

Příloha 796 článku [21. Vodní turbíny a hydrodynamická čerpadla](http://www.transformacni-technologie.cz/21.html),
<http://www.transformacni-technologie.cz/21.html>.

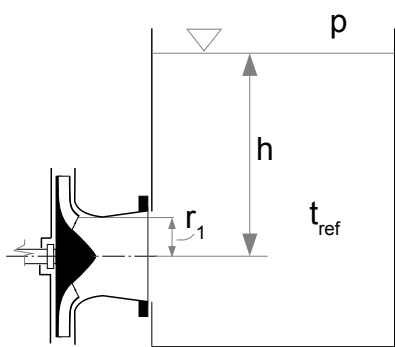
Definice veličiny NPSH

Energetická bilance proudového vlákna v mezní vrstvě profilu pro místo, ve kterém dosáhne tlaku syté kapaliny při dané teplotě podle [16.320]:

$$\frac{p_s(t_{ref})}{\rho} + \frac{w_s^2}{2} = \frac{p_1}{\rho} + \frac{w_1^2}{2} + z_p \quad [11.190] \quad (a)$$

$p_s(t_{ref})$ [Pa] tlak syté kapaliny při referenční teplotě; ρ [kg·m⁻³] hustota kapaliny (přibližně konstantní); w_s [m·s⁻¹] rychlost proudění v místě, ve kterém je tlak kapaliny roven tlaku syté kapaliny; p_1 [Pa] tlak kapaliny na náběžné hraně lopatky; w_1 [m·s⁻¹] rychlost kapaliny na náběžné hraně lopatky; z_p [J·kg⁻¹] ztráty vznikající při proudění kolem profilu.

$$w_1 = 0 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$$



Obrázek k odvození NPSH.

p_{ref} [Pa] tlak na hladině nádrže, při kterém probíhá referenční měření minimální sací výšky, r_1 [m] vnější poloměr oběžného kola na vstupu.

V rovnici nevystupuje změna potenciální energie, která je zanedbatelná vzhledem k tomu, že tlak $p_s(t_{ref})$ nastává velmi blízko k náběžné hraně.

Ke kavitaci v čerpadle dojde nastanou-li tyto pracovní podmínky:

Tlak p_1 z energetické bilance mezi hladinou a náběžnou hranou lopatky čerpadla:

$$\frac{p_1}{\rho} + \frac{c_1^2}{2} = \frac{p}{\rho} + \underbrace{g(h-r_1) + z_{hr}}_{g \cdot \text{NPSH}}, \quad [11.190]$$

p [Pa] tlak na hladině nádrže; g [m·s⁻²] gravitační zrychlení; r_1 [m] vnější poloměr oběžného kola na vstupu; z_{hr} [J·kg⁻¹] ztráty vznikající při proudění kapaliny v hrdle čerpadla,

$$c_1 = u_1 \text{ protože } w_1 = 0,$$

$$\frac{p_1}{\rho} = g \cdot \text{NPSH} - \frac{c_1^2}{2} \quad (b).$$

Dosazení rovnice (b) do (a):

$$\frac{p_s(t_{ref})}{\rho} + \frac{w_s^2}{2} = g \cdot \text{NPSH} - \frac{u_1^2}{2} + z_p,$$

$$\text{NPSH} = \frac{1}{g} \left(\frac{p_s(t_{ref})}{\rho} + \frac{w_s^2 + u_1^2}{2} - z_p \right).$$

Z poslední rovnice je zřejmé:

$$\text{NPSH} = f(t_{ref}, \text{tvar profilu}, u_1, \text{ztráty v hrdle}, \text{, drsnost povrchu/náběžný úhel}) \quad (c).$$

Vliv jednotlivých členů rovnice (c) na NPSH

$t_{ref} \uparrow$ rostoucí teplota výšku NPSH zvyšuje protože k varu tekutiny dojde při vyšším tlaku.

Tvar profilu má vliv na změnu rychlosti w_s čím vyšší je tato rychlost tím vyšší musí být velikost NPSH.

$u_1 \uparrow$ snižuje pravou stranu rovnice (a),

tlaku sytosti $p_s(t_{ref})$ dosáhne mnohem snáze, dovolená rychlost w_s bude nižší. Zvyšováním obvodové rychlosti se *NPSH* bude také zvyšovat.

Drsnost povrchu/náběžný úhel ovlivňují ztráty $z_{hr}+z_p$ čím větší jsou ztráty tím větší bude *NPSH*.

Rychlost u_1 a ztráty $z_{hr}+z_p$ jsou tím větší čím větší je objemový průtok V . Proto $V \uparrow$.

Pro konkrétní čerpadlo s daným profilem lopatek lze funkci (*c*) zobecnit na tvar:

$$NPSH = f(t_{ref}, \dot{V}).$$

Přepočítání NPSH na NPSHR

Při změně teploty nebo tlaku na hladině nádrže se změní i velikost sací výšky, při které dojde ke kavitaci. Tato výška se pro odlišení od sací výšky měřené při referenčních parametrech označuje jako požadovaná sací výška *NPSHR*:

$$NPSHR = \frac{1}{g} \left(\frac{p_s(t)}{\rho} + \frac{w_s^2 + u_1^2}{2} - z_p \right),$$

t [°C] požadovaná provozní teplota kapaliny; p [Pa] požadovaný tlak na hladině nádrže.

Porovnání rovnice *NPSH* a *NPSHR* je zřejmý přepočítání mezi nimi při zanedbání změny hustoty:

$$NPSHR = \frac{1}{g} \left(\frac{p_s(t)}{\rho} + g \cdot NPSH - \frac{p_s(t_{ref})}{\rho} \right),$$

$$NPSHR = NPSH + \frac{1}{g \cdot \rho} (p_s(t) - p_s(t_{ref})).$$