

## 4.7. Uticaj slobodne površine tečnosti na stabilitet broda

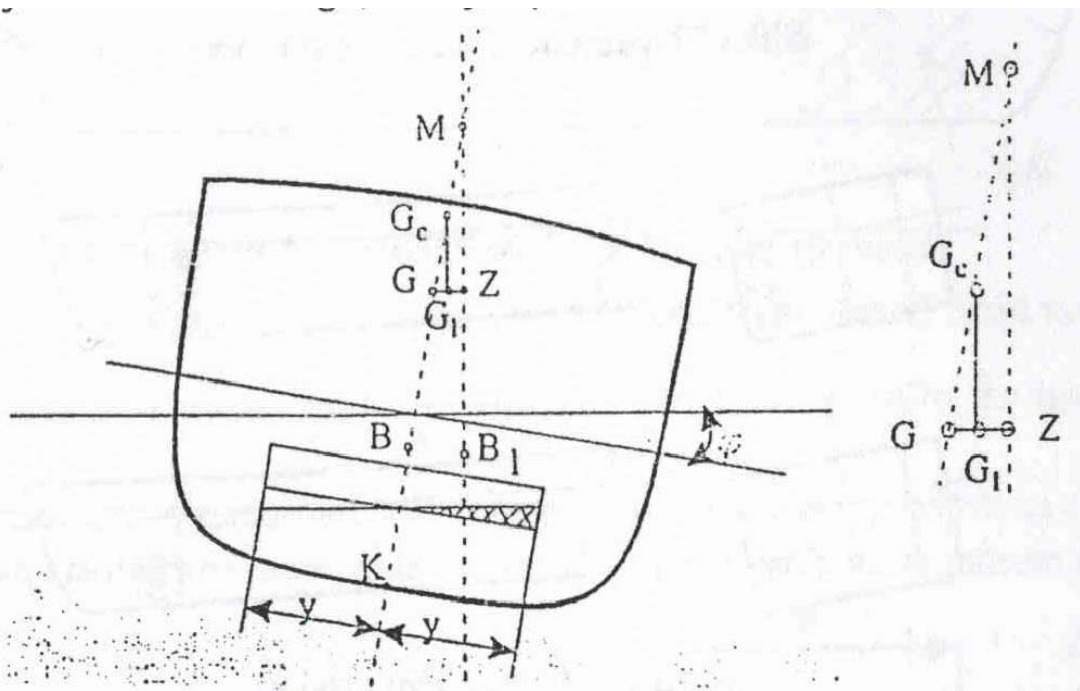
Pod **slobodnim površinama** podrazumijevamo površinu tečnosti ili rasuti teret koji pri naginjanju broda slijedi njegov nagib kao i svaki teret koji se pri naginjanju broda pomiče na stranu nagiba.

Svaki brod u svojim tankovima uvijek ima tečnosti. Ta tečnost može biti i teret, gorivo, balast, pitka voda, sanitarna voda itd. Sve ove tečnosti mogu tankove ispunjavati do vrha ili djelimično.

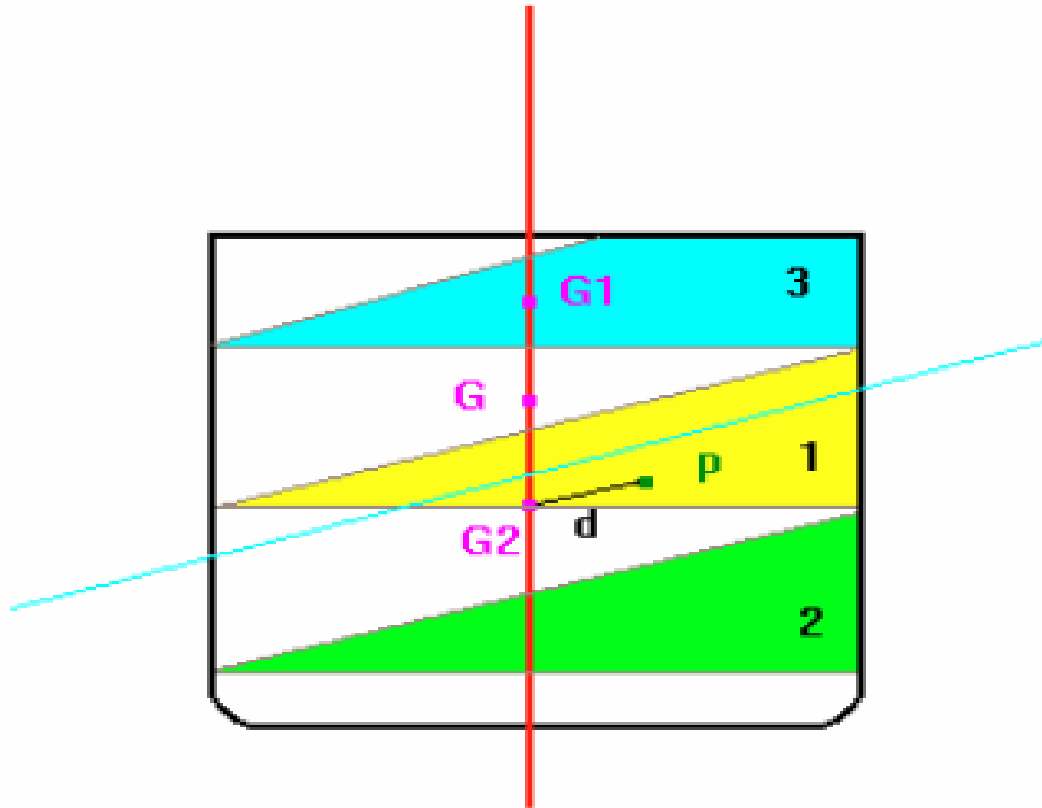
U slučajevima kada su tankovi ispunjeni do vrha, tečnost se ponaša kao kruti materijal, s obzirom da stalno zadržava oblik tanka u kojem se nalazi.

U slučajevima kada tankovi nisu ispunjeni do vrha i dolazi do nagiba broda, tečnost u tankovima će zauzeti vodoravan položaj pri čemu će doći do preliivanja jednog dijela sa jedne strane na drugu, kako je i prikazano na sledećoj slici.

Nakon centričnog ukrcaja tereta "P", promjeniće se gaz broda, odnosno brod će dodatno potonuti (paralelni uron) jer mu se promijenio deplasman, odnosno težina.



Ako sa "I" označimo dužinu tanka i sa "y" poluširinu, onda je masa tečnosti koja je promijenila položaj  $\rho_T$ . Uslijed pomjeranja ove mase doći će i do pomjeranja težišta broda iz **Go** li **G1**.

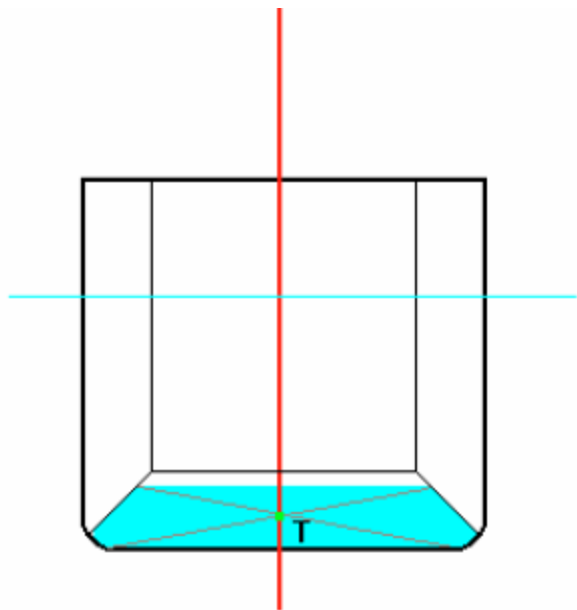


**Površina 3 se razlikuje od 1 i 2**

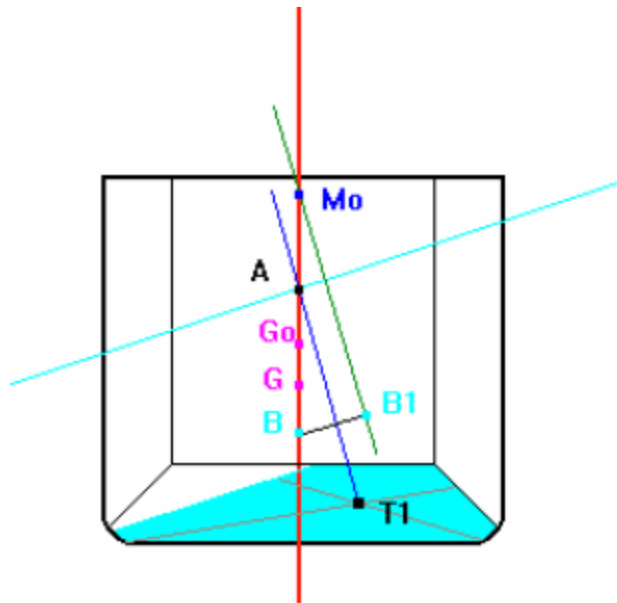
**Površina klina 1 i 2 je ista i moment je jednak**

**Pod uticajem 1 i 2 dolazi do podizanja G u G1, a kod uticaja 3 dolazi do spuštanja G u G2.**

(Ako dođe i do pomicanja rasutog tereta brod se nesmiije nagnuti na ugao  $> 7^\circ$ ).



Kod nagiba broda tečnost će slijediti nagib broda pa će zato težište tečnosti prijeći iz tačke T (uspravan brod) u tačku T1 na strani nagiba. Ako iz tačke T1 povučemo vertikalnu na vodnu liniju dobit ćemo sjecište te vertikale sa simetralom broda. Smatramo da će težište tečnosti djelovati u tački sjecišta tj. tački A, kao da smo težinu te tečnosti postavili iznad sistemskog težišta.



Zbog djelovanja tečnosti u tački A koja se nalazi iznad sistemskog težišta doći će do pomicanja sistemskog težišta broda iz tačke G u Go, a time do smanjenja metacentarske visine MoG. Nova metacentarska visina MoGo prema slici biti će:

$$MoGo = MoG - GGo$$

**Pomak sistemnog težišta GGo zavisiće od momenta tromosti slobodne površine ili POPREČNOM MOMENTU SLOBODNIH POVRŠINA. Ovaj moment će prvenstveno zavisići od površine tečnosti u tanku tj. od dužine i širine tanka.**

**Moment tromosti slobodne površine označavamo sa "I", a računa se kao:**

$$I = l \times b^3 / 12$$

**l je dužina klina slobodne površine**

**b je širina klina slobodne površine**

S obzirom da brod pliva, utjecaju slobodnih površina suprostavit će se površina vodne linije na kojoj brod pliva tj. volumenu uronjenog dijela broda. Zbog toga **pomak sistemnog težišta GGo računamo prema izrazu:**

$$GGo = I / V$$

**V** - volumen uronjenog dijela broda

Rijetko kada tečnost u tanku ima istu specifičnu gustoću kao i tečnost u kojoj brod pliva zato moramo tečnost tanka i tečnost u kojoj brod pliva pomnožiti sa specifičnom gustoćom mora i tečnosti u tanku pa ćemo dobiti izraz:

$$GGo = I \times \gamma_T / V \times \gamma$$

$\gamma_T$  = specifična gustoća tečnosti u tanku

$\gamma$  = specifična gustoća tečnosti u kojoj brod pliva

Ako na brodu ima više tankova u kojima se nalazi tečnost, onda moramo zbrojiti momente tromosti slobodnih površina i dobijamo izraz:

$$\mathbf{GGo} = \Sigma \mathbf{I} \times \Upsilon_T / \mathbf{V} \times \Upsilon$$

Izraz  $\mathbf{V} \times \Upsilon$  predstavlja vrijednost **DEPLASMANA "D"** broda, zato će konačni izraz za **pomak sistemskog težišta zbog utjecaja slobodnih površina tečnosti na brodu biti:**

$$\mathbf{GGo} = \Sigma \mathbf{I} \times \Upsilon_T / \mathbf{D}$$

Početna metacentarska visina broda ispravljena za vrijednost pomaka sistemnog težišta zbog utjecaja slobodnih površina tekućina na brodu biti će:

$$\mathbf{MoGo} = \mathbf{MoG} - \Sigma \mathbf{I} \times \Sigma T / \mathbf{D}$$

Vrijednost " $\mathbf{I}$ " i " $\Upsilon_T$ " dobijamo iz tablica koje daje brodogradilište, u tablice ulazimo sa imenom tanka, te vadimo vrijednost u **metar tonama MT** i ako tu vrijednost podijelimo sa deplasmanom dobit ćemo vrijednost **GGo** u metrima.

Vrijednost **GGo** možemo dobiti isto tako iz tablica u metrima, tako da u tablicu ulazimo sa nazivom tanka i određenim deplasmanom.

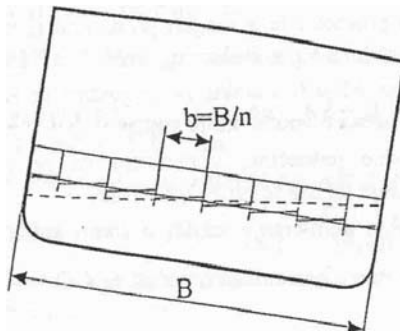
Slobodne površine tečnosti smanjuju metacentarsku visinu, odnosno polugu stabiliteta, tako da u kritičnim slučajevima može doći i do gubitka stabiliteta broda.

Smanjenje poluge stabiliteta zavisi prvenstveno od momenta inercije površine tečnosti u tanku, odnosa gustine tečnosti u tanku i gustine vode i istisnine broda, a ne zavisi od količine tečnosti u tanku. Isto tako vidi se da nije bitno da li se tank nalazi na sredini broda ili na boku.

Ovdje je neophodno podsjetiti da je moment inercije pravougaone površine  $iB = 1/12 lb^3$ , gdje je  $l$  = dužina tanka i  $b$  = širina tanka.

Zbog ovog štetnog dejstva slobodnih površina na polugu stabiliteta, one se moraju uzimati u obzir u svakom proračunu stabiliteta. Isto tako u pojedinim slučajevima potrebno je i preduzima ti mjere za smanjenje ovog štetnog uticaja. Mjere za smanjenje uticaja slobodnih površina koje se najčešće primjenjuju jesu:

- punjenje tankova do vrha,
- smanjenje momenta inercije površine tečnosti pregrađivanjem, kao na slici



**Pitanja ?**

**HVALA NA PAŽNJI**