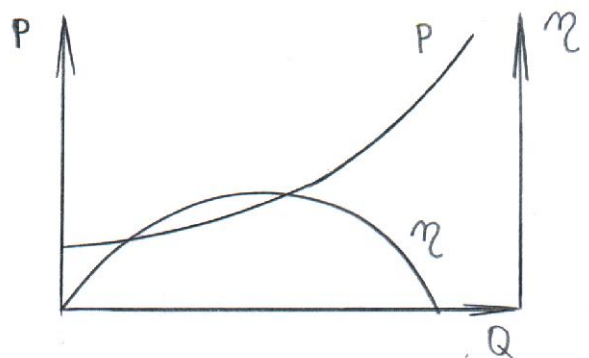
Diagonální (vrtule)

Charakteristika hydrodynamického čerpadla:

Závislost měnné energie
na průsoku (výška na průsoku):



Ideální
závislost:



Hydraulický máz:

Je důsledkem nesesacionárního proudění stlačené kapaliny v pružném potrubí a změnou rychlosti proudění.

Dochází k přeměně kinetické energie na energii deformační. U pružného systému je rychlost šíření tlakových změn konečná, to znamená že změna tlaku se šíří potrubím konstantní rychlostí.

První dif. rovnice:

$$\frac{\partial p}{\partial l} = \rho \cdot \frac{\partial v}{\partial t}$$

Druhá dif. rovnice:

$$\frac{\partial p}{\partial t} = \rho \cdot a^2 \cdot \frac{\partial v}{\partial l}$$

Hydraulický máz:

$$p = p_0 + \rho \cdot a \cdot c_0 - \rho \cdot a \cdot c$$

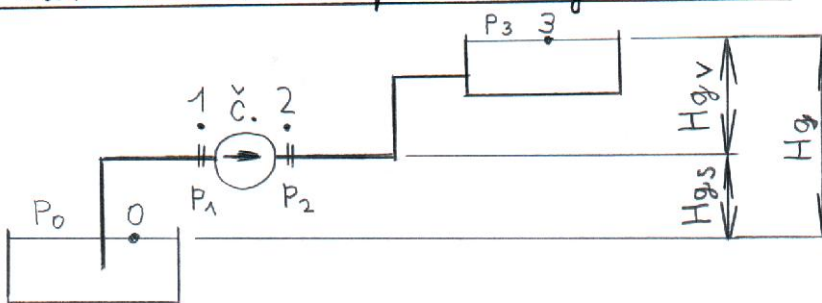
Totální máz:

$$p = p_0 + \rho \cdot a \cdot c_0$$

Neúplný máz:

$$p = p_0 + \rho \cdot a \cdot (c_0 - c_z)$$

Základní čerpací systém:



$$H_{\text{STATICKÁ}} = H_g + \frac{p_3 - p_0}{\rho \cdot g}$$

$$H_{\text{DOPRAVNÍ}} = H_{\text{ST}} + H_z$$

$$H_{\text{ZTRÁTOVÁ}} = \frac{\gamma_{z0,3}}{g} = \frac{c^2}{2 \cdot g} \sum_{i=1}^n \xi_i$$

H_g ... geodesická výška

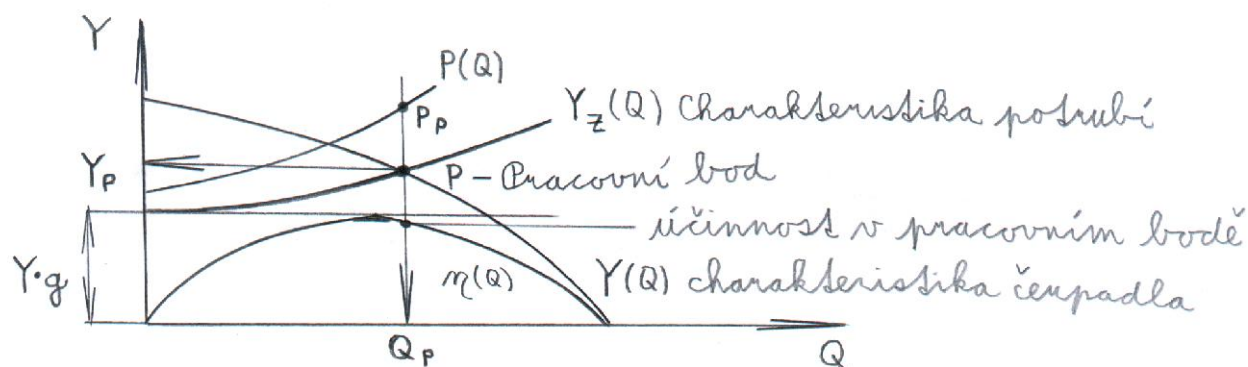
H_{gs} ... sací geodesická výška

H_{gv} ... výslavná geodesická výška

Potřebná měrná pro dopravu 1 kg kapaliny: $\Delta Y = g \cdot H_0$

Potřebný dodaný výkon: $P = \rho \cdot Q \cdot \Delta Y$

Charakteristika radiálního odstředivého čerpadla:



Turbíny:

- přeslahové
 - Francisova - střední spády (10-80 m), střední průtoky
 - Kaplanova - spád 0,5-70 m, velké průtoky
 - Přímoproudá
 - Reversní
- rovnoslahé
 - Pelsonova - velké spády (500 m+), malé průtoky
 - Bánkiho

— měrná energie pro turbínu:

$$\Delta Y = g \cdot z - \frac{C_3^2}{2} - Y_{z 0,1} - Y_{z 2,3}$$

— Eulerova turbínová rovnice:

$$\Delta Y_T = (u_1 c_{u1} - u_2 c_{u2}) + Y_{z 1,2}$$

— účinnost měrné energie:

$$\eta_h = \frac{Y_{Tid}}{\Delta Y_{TEOR.}}$$

$$\Delta Y_{Tid} = u_1 c_{u1} - u_2 c_{u2}$$