

Osnovi proračuna potrebnog motora i elise

Ovaj članak ima za cilj da pruži osnovne informacije vezane za odabir odgovarajućeg motora i elise za postojeći tip plovila, a koje mogu poslužiti za približno definisanje pogonskog sistema uz minimalno rasipanje snage, a time i bespotrebno povećanje potrošnje goriva.

Proračun potrebe snage za okretanje elise u zavisnosti od karakteristika plovila

Tokom proračuna koristićemo sledeće jedinice mera i veličine:

Lwl – dužina vodene linije u stopama, 1 ft = 0,3048 m

S, Vmax, Vb – brzina u čvorovima, 1 Kt = 1,852 km/h

Dsp – Deplasman u librama (funtama), 1 lb = 0,454 kg

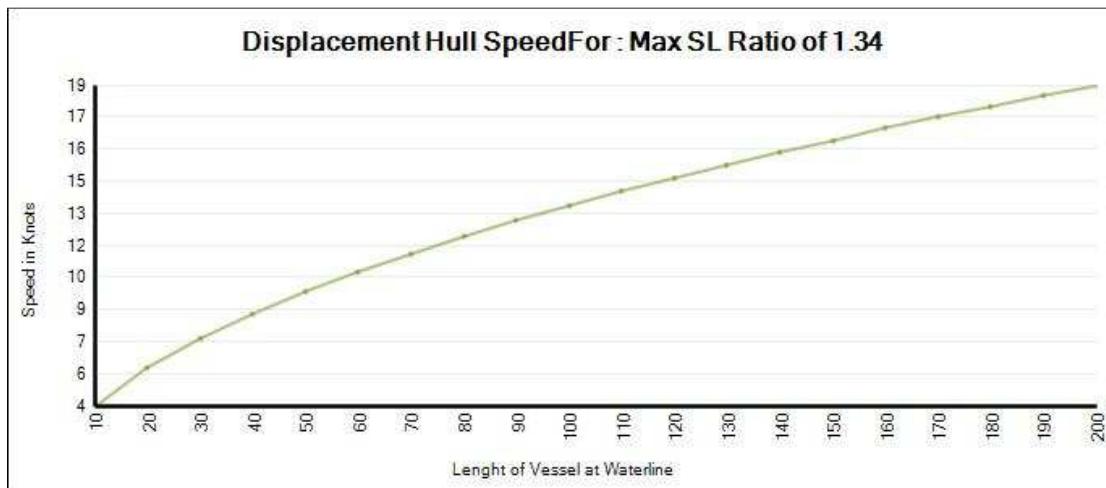
SHP – Snaga na vratilu elise tj, snaga potrebna za okretanje elise u KS (HP), 1 HP = 0,7457 KW

Prvo što moramo definisati jeste brzina plovila koja zadovoljava naše potrebe.

Maksimalna brzina plovila zavisi od konstruktivnih karakteristika korita. Jedna od njih je maksimalni odnos brzine u čvorovima i korena dužine vodene linije u stopama, S/\sqrt{Lwl} (MAX SL RATIO).

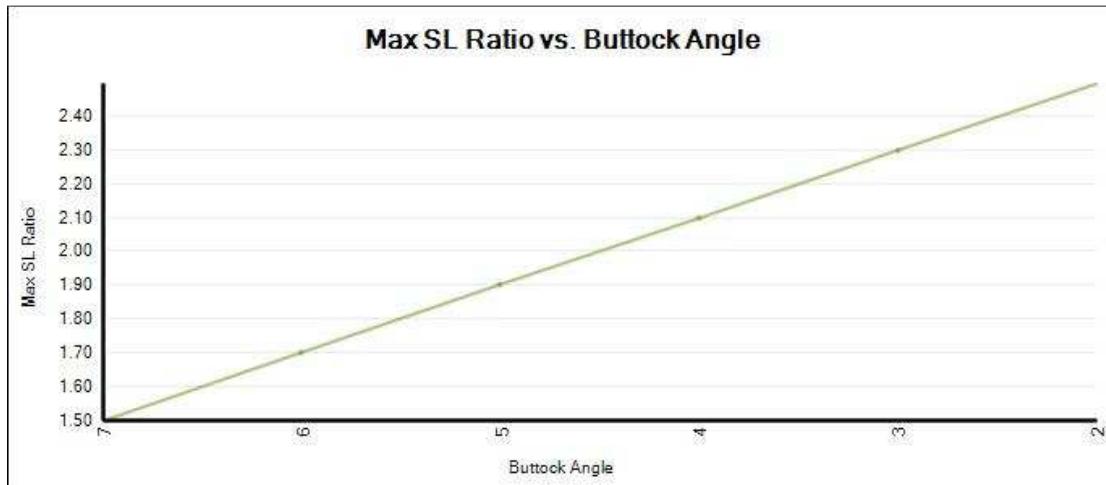
Ugrubo možemo definisati tri tipa korita od kojih svaki ima prednosti i mane.

1. **Deplasmansko korito - S/\sqrt{Lwl}** kod ovog tipa korita je tipično 1.34, a može biti max 1.6



Maksimalna brzina je $V_{max} = 1.34 \sqrt{Lwl}$

2. Poludeplasmansko korito



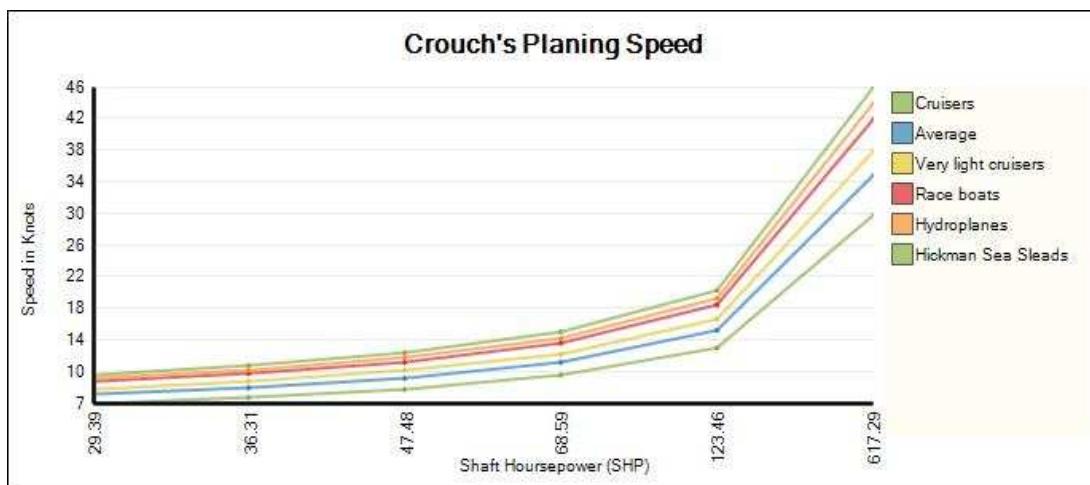
$1,6 < \frac{S}{\sqrt{L}} > 2,8$ – podatak daje proizvođač korita

Maksimalna brzina je $V_{max} = \frac{S}{\sqrt{Lwl}} * \sqrt{Lwl}$

3. Glisersko korito

Maksimalna brzina ovog tipa korita je direktno vezana za snagu na vratilu elise, a da bi je definisali potrebna nam je **Kročova konstanta (C)** koju bi trebalo da dobijemo od proizvođača korita. Tipične vrednosti Kročove konstante su 140-270.

$$V_{max} = \frac{C}{\sqrt{\frac{D_{sp}}{SHP_{max}}}} \quad \frac{S}{\sqrt{Lwl}} > 2,8$$



Osnovi proračuna elise i motora

Sada kada znamo kolikom brzinom naše plovilo može da se kreće, potrebno je da definišemo brzinu kojom želimo da se ono kreće, a kako bi izračunali koliko je snage na vratilu elise(SHP) potrebno da bi se ta brzina obezbedila . Obeležićemo je sa **Vb**.

Svi proračuni SHP podrazumevaju da je koeficijent iskorišćenja elise 55-60%

- Kod **deplasmanskog** tipa korita:

$$SHP = \frac{Dsp}{(10,665 * \frac{\sqrt{Lwl}}{Vb})^3}$$

- Kod **poludeplasmanskog** korita:

$$SHP = \frac{Dsp}{1000} * \left(\frac{Vb}{Cw\sqrt{L}} \right)^3$$

$$Cw = 0,8 + 0,17 * \frac{S}{\sqrt{L}} - \text{Vajmanov koeficijent}$$

- Kod **gliserskog** korita u gliserskom režimu:

$$SHP = Dsp * \left(\frac{Vb}{C} \right)^2$$

Proračun odgovarajuće elise

Vrlo se često se elisa posmatra isključivo kao deo motora, pa se pogresno smatra da se njen odabir vrši na osnovu karakteristika motora. To je pogresno shvatanje, motor se definiše nakon odabira elise. Elisa koje će odgovarati našem plovilu definisana je karakteristikama plovila i brzinom kojom želimo da se krećemo.

Tokom proračuna koristićemo sledeće jedinice mera i veličine:

Ptc – Korak elise u inčima, 1in = 25.4mm

Diap – Prečnik elise u inčima, 1in = 25.4mm

Dve osnovne karakteristike elise su njen prečnik (Diameter) i njen korak (Pitch). Ove dve karakteristike odredicemo na osnovu prethodno dobijene SHP i željene brzine Vb.

- **Korak (Pitch)**

Korak je dužinsko rastojanje koje elisa pređe za jedan svoj obrt. Pošto smo već definisali brzinu broda kojom želimo da se krećemo (Vb), **teorijski korak** izračunavamo sledećom formulom:

$$Ptct = 1519.5 * \frac{Vb}{RPM}$$

Realni korak je manji od teorijskog zbog klizanja elise, a uobičajena vrednost je 42,79%, pa je realni korak elise koji nam treba:

$$Ptc = 1.4279 * Ptct$$

- **Prečnik elise (Diameter)**

Elisa obezbeđuje silu potiska opstrujavanjem fluida oko krakova elise. Sto je opstrujavana površina veća, to je i generisana sila veća. Ta površina definisana je konstrukcijom elise, a srazmerna je prečniku. Za trokraku elisu:

$$Diap_3 = Diap = 632.7 \frac{SHP^{0,2}}{RPM^{0,6}}$$

Dvokraka elisa: **Diap₂**= $1.05 * Diap$

Četvorokraka elisa: **Diap₄**= $0,94 * Diap$

Sada ostaje još samo da nadjemo/kupimo elisu sa ovim karakteristikama.

Oznaka koju nosi elisa sastoји се од ова два podatka u formi Diap x Ptc, npr 18 x 13.

Odnosi prečnika, koraka. Snage i broja obrtaja

- razmatranje -

Ako povežemo formulu za izračunavanje koraka sa formulom za izračunavanje prečnika elise, dobijamo sledeću zavisnost prečnika i koraka elise:

$$Diap = 6.3 * SHP^{0,2} * \left(\frac{Ptc}{Vb}\right)^{0,6}$$

$$SHP^{0,2} = 0,1588 * Diap * \left(\frac{Vb}{Ptc}\right)^{0,6}$$

Pošto je SHP vrednost definisana zahtevima broda, iz ove formule možemo videti međusobnu zavisnost prečnika elise, koraka elise i brzine broda, uz ograničenje konstruktivnim karakteristikama korita i snagom motora.

-Ako stavimo elisu prevelikog prečnika, nećemo imati dovoljno snage da je okrećemo, preopteretićemo motor, padaće broj obrtaja, a time i brzina plovila. Ako imamo dovoljnu snagu na motoru, povećanjem prečnika dobićemo veću potisnu silu, ali ne i brzinu. Ova promena je bespotreban, jer smo na samom početku definisali deplasman.

-Ako stavimo elisu sa prevelikim korakom, a istim prečnikom, klizanje će biti značajno veće, a elisa će trpeti preveliko opterećenje što će vremenom dovesti do oštećenja.

-Ako vratilo elise obrćemo prevelikim brojem obrtaja, a recimo da imamo potrebnu snagu motora za to, doćiće do nepravilnog opstrujavanja oko kraka elise zbog čega će će pasti stepen korisnosti elise. Doćiće i do oštećenja elise usled kavitacije.

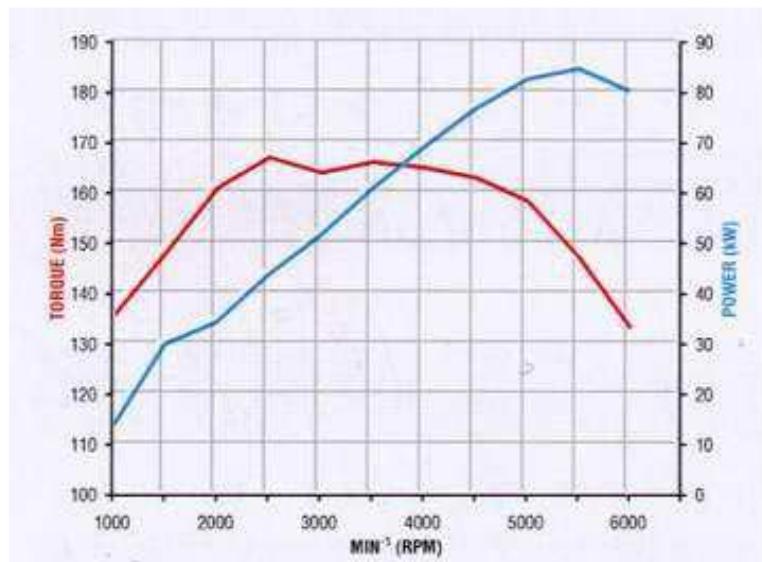
-Ako povećamo snagu, prečnik i korak dobićemo veću brzinu, ali čitav proračun smo i započeli od granične vrednosti brzine koju definiše korito ili željene vrednosti brzine za gliser.

Proračun motora

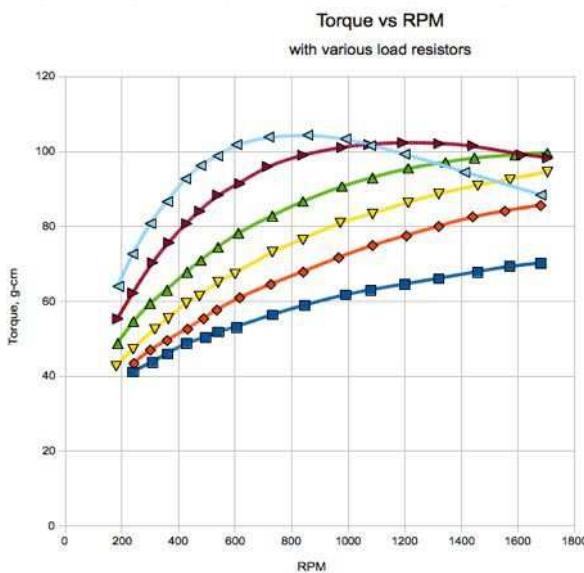
Poslednja stavka je definisanje pogona. Da li ćemo koristiti motor sa unutrašnjim sagorevanjem, da li će on biti 2-taktni ili 4-taktni, dizelaš ili benzinac ili možda elektromotor, zavisi od više faktora, a po najviše zahteva.

Jedno je zajedničko, taj motor mora da obezbedi dovoljan broj obrtaja, koji smo prepostavili prilikom definisanja elise i dovoljnu snagu koju smo izračunali na osnovu karakteristika plovila. To znači da nem je najbitnija informacija zavisnost snage i obrtnog momenta od broja obrtaja.

Primer SUS:



Primer DC elekromotor:



Osnovi proračuna elise i motora

Što se SUS motora tiče proizvođač definiše maksimalnu snagu na određenom broju obrtaja. To je podatak koji se nakon redukcije u gearbox-u radi dobijanja odgovarajućeg broja obrtaja, mora poklopiti sa našom izračunatom snagom na vratilu elise, SHP.

$$\text{ENGrpm} = \text{Rgb} * \text{RPMprop}$$

ENGrpm – broj obrtaja motora

Rgb – prenosni odnos u gearbox-u

RPMprop – broj obrtaja elise

$$\text{EHP} = \text{Cgbr} * \text{Cesl} * \text{SHP}$$

EHP – deklarisana snaga motora

Cgbr – gubici u gearbox-u (snaga na ulaznom vratilu GB/ snaga na izlaznom vratilu GB)

Cesl-gubici sklopa motora (razvijena snaga u motoru/snaga na ulaznom vratilu Gearbox-a)

Orijentacione vrednosti su Cgbr ~ 1,03, Cesl ~ 1,06, pa je potrebna snaga motora:

$$\text{EHP} = 1,06 * 1,03 * \text{SHP}$$

Literatura:

Power Boat Design – Tad Roberts

The Propeller Handbook – Dave Gerr

Marine Propellers and Propulsion – John Carlton

Fuel and Financial savings for operators of small vessels – Wilson, J.D.K.