



#### 4.6 Linearni model hidrodinamičkih sila na trup

Za potrebe proračuna osnovnih svojstava kormilarenja po formulama iz poglavlja 4.3 i kontrole dinamičke stabilnosti broda prema formulama iz poglavlja 4.4, uvode se pretpostavke u skladu s linearnom teorijom upravljivosti broda:

1. zanemaruje se utjecaj uzdužnog na poprečna gibanja broda (x-komponenta jednadžbi gibanja)
2. zanemaruje se promjena uzdužne komponente brzine broda ( $u = u_0 = const$ )
3. zanemaruje se promjena brzine vrtnje propelera ( $n = n_0 = const$ ),

nakon čega se hidrodinamičke sile mogu napisati u obliku:

$$\begin{aligned} Y &= Y_{HI}(\dot{v}, \dot{r}) + Y_{HS}(u_0, v, r) + Y_P(u_0, v, r, n_0, \delta) + Y_R(u_0, v, r, n_0, \delta) + Y_{HR}(Y_R) \\ N &= N_{HI}(\dot{v}, \dot{r}) + N_{HS}(u_0, v, r) + N_P(u_0, v, r, n_0, \delta) + N_R(u_0, v, r, n_0, \delta) + N_{HR}(Y_R) \end{aligned} \quad (4.30)$$

Iskustvo pokazuje da se eksperimentalni podaci mjerenja sila na trup broda mogu dovoljno točno matematički opisati pomoću slijedećih nelinearnih funkcija:

$$\begin{aligned} Y_{HI} &= Y_v \dot{v} + Y_r \dot{r} \\ N_{HI} &= N_v \dot{v} + N_r \dot{r} \end{aligned} \quad (4.31)$$

$$\begin{aligned} Y_{HS} &= Y_{H_v} v + Y_{H_{vv}} v|v| + Y_{H_r} r + Y_{H_{vr}} v|r| + Y_{H_{rr}} r|r| + Y_{H_{vvr}} vvr + Y_{H_{vrr}} vrr \\ N_{HS} &= N_{H_v} v + N_{H_{vv}} v|v| + N_{H_r} r + N_{H_{vr}} vvr + N_{H_{vrr}} vrr + N_{H_{rr}} r|r| + N_{H_{vr}} v|r| \end{aligned} \quad (4.32)$$

Zadržimo li u gornjim jednadžbama, u skladu s linearnom teorijom, samo članove uz  $v, r, \dot{v}$  i  $\dot{r}$ , za silu na trup broda dobivaju se slijedeći linearizirani izrazi:

$$\begin{aligned} Y_H &= Y_v \dot{v} + Y_r \dot{r} + Y_{H_v} v + Y_{H_r} r \\ N_H &= N_v \dot{v} + N_r \dot{r} + N_{H_v} v + N_{H_r} r \end{aligned} \quad (4.33)$$

Proračun kriterija za ocjenu upravljivosti broda po linearnoj teoriji provodi se samo u najranijim fazama projektiranja broda, obično pri izboru glavnih dimenzija broda L, B, T,  $C_B$ . Za tu svrhu moraju se koristiti teorijsko-empirijski izrazi za hidrodinamičke značajke trupa i to ili za direktan proračun koeficijenata sila ili za korekciju koeficijenata dobivenih prema prototipu broda. Primjer poluempirijskih izraza za brod na ravnom gazu, prema Clarkeu, prikazan je u slijedećoj tablici.

$Y_{\dot{v}} = \frac{1}{2} \rho L^3 Y'_v$	$Y'_v = -\pi \left(\frac{T}{L}\right)^2 \left[ 1.00 + 0.16 C_B \frac{B}{T} - 5.1 \left(\frac{B}{L}\right)^2 \right]$
$Y_{\dot{r}} = \frac{1}{2} \delta \rho L^4 Y'_r$	$Y'_r = -\pi \left(\frac{T}{L}\right)^2 \left[ 0.67 \frac{B}{L} - 0.0033 \left(\frac{B}{T}\right)^2 \right]$
$N_{\dot{v}} = \frac{1}{2} \rho L^4 N'_v$	$N'_v = -\pi \left(\frac{T}{L}\right)^2 \left[ 1.1 \frac{B}{L} - 0.041 \frac{B}{T} \right]$
$N_{\dot{r}} = \frac{1}{2} \rho L^5 N'_r$	$N'_r = -\pi \left(\frac{T}{L}\right)^2 \left[ 0.083 + 0.017 C_B \frac{B}{T} - 0.33 \frac{B}{L} \right]$
$Y_{H_v} = \frac{1}{2} \rho L^2 u_0 Y'_v$	$Y'_v = -\pi \left(\frac{T}{L}\right)^2 \left[ 1.00 + 0.40 C_B \frac{B}{T} \right]$
$Y_{H_r} = \frac{1}{2} \delta \rho L^3 u_0 Y'_r$	$Y'_r = -\pi \left(\frac{T}{L}\right)^2 \left[ -0.5 + 2.2 \frac{B}{L} - 0.080 \frac{B}{T} \right]$
$N_{H_v} = \frac{1}{2} \rho L^3 u_0 N'_v$	$N'_v = -\pi \left(\frac{T}{L}\right)^2 \left[ 0.5 + 2.4 \frac{T}{L} \right]$

$$\left| \begin{array}{l} N_{Hr} = \frac{1}{2} \rho L^4 u_0 N'_r \\ N'_r = -\pi \left(\frac{T}{L}\right)^2 \left[ 0.25 + 0.039 \frac{B}{T} - 0.56 \frac{B}{L} \right] \end{array} \right|$$