

## PODÉLNÁ STABILITA PLOVOUCÍHO TĚLESA VÁLCOVÉHO TVARU PLOVÁKŮ - 1. FÁZE

### LONGITUDINAL STABILITY OF THE FLOATING BODY BY CYLINDRICAL FORM OF FLOATS - 1

Leopold Hrabovský<sup>1</sup>

---

*Anotace: Příspěvek definuje výpočet plovatelnosti a stability plovoucí otoče plovoucích pásových dopravníků s koncovými plováky. Plovoucí otoč je sestavena ze dvou plováků válcového tvaru a rámové konstrukce.*

*Klíčová slova: Plovoucí pásový dopravník, válcový plovák, podélná stabilita, plovatelnost.*

*Summary: The article dealt with calculation the floatage and stability by floating element of belt conveyor with front-end floats. Floating face round is make-up from two float cylindrical shape and frame construction.*

*Key words: Floating belt conveyor, cylindrical float, longitudinal stability, buoyancy.*

#### 1. ÚVOD

K nejrozšířenějším technickým plavidlům využívaným při těžbě dobývacích prostor hornickou činností, jakož i ložisek nevyhrazených nerostů činností prováděnou hornickým způsobem, nacházejících se v prostoru pod hladinou spodní vody, jsou těžební zařízení, tzv. plovoucí bagry. Do této skupiny technických plavidel jsou účelně zařazovány i speciální zařízení, tzv. plovoucí pásové dopravní trasy sestavené z dílčích sekcí plovoucích pásových dopravníků. Omezení ekonomických nákladů spojených s dopravou těživa na břeh těžebního jezera vede k celkové automatizaci bagrovacího procesu, což s sebou přináší řadu technických zařízení, které umožňují kontinuální směrování těživa od plovoucích bagrů ke stacionárním třídírnám na břehu těžebního prostoru. Ve vnitrozemské plavbě se proto uplatňují technická plavidla, jako jsou např. plovoucí úpravny štěrkopísků, nákladní čluny a v neposlední řadě také plovoucí pásové dopravníky.

Základní požadavky, bezpečnosti práce a provozu při hornické činnosti a vybraných činnostech prováděných hornickým způsobem při těžbě štěrkopísků ve vodních pískovných na území ČR, jsou kladeny na zajištění plovatelnosti a stability technických plavidel i vícesekčních plovoucích pásových dopravních tras a to v celém rozsahu pracovní variability těchto plovoucích zařízení.

Řada provozních stavů a okolností měla, v průběhu využívání plovoucích dopravních pásových systémů směřujících těživo od těžebních zařízení na břeh těžebního jezera, za následek plavební nehody, které byly zapříčiněny ztrátou plovatelnosti a stability. Plavební nehody, mimo vysokých finančních výdajů spojených se znovu uvedením zařízení do

---

<sup>1</sup> doc. Ing. Leopold Hrabovský, Ph.D., Vysoká škola báňská - Technická univerzita Ostrava, Fakulta strojní, Ústav dopravních a procesních zařízení, 17. listopadu 15/2172, 708 33 Ostrava - Poruba, Tel.: +420 597 323 185, Fax: +420 596 916 490, E-mail: [leopold.hrabovsky@vsb.cz](mailto:leopold.hrabovsky@vsb.cz)

bezporuchového chodu, výrazně ohrožují bezpečnost a ochranu zdraví při práci a bezpečnost provozu při těžbě nerostů činností prováděnou hornickým způsobem.

## 2. POPIS A ZÁKLADNÍ ROZMĚRY PLOVÁKOVÉHO TĚLESA

Výpočet podélné stability a plovatelnosti plovoucího tělesa, v 1. fázi vychýlení z rovnovážné polohy, plovoucí pásové dopravní trasy sestavené z pásových dopravníků a koncových (podpěrných) plovákových těles s plováky válcového tvaru (obr. 2), bude proveden pro těleso samostatně plující na hladině těžebního jezera. V následujícím výpočtu není uvažováno s reakcemi od dopravníků, které jsou k plovoucímu tělesu připojeny a které stabilitu tělesa zlepšují.



Zdroj: Autor

Obr. 1 - Plovákové těleso plovoucí pásové dopravní trasy

Plovákové těleso (plovoucí otoč) dle obr. 1 je tvořena dvěma plováky, spojovací konstrukcí a nástavbou. Pro výpočet vztlaku budou uvažovány pouze plováky, vztlaková síla spojovací konstrukce je zanedbatelná a nebude s ní v následných výpočtech uvažováno.



Zdroj: Autor

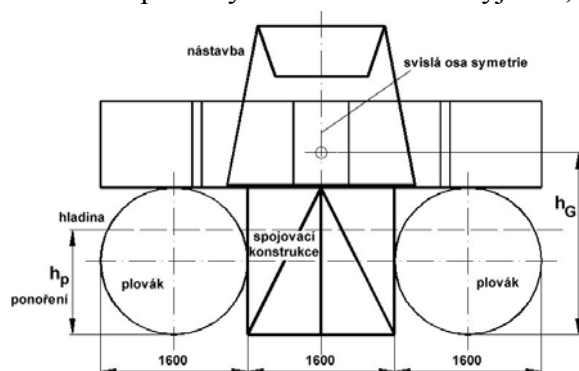
Obr. 2 - Plovoucí pásová dopravní trasa s plováky válcového tvaru

Základní rozměry plováku válcovitého tvaru jsou, dle obr. 3, voleny o průměru 1600 mm a délce 4030 mm. Pro výpočet podélné stability plovákového tělesa je nezbytné přesně určit souřadnice těžiště otoče G (střed hmot). Na těleso působí tíha samotné konstrukce a tíha

pásových dopravníků. Předpokládáme, že všechny tyto síly působí v ose symetrie a i těžiště G tedy leží na ose symetrie ve výšce  $h_G$  [m] nad dnem plováků.

Hodnoty pro výpočet polohy těžiště G byly převzaty z dokumentu [1, kap.5.1, str.68],  $m_o = 4055$  kg - celková hmotnost plovoucí otoče,  $h_o = 800$  mm - volená poloha těžiště nad dnem otoče [2, str.87],  $h_{pdh}$  [m] - poloha působíště poloviny tíhy pásového dopravníku v horním uložení (výšyp), viz (1),  $h_{pdd}$  [m] - poloha působíště poloviny tíhy pásového dopravníku v dolním uložení (násyp), viz (2),  $m_{dm} = 694$  kg - maximální hmotnost dopravovaného materiálu. Polohu  $h_G$  [m] těžiště G celé otoče je pak možno určit dle vztahu (3).

Dle [2, str.87] je volena poloha působíště poloviny tíhy pásového dopravníku v horním uložení (výšyp)  $h_{pdhh} = 3447$  mm, vzhledem k tomu, že výška plováku hranolovitého tvaru je dle [2, str.87]  $h_{ph} = 1170$  mm, je možno polohu působíště poloviny tíhy pásového dopravníku v horním uložení plovoucí otoče s plováky válcového tvaru vyjádřit, viz (1).



Zdroj: Autor

Obr. 3 - Plovoucí otoč, rozměrový nárysný náčrt

$$h_{pdh} = h_{pdhh} - h_{ph} + h_{pv} = 3447 - 1170 + 1600 = 3877 \text{ mm} \quad (1)$$

kde  $h_{pv}$  [m] - průměr plováku válcového tvaru, dle [1, obr.5.3] je volen  $h_{pv} = 1600$  mm.

Dle [2, str.87] je volena poloha působíště poloviny tíhy pásového dopravníku v dolním uložení (násyp)  $h_{pddh} = 1527$  mm, je možno polohu působíště poloviny tíhy pásového dopravníku v dolním uložení plovoucí otoče s plováky válcového tvaru vyjádřit, viz (2).

$$h_{pdd} = h_{pddh} - h_{ph} + h_{pv} = 1527 - 1170 + 1600 = 1957 \text{ mm} \quad (2)$$

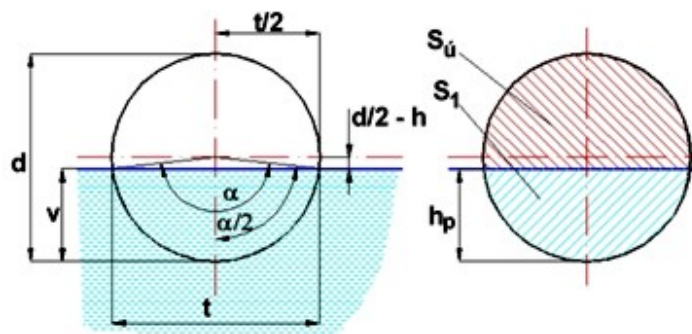
$$h_G = \frac{m_o \cdot h_o + \frac{1}{2} \cdot (m_{pd} + m_{dm}) \cdot h_{pdh} + \frac{1}{2} \cdot (m_{pd} + m_{dm}) \cdot h_{pdd}}{m_o + m_{pd} + m_{dm}} =$$

$$= \frac{4055 \cdot 800 + \frac{1}{2} \cdot (4480 + 694) \cdot 3877 + \frac{1}{2} \cdot (4480 + 694) \cdot 1957}{4055 + 4480 + 694} = 1987 \text{ mm} \quad (3)$$

Těžiště otoče je téměř 0,39 m ( $h_G - h_c = 1987 - 1600 = 387$  mm) nad horním povrchem plováků a cca 1,1 m ( $h_G - h_p = 1987 - 888 = 1099$  mm) nad hladinou.

### 3. PODÉLNÁ STABILITA PLOVUCÍHO TĚLESA VÁCOVÉHO TVARU

V rovnovážném stavu plovacího tělesa (plovacího těleso není vychýleno), kdy dosahuje ponor  $h_p$  [m] obou plováků do výšky, která je pod horizontální osou plováků je možno plochu zanořené nárysné části jednoho plováku  $S_1$  [m<sup>2</sup>] vyjádřit dle obr. 4 vztahem (4).



Zdroj: Autor

Obr. 4 - Nárysné znázornění zanoření plováků válcových tvarů

$$S_1 = \frac{d^2}{8} \cdot \left( \frac{\pi \cdot \alpha}{180} - \sin \alpha \right) \text{ [m}^2\text{]} \quad (4)$$

Dle obr. 4 je možno určit hloubku zanoření plováků (tzv. ponor)  $h_p$  [m] dle vztahu (5).

$$h_p = \frac{d}{2} - \frac{d}{2} \cdot \cos \frac{\alpha}{2} = \frac{d}{2} \cdot \left( 1 - \cos \frac{\alpha}{2} \right) \text{ [m]} \quad (5)$$

Pro výpočet podélné stability plovací otoče bude uvažována hloubka zanoření  $h_p = 712$  mm. Celková plocha  $S$  [m<sup>2</sup>] zanoření plováků v rovnovážném stavu plovacího tělesa odpovídá součtu zanořených ploch  $S_1$  [m<sup>2</sup>] a  $S_2$  [m<sup>2</sup>] obou plováků válcového tvaru. V literatuře [3, str.330] je definováno, že výšku  $v$  [m] (viz obr. 4) kruhové úseče je možno určit dle vztahu (6).

$$v = \frac{d}{2} - \frac{1}{2} \cdot \sqrt{4 \cdot \left( \frac{d}{2} \right)^2 - t^2} = \frac{d}{2} \cdot \left( 1 - \cos \frac{\alpha}{2} \right) \text{ [m]} \quad (6)$$

Dle obr. 4 platí, že výška  $v$  [m] kruhové úseče (plocha  $S_1$  [m<sup>2</sup>] zanořené části jednoho plováku ve stavu rovnovážném plovacího tělesa) je rovna hloubce zanoření  $h_p$  [m]. Úpravou vztahu (6) je možno vyjádřit hledaný úhel  $\alpha$  [deg], viz (7).

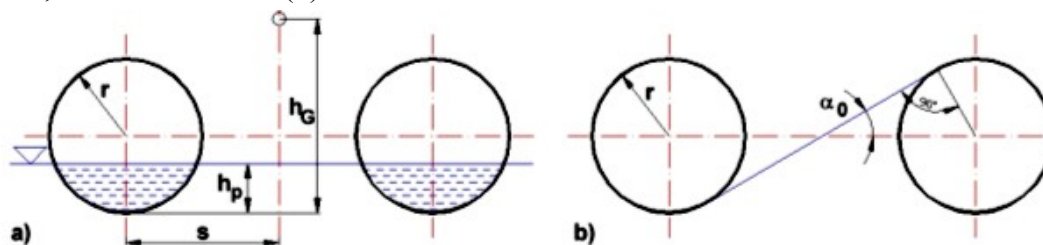
$$v = h_p = \frac{d}{2} \cdot \left( 1 - \cos \frac{\alpha}{2} \right) \Rightarrow \alpha = 2 \cdot \arccos \left( \frac{d - 2 \cdot h_p}{d} \right) \text{ [m]} \quad (7)$$

Výchozí mezní stav, označen jako 1), je docílen, dosahuje-li ponor  $h_p$  [m] válcového plováku právě poloměru plováku  $r$  [m]. Rovina vodní hladiny v jistém specifickém okamžiku naklonění plovací otoče (o úhel  $\alpha$  [deg]) splývá s úhlopříčkou plováku (přímka procházející horním rohem pravé svislé stěny a spodním rohem levé svislé stěny plováku), viz obr. 4.

V okamžiku, kdy plovací otoč není vychýlena z rovnovážné polohy o úhel  $\phi$  [deg], je možno velikost zanořené nárysné plochy  $S_1$  [m<sup>2</sup>] vyjádřit dle vztahu (4) s využitím vztahu (7). Pak celková plocha vymezená podélnými rozměry plováků a hladinou ve svislé (nárysné)

rovině je  $S = 2 \cdot S_1 = 2 \cdot 0,865 = 1,73 \text{ m}^2$ , tato plocha  $S \text{ [m}^2\text{]}$  musí být v celém průběhu naklání plovoucí otoče zachována.

Při výpočtu podélné stability a plovatelnosti je nutno řešení rozložit do dvou základních směrů. Tyto dva směry vyplývají z definovaného mezního úhlu  $\alpha_0 \text{ [deg]}$ , který je určen jako úhel tečny k obrysům plováků vůči vodorovné rovině, viz obr. 5,b. Úhel  $\alpha_0 \text{ [deg]}$  je možno dle obr. 5,b určit dle vztahu (8).



Zdroj: Autor

Obr. 5 - Nárysne znázornění plováků válcových tvarů

$$\sin \alpha_0 = \frac{r}{s} \Rightarrow \alpha_0 = \arcsin\left(\frac{r}{s}\right) = \arcsin\left(\frac{d/2}{d/2 + l/2}\right) = \arcsin\left(\frac{800}{1600}\right) = 30 \text{ deg} \quad (8)$$

Obecný úhel  $\alpha \text{ [deg]}$  náklonu plovoucí otoče může nabýt z obecného pohledu (z ohledem na úhel  $\alpha_0 \text{ [deg]}$ ) dvou velikostí, popsanych těmito stavy:

1. první situace nastává, je-li úhel naklonění  $\alpha \text{ [deg]}$  menší než úhel  $\alpha_0 \text{ [deg]}$  a současně větší než  $0 \text{ deg}$ , viz (9).

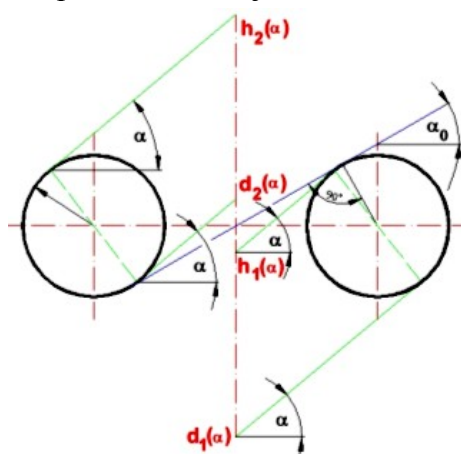
2. druhá situace nastává v opačném případě, tzn. pokud úhel  $\alpha \text{ [deg]}$  bude větší než úhel  $\alpha_0 \text{ [deg]}$  a menší  $90 \text{ deg}$ , viz (10).

$$0 < \alpha \leq \alpha_0 \text{ nebo-li } 0 < \alpha \leq \arcsin\left(\frac{r}{s}\right) \quad (9)$$

$$\alpha_0 < \alpha < \frac{\pi}{2} \quad (10)$$

Nyní budou obě situace, popsané vztahy (9) a (10), podrobněji vyšetřovány.

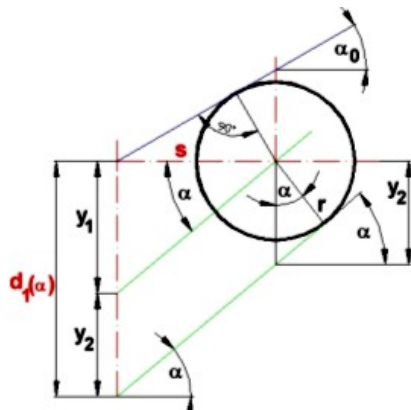
Ad 1) Situace, pro níž platí rozsah úhlu naklonění  $\alpha \text{ [deg]}$  dle vztahu (10). Obecné znázornění toho stavu naklonění plovoucí otoče je uvedeno na obr. 6.



Zdroj: Autor

Obr. 6 - Vychýlení plovoucí otoče o úhel  $\alpha \text{ [deg]}$  definovaný vztahem (10)

Vzdálenost průsečíku  $d_1(\alpha)$  (tento bod je definován jako průsečík tečny se svislou osou souměrnosti plovákového tělesa vedené pod úhlem  $\alpha$  [deg] k dolní části pravého plováku) od počátku souřadného systému, viz obr. 6, je možno dle obr. 7 vyjádřit vztahem (11).



Zdroj: Autor

Obr. 7 - Vzdaľenosť průsečíku  $d_1(\alpha)$  od počátku souřadného systému

$$d_1(\alpha) = -y_1 - y_2 = -s \cdot \operatorname{tg} \alpha - \frac{r}{\cos \alpha} \text{ [m]} \quad (11)$$

kde  $y_1$  [m] - délka úsečky na y-ové ose (osa plování) vyjádřená vztahem (12) s využitím obr. 7,

$y_2$  [m] - délka úsečky na ose plování vyjádřená vztahem (13) s využitím obr. 7.

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{y_1}{s} \Rightarrow y_1 = s \cdot \operatorname{tg} \alpha \text{ [m]} \quad (12)$$

$$\cos \alpha = \frac{r}{y_2} \Rightarrow y_2 = \frac{r}{\cos \alpha} \text{ [m]} \quad (13)$$

Vzdálenost průsečíku  $h_1(\alpha)$  (tento bod je definován jako průsečík tečny se svislou osou souměrnosti plovákového tělesa vedené pod úhlem  $\alpha$  [deg] k horní části pravého plováku) od počátku souřadného systému, viz obr. 6, je možno dle obr. 7 vyjádřit vztahem (14).

$$h_1(\alpha) = d_1(\alpha) + 2 \cdot y_2 = -s \cdot \operatorname{tg} \alpha + \frac{r}{\cos \alpha} \text{ [m]} \quad (14)$$

Vzdálenost průsečíku  $d_2(\alpha)$  (tento bod je definován jako průsečík tečny se svislou osou souměrnosti plovákového tělesa vedené pod úhlem  $\alpha$  [deg] k dolní části levého plováku) od počátku souřadného systému, viz obr. 6, je možno vyjádřit vztahem (15).

$$d_2(\alpha) = -h_1(\alpha) = s \cdot \operatorname{tg} \alpha - \frac{r}{\cos \alpha} \text{ [m]} \quad (15)$$

Vzdálenost průsečíku  $h_2(\alpha)$  (tento bod je definován jako průsečík tečny se svislou osou souměrnosti plovákového tělesa vedené pod úhlem  $\alpha$  [deg] k horní části levého plováku) od počátku souřadného systému, viz obr. 6, je možno vyjádřit vztahem (16).

$$h_2(\alpha) = -d_1(\alpha) = s \cdot \operatorname{tg} \alpha + \frac{r}{\cos \alpha} \text{ [m]} \quad (16)$$

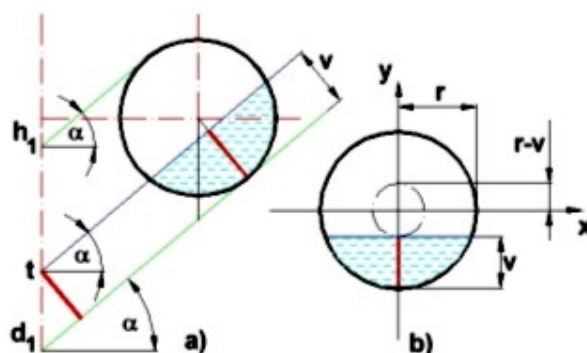
Při úhlu  $\alpha$  [deg] naklonění plovoucí otoče, v rozsahu definovaném vztahem (10), nabývají jednotlivé body (viz obr. 6) těchto absolutních velikostí, viz (17).

$$d_1(\alpha) < h_1(\alpha) \leq d_2(\alpha) < h_2(\alpha) \quad (17)$$

Stav vychýlení plovoucí otoče z rovnovážné polohy definovaný dle předpokladu (10) je nutno opět dále rozložit do dvou stavů, popsaných případy ad 1a) a ad 1b).

ad 1a) Stav naklonění plovoucí otoče tvořené dvěma plováky válcového tvaru, pro který je úhel  $\alpha$  [deg] náklonu popsán vztahem (10) a případ, kdy poloha hladiny nepřesáhne při naklonění plovoucí otoče střed pravého plováku, viz obr. 8. Bod „t“ (průsečík vodní hladiny se svislou osou souměrnosti plovoucí otoče, při vychýlení otoče z rovnovážné polohy) leží v intervalu, popsaném vztahem (18).

$$t \in (d_1(\alpha), h_1(\alpha)) \quad (18)$$



Zdroj: Autor

Obr. 8 - Vychýlení plovoucí otoče z rovnovážného stavu

Výšku  $v$  [m] zanořené části pravého plováku (výška kruhové úseče) je možno vyjádřit dle obr. 8 vztahem (19).

$$\cos \alpha = \frac{v}{t - d_1(\alpha)} \Rightarrow v = (t - d_1(\alpha)) \cdot \cos \alpha \quad (19)$$

Obsah plochy  $S_1(t)$  [m<sup>2</sup>] zanořené části plováku válcového tvaru lze vyjádřit na základě obr. 8,b vztahem (20).

$$S_1(t) = \int_{-r}^{-r + (t - d_1(\alpha)) \cdot \cos \alpha} \left( \int_{-\sqrt{r^2 - y^2}}^{\sqrt{r^2 - y^2}} dx \right) \cdot dy \quad (20)$$

Polohu těžiště  $T_1(t)$  [m<sup>2</sup>] zanořené části plováku válcového tvaru lze vyjádřit na základě obr. 8,b vztahem (21).

$$T_1(t) = \left( 0, \frac{\int_{-r}^{-r + (t - d_1(\alpha)) \cdot \cos \alpha} \left( \int_{-\sqrt{r^2 - y^2}}^{\sqrt{r^2 - y^2}} y \cdot dx \right) \cdot dy}{S_1(t)} \right) = (0, y_1(t)) \quad (21)$$

Polohu těžiště  $T_1(t)$  [m<sup>2</sup>] zanořené části pravého plováku válcového tvaru lze vyjádřit, v případě, kdy rovina vodní hladiny přesáhne střed plováku, na základě obr. 8,a vztahem (25).

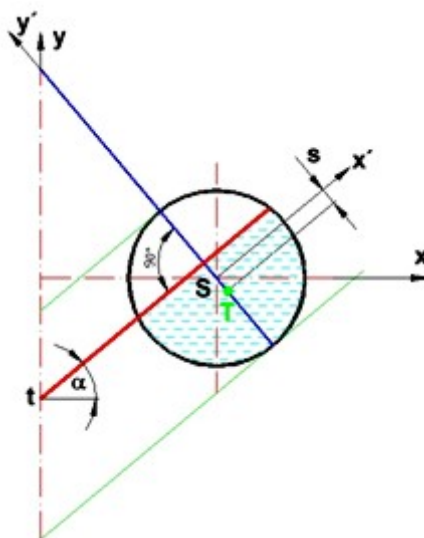
Těžiště  $T_1(\alpha)$  zanořené plochy  $S_1(\alpha)$  levého plováku se nachází, na úsečce kolmé k přímkce, jejíž počátek prochází bodem „t“ a je skloněna pod úhlem  $\alpha$  [deg], ve vzdálenosti  $s$

[m] od středu S plováku. Souřadnice polohy těžiště  $T_1(\alpha)$  zanořené plochy  $S_1(\alpha)$  pravého plováku je možno vyjádřit dle vztahu (22).

$$(x, y) = (s, 0) + k \cdot \frac{(-\operatorname{tg}\alpha, 1)}{\sqrt{1 + (\operatorname{tg}\alpha)^2}} \quad (22)$$

kde  $\frac{(-\operatorname{tg}\alpha, 1)}{\sqrt{1 + (\operatorname{tg}\alpha)^2}}$  - velikost jednotkového vektoru ve směru osy  $y'$  viz obr. 9 a obr. 10,

$k$  [m] - vzdálenost těžiště zanořené plochy pravého plováku od jeho středu, dle obr. 7 a vztahu (21) nabývá velikosti  $y_1(t)$ .

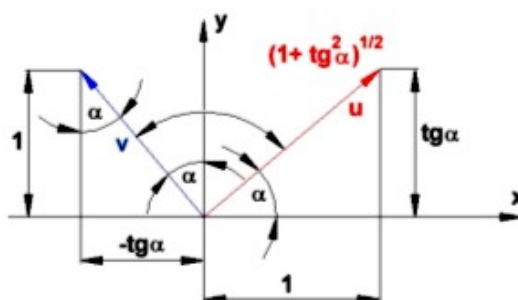


Zdroj: Autor

Obr. 9 - Vychýlení pravého plováku plovoucí otoče z rovnovážného stavu

Na obr. 10 je znázorněn jednotkový vektor  $u = (1, \operatorname{tg}\alpha)$ . Z matematické analýzy platí, že skalární součin dvou vektorů  $u = (u_1, u_2)$  a vektoru  $v = (v_1, v_2)$  je možno popsat vztahem (23), výsledkem skalárního součinu je číslo. Pokud je skalární součin dvou vektorů roven nule, jsou tyto vektory vzájemně vůči sobě kolmé.

$$u \cdot v = u_1 \cdot v_1 + u_2 \cdot v_2 \quad (23)$$



Zdroj: Autor

Obr. 10 - Znázornění vektoru

Má-li být dle obr. 10 vektor  $v$  kolmý na vektor  $u$  musí být jeho souřadnice  $v = (-\operatorname{tg}\alpha, 1)$ , neboť pak je splněna podmínka, viz vztah (24), že skalární součin dvou vektorů je roven nule, a tyto jsou vůči sobě kolmé.



$$u \cdot v = u_1 \cdot v_1 + u_2 \cdot v_2 = 1 \cdot (-\operatorname{tg}\alpha) + \operatorname{tg}\alpha \cdot 1 = 0 \quad (24)$$

$$T_1(t) = (s, 0) + y_1(t) \cdot \frac{(-\operatorname{tg}\alpha, 1)}{\sqrt{1 + (\operatorname{tg}\alpha)^2}} =$$

$$= \left( s - \frac{\operatorname{tg}\alpha}{\sqrt{1 + (\operatorname{tg}\alpha)^2}} \cdot y_1(t), \frac{1}{\sqrt{1 + (\operatorname{tg}\alpha)^2}} \cdot y_1(t) \right) [\text{m}^2] \quad (25)$$

ad 1b) Stav naklonění plovoucí otoče tvořené dvěma plováky válcového tvaru, pro který je úhel  $\alpha$  [deg] náklonu popsán vztahem (10) a rovina hladiny přesáhne při naklonění plovoucí otoče střed levého plováku, viz obr. 11. Bod „t“ (průsečík vodní hladiny se svislou osou souměrnosti plovoucí otoče, při vychýlení otoče z rovnovážné polohy) leží v intervalu, popsaném vztahem (26).

$$t \in (d_2(\alpha), h_2(\alpha)) \quad (26)$$

Dle obr. 11 lze určit výšku  $v$  [m] zanořené části levého plováku (výška kruhové úseče) vztahem (27).

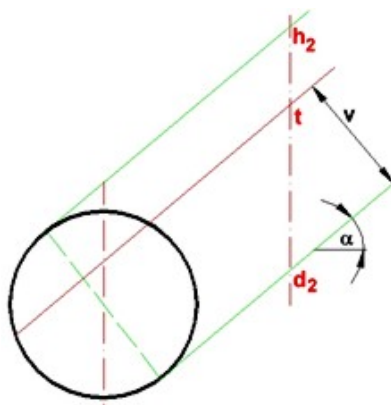
$$\cos \alpha = \frac{v}{t - d_2(\alpha)} \Rightarrow v = (t - d_2(\alpha)) \cdot \cos \alpha [\text{m}] \quad (27)$$

Obsah plochy  $S_2(t)$  [m<sup>2</sup>] zanořené části levého plováku válcového tvaru lze vyjádřit na základě obr. 8,b vztahem (28).

$$S_2(t) = \int_{-r}^{-r + (t - d_2(\alpha)) \cdot \cos \alpha} \left( \int_{-\sqrt{r^2 - y^2}}^{\sqrt{r^2 - y^2}} dx \right) \cdot dy [\text{m}^2] \quad (28)$$

Polohu těžiště  $T_2(t)$  [m<sup>2</sup>] zanořené části plováku válcového tvaru lze vyjádřit na základě obr. 8,b vztahem (29).

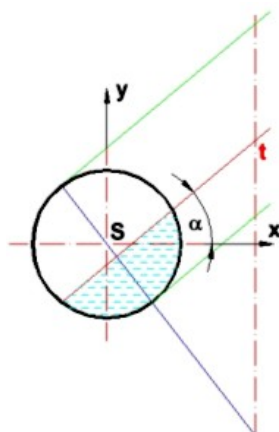
$$T_2(t) = \left( 0, \frac{\int_{-r}^{-r + (t - d_2(\alpha)) \cdot \cos \alpha} \left( \int_{-\sqrt{r^2 - y^2}}^{\sqrt{r^2 - y^2}} y \cdot dx \right) \cdot dy}{S_2(t)} \right) = (0, y_2(t)) [\text{m}^2] \quad (29)$$



Obr. 11 - Vychýlení plovoucí otoče z rovnovážného stavu

Zdroj: Autor

Polohu těžiště  $T_2(t)$  [m<sup>2</sup>] zanořené části levého plováku válcového tvaru lze vyjádřit na základě obr. 11 vztahem (30).



Zdroj: Autor

Obr. 12 - Vychýlení levého plováku plovoucí otoče z rovnovážného stavu

V tabulce č. 1 jsou uvedeny základní hodnoty, které byly získány graficko - početním řešením, náklonu plovoucí otoče v průběhu 1. fáze naklánění.

Tab. 1 - Hodnoty souřadnic těžiště výtlačku, ramene stability pro 1. fázi

$\phi$ [deg]	0	3	6	9	12	15	18	21	23,66
$\phi_k$ [deg]	0	3,17	6,16	9,35	12,59	15,86	19,09	22,13	
$S_L$ [m <sup>2</sup> ]	0,865	0,730	0,594	0,460	0,330	0,209	0,104	0,024	0
$\alpha_L$ [deg]	167,37	154,97	141,80	127,65	112,13	94,59	73,61	44,58	0
$t_L$ [mm]	1590,29	1561,98	1511,92	1435,92	1327,47	1175,77	958,55	606,87	0
$t_1$ [mm]	387,55	434,96	484,80	536,86	591,03	647,11	704,90	764,21	0
$v_L$ [mm]	712	626,64	538,23	447,11	353,40	257,42	159,46	59,78	0
$x_L$ [mm]	1600	1575,95	1547,98	1512,78	1471,17	1423,15	1369,46	1312,06	0
$y_L$ [mm]	412,45	365,71	318,00	270,27	223,18	177,52	133,86	92,11	0
$S_P$ [m <sup>2</sup> ]	0,865	1,000	1,136	1,270	1,400	1,521	1,626	1,706	1,73
$\alpha_P$ [deg]	167,37	179,51	191,73	204,09	216,57	229,02	241,0	251,16	254,53
$\beta$ [deg]	192,63	180,49	168,27	155,91	143,43	130,98	119,0	108,84	105,47
$t_P$ [mm]	1590,29	1599,99	1591,62	1564,78	1519,23	1455,81	1643,92	1301,25	1273,31
$x_P$ [mm]	1600	1618,88	1631,74	1640,83	1645,49	1646,21	1643,92	1640,56	1639,91
$y_P$ [mm]	412,45	459,15	505,92	552,02	596,33	637,35	373,09	700,28	708,92
$t_2$ [mm]	387,42	341,37	295,79	251,32	208,69	169,08	134,29	107,65	99,44
$v_P$ [mm]	712	796,60	718,22	633,08	549,03	468,11	393,97	334,51	315,57
$S$ [m <sup>2</sup> ]	1,73								
$x_{TV}$ [mm]	0	270,54	539,85	803,08	1051,3	1274,84	1462,56	1598,92	1639,91
$y_{TV}$ [mm]	412,45	419,72	441,39	477,17	525,19	851,72	640,64	691,71	708,92
$h_G \cdot \sin\phi_k$ [mm]	0	109,88	213,22	310,84	433,11	543,02	649,85	748,52	797,40
$v$ [mm]	0	183,46	370,88	547,12	707,38	842,26	941,80	993,22	989,16
$h_s$ [mm]	712	714,97	709,48	705,75	699,78	690,50	675,93	651,70	627,73

$$(x, y) = (-s, 0) + k \cdot \frac{(-\operatorname{tg}\alpha, 1)}{\sqrt{1 + (\operatorname{tg}\alpha)^2}} \quad (30)$$

$$\begin{aligned}
 T_2(t) &= (-s, 0) + y_2(t) \cdot \frac{(-\operatorname{tg}\alpha, 1)}{\sqrt{1 + (\operatorname{tg}\alpha)^2}} = \\
 &= \left( -s - \frac{\operatorname{tg}\alpha}{\sqrt{1 + (\operatorname{tg}\alpha)^2}} \cdot y_2(t), \frac{1}{\sqrt{1 + (\operatorname{tg}\alpha)^2}} \cdot y_2(t) \right) [\text{m}^2]
 \end{aligned}
 \tag{31}$$

#### 4. ZÁVĚR

V Tab. 1 jsou uvedeny základní hodnoty, které byly získány graficko - početním řešením při vychylování plovoucí otoče s plováky válcového tvaru v podélném směru v průběhu 1. fáze naklání. V okamžiku vychýlení plovoucí otoče o úhel  $\phi = \phi_k = 23,66$  deg dochází k ukončení fáze (levý plovák je zcela vynořen) a při dalším vychylování plovoucí otoče již dochází pouze k změně velikosti zanořené plochy pravého plováku a levý plovák je vždy zcela vynořen.

Hodnoty základních veličin uvedených v Tab. 1 byly získány grafickým řešením v prostředí Autocad 2002 a ty byly ověřovány výpočtem v programu Mathcad Professional 2000. Sestavený výpočet pro 1. fázi naklání plovoucí otoče v podélném směru je uložen jako příloha závěrečné zprávy [4] na přiloženém CD ROM v příloze č. 6 pod názvem Přílohy/Mathcad/Vypocet 212b.mcd.

Tento příspěvek vznikl na základě řešení projektu výzkumu a vývoje Českého báňského úřadu P. č. 62-08 pod názvem „Bezpečnost vícesekčních plovoucích pásových dopravních tras“.

#### POUŽITÁ LITERATURA

- [1] HRABOVSKÝ, L. Závěrečná zpráva projektu VaV ČBÚ P.č. 62-08 za 3. čtvrtletí 2009 etapy č. 4 pod názvem „Dynamická stabilita, ověření stability v provozních podmínkách“. Ostrava, září 2009.
- [2] HRABOVSKÝ, L. Závěrečná zpráva projektu VaV ČBÚ P.č. 62-08 za 2. čtvrtletí 2009 etapy č. 3 pod názvem „Modelování a kontrolní výpočty“. Ostrava, červen 2009.
- [3] BARTSCH, H. J. Matematické vzorce. SNTL Praha 1983.
- [4] HRABOVSKÝ, L. Závěrečná zpráva projektu VaV ČBÚ P.č. 62-08 za 4. čtvrtletí 2009 etapy č. 5 pod názvem „Formulace metodiky výpočtu plovatelnosti a stability“. Ostrava, listopad 2009.