



1.2 Kinematičke veličine krivocrtnog gibanja broda

Gibanje broda u manevru smatrati će se ravninskim gibanjem krutog tijela u horizontalnoj ravnini. Slika 1.2 prikazuje kinematičke veličine takvog gibanja broda.

Koordinatni sustav (x_G, y_G, z_G) je inercijalni nepomični koordinatni sustav vezan za Zemljin globalni koordinatni sustav. Ishodište sustava O_G smješta se na slobodnu površinu vode, os x_G usmjerena je prema sjeveru, os y_G prema istoku, a os z_G je vertikalna i usmjerena prema dnu.

Koordinatni sustav (x_0, y_0, z_0) je vezan za okolnu tekućinu i pomiče se spram prethodnog koordinatnog sustava zbog gibanja vode - morske struje. U početnom trenutku vremena $t = 0$ oba koordinatna sustava se poklapaju. Kod razmatranja svojstava upravljivosti broda, brzina morske struje se redovito smatra prostorno i vremenski konstantim vektorom, $\vec{V}_c = \dot{\vec{r}}_{o_0} = const.$

Ishodište broskog koordinatnog sustava (x, y, z) smješteno je u vertikalnoj ravnini simetrije broda. Položaj ishodišta sustava po visini i duljini broda je proizvoljan. Uzdužna os x pozitivna je u smjeru pramca, pozitivan polupravac poprečne osi y ide preko desnog boka broda, a pozitivan polupravac vertikalne osi z usmjeren je prema dnu.

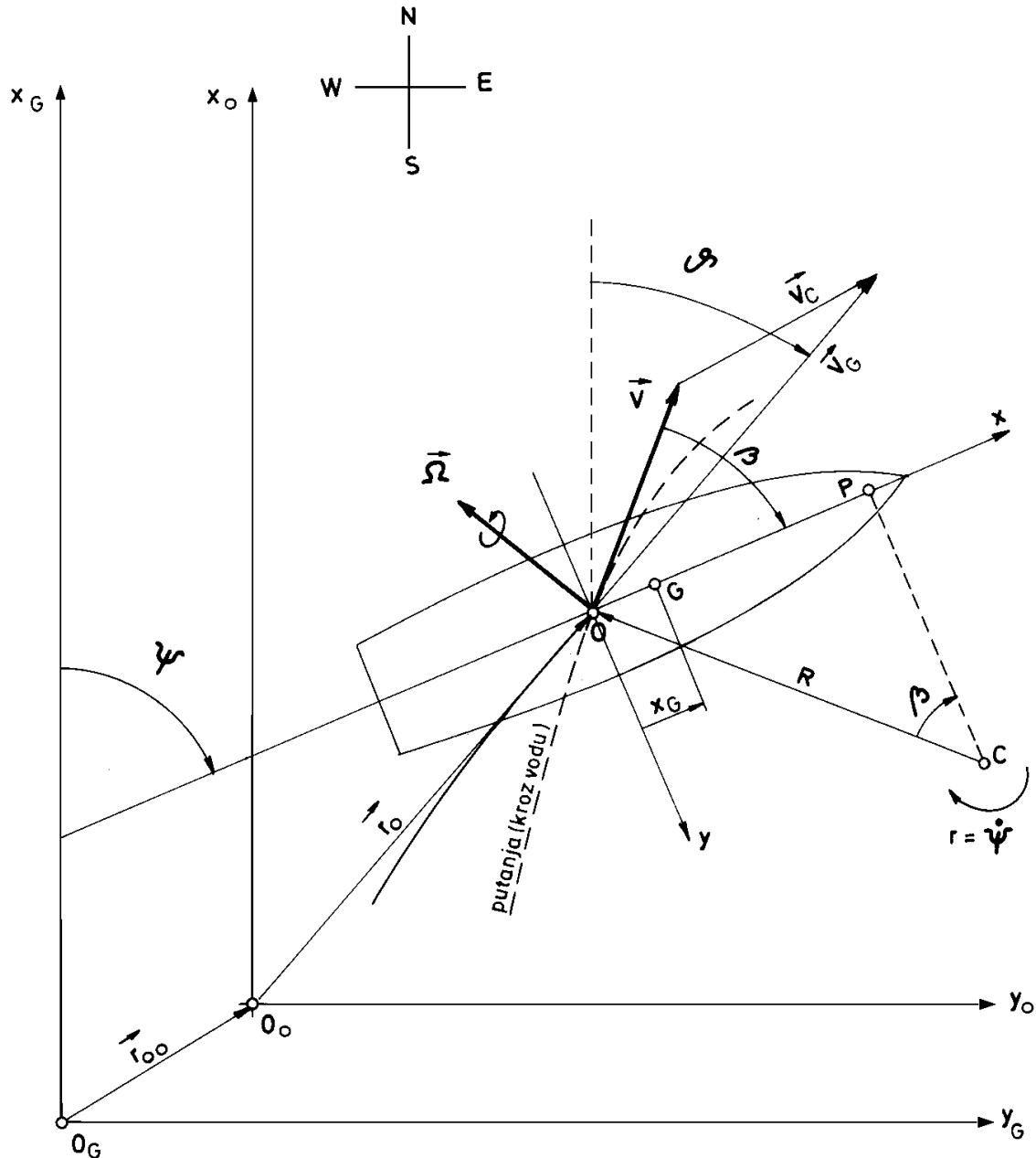
Kut Ψ , tj. kut između pozitivnih osi x_G i x , mjeran od x_G prema x u pozitivnom smjeru rotacije oko osi z_G , naziva se kursom broda.

Brzina broda preko dna $\vec{V}_G = \vec{V}_c + \vec{V}$ jednaka je vektorskom zbroju brzine morske struje i brzine broda kroz vodu $\vec{V} = \dot{\vec{r}}_o = (u, v, w)$. Vertikalna komponenta brzine gibanja broda w se kod prikaza kinematičkih značajki gibanja broda u manevru uvijek zanemaruje. Prema tome, u daljnjem tekstu će se pretpostavljati $w = 0$.

Treba razlikovati kurs broda Ψ od kuta napredovanja broda ϑ , koji se mjeri između pozitivne osi x_G i vektora brzine broda preko dna \vec{V}_G . Ova dva kuta su jednaka samo u specijalnom slučaju ravnocrtnog gibanja broda bez zanošenja i to u akvatoriju bez morske struje. (Svi uređaji za praćenje putanje broda mjere i prikazuju kut napredovanja - ne kursa broda).

Kut napredovanja broda kroz vodu β , pod nazivom kut zanošenja broda, ima vrlo veliku ulogu u hidrodinamičkoj teoriji upravljivosti broda. Kut zanošenja β i polumjer zakrivljenosti putanje (kroz vodu) R predstavljaju dva osnovna parametra opisa gibanja broda po zakrivljenoj putanji.

Na slici 1.2 prikazan je i vektor kutne brzine broda $\vec{\Omega} = (p, q, r)$. U području upravljivosti se utjecaji brzine valjanja p i brzine posrtanja q , kao oscilatorna gibanja, zanemaruju. Prema tome, u nastavku će se koristiti samo kutna brzina oko vertikalne osi $\vec{\Omega} = r\vec{k} = \dot{\Psi}\vec{k}$.

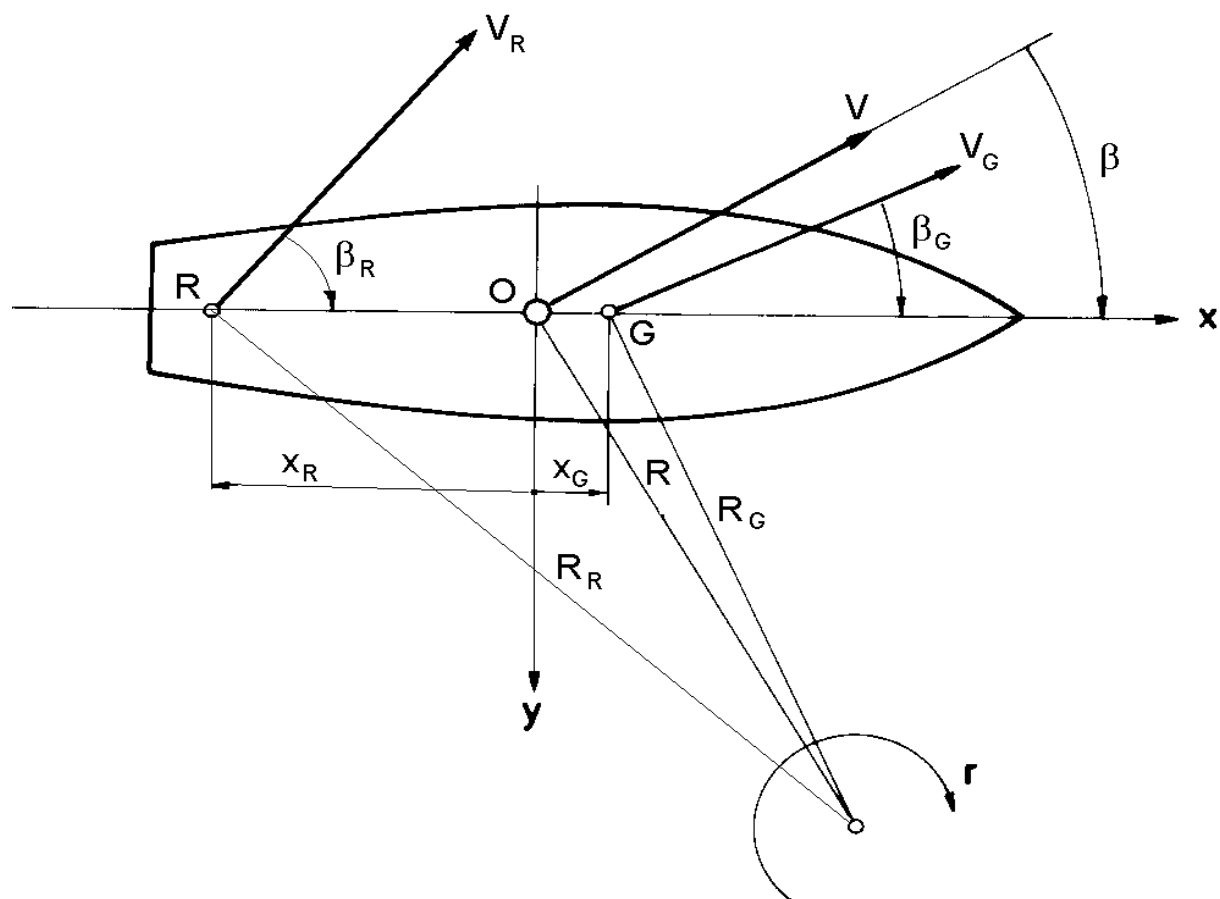


Slika 1.2 Koordinatni sustavi i kinematičke veličine krivocrtnog gibanja broda

Dakle, na brodu se kutna brzina r manifestira kao brzina promjene kursa broda te se na taj način se može jednostavno odrediti iz izmjenenog kursa na bazi vremena:

$$r = d\psi(t) / dt$$

Treba primjetiti da su veličine polumjera kruženja R i kuta zanošenja β svake točke broda (x, y) različite, tj. $R = R(x, y)$ i $\beta = \beta(x, y)$. Na slici 1.3 prikazani su vektori brzina u tri karakteristične točke broda, O=ishodište, G=težište, R=os kormila.



Sl. 1.3 Polumjer kruženja i kut zanošenja karakterističnih točaka broda

Kod manevara pri srednjim i većim brzinama plovidbe kut zanošenja u centru broda kreće se do 30° (ponekad i do 40°). Za razliku od toga, kod manevara pri niskim brzinama plovidbe kut zanošenja nije ograničen. Slika 1.4 prikazuje elementarna gibanja broda pri malim brzinama plovidbe.



Sl. 1.4 Gibanja broda s malim brzinama napredovanja
(manevar u luci primjenom poprečnih sila)