

*Leonid I. Vishnevsky, D.Sc, Krylov Shipbuilding Research Institute, Moskovskoye shosse 44, St. Petersburg, Russia*

*Viktor E. Krasavtsev, Ph.D, State Research and Design Institute for Fishing Fleet, GIPRORYBFLOT, M. Morskaya str., 18-20, St. Petersburg, Russia*

*Anatolij-Branko R. Togunjac, Ph.D, State Research and Design Institute for Fishing Fleet, GIPRORYBFLOT, M. Morskaya str., 18-20, St. Petersburg, Russia*

## **PROCJENA UČINKOVITOSTI VIJKA S PROMJENLJIVIM KORAKOM NA KORMILARSKIM TRUSTERIMA**

### **Sažetak**

Članak sadrži usporedbene analize učinkovitosti upravljivog porivnjaka s vijkom promjenjivog uspona. Pokazuje se da takav tip porivnjaka omogućuje osjetnog smanjenje snage kormilarskog stroja (na manje od polovine za područje otklona od 0 do 35 stupnjeva), u usporedbi sa porivnjakom opremljenim VFU. Dan je kratak opis porivnjaka s vijkom promjenjivog uspona za patentnu prijavu. Članak sadrži rezultate proračuna i eksperimentalne podatke.

*Ključne riječi: propulzija broda, vijak s promjenjivim usponom, upravljivi porivnjak*

## **EFFICIENCY ESTIMATION OF VARIABLE PITCH PROPELLER ON STEERING THRUSTER**

### **Summary**

The paper contains a comparative analysis of the efficiency of steering thruster with variable pitch propeller. It is shown that this type of thruster will result in essential reduction of steering engine power (more than two times for range of turning  $0^{\circ}$ - $35^{\circ}$ ) compared with a thruster having fixed blade propeller. Brief description of the steering thruster with variable pitch propeller for patent formula is given. The paper contains the results of calculation and experimental data as well.

*Key words: steering thruster, variable pitch propeller*

## 1. Uvod

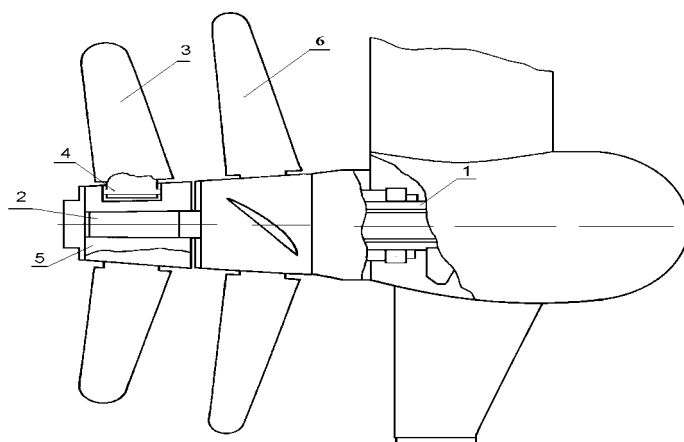
Primjena pomičnih krila na vijcima omogućuje poboljšanje niza eksploatacijskih značajki upravljivog porivnjaka:

- smanjenje vibracijske uzbuđe brodskog vijka [1];
- poboljšanje kavitacijskih značajki brodskog vijka pri početnim oblicima kavitacije[2];
- povećanje hidrodinamičke učinkovitosti kontrarotirajućih brodskih vijaka pri promjenjivim režimima rada [3],[4];
- omogućavanje, u širokom rasponu opterećenja brodskog vijka, usklađenosti hidrodinamičkih značajki vijka i vanjske značajke glavnog stroja (dizelskog motora) [5].

Posljednja od nabrojanih eksploatacijskih značajki brodskih vijaka s pomično spojenim krilima na glavinu (VPSK)<sup>1</sup>, omogućuje - u određenim slučajevima - smatrati ih, u odnosu na hidrodinamička svojstva, jednakima vijcima upravljivog uspona. Prirodno je da to svojstvo čini VPSK alternativnim tehničkim rješenjem u odnosu na vijak upravljivog uspona, a uzevši u obzir relativnu jednostavnost, pouzdanost i cijenu, on je za projektanta vrlo privlačna konstrukcija. U jednome je VPSK lošiji od vijka upravljivog uspona (VUU) ; da bi se plovilo krmom nužno je, kao i u slučaju VFU, mijenjanje smjera vrtnje osovine. Taj postupak traži mnogo vremena, a posljedica je dugi put zautavljanja broda, što je - razumije se – nepoželjno za sigurnost plovidbe. Spomenuti nedostatak VPSK nije važan, ako je vijak ugrađen na okretljivi porivnjak, zato što se kočenje i plovidba krmom ostvaruje zakretanjem okretljivog porivnjaka za  $180^0$ , a ne promjenom smjera vrtnje osovine, što znatno skraćuje vrijeme zaustavljanja broda i otplov.

## 2. Opis konstrukcije i načina djelovanja

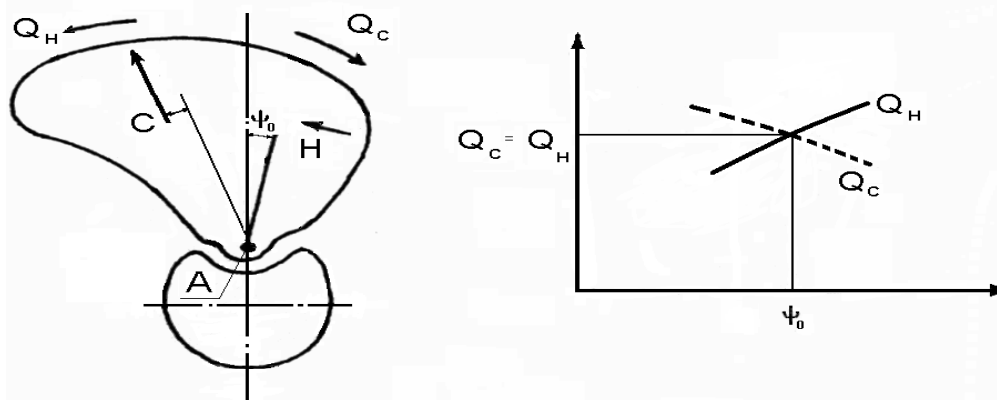
U patentnoj prijavi [6] konstrukcija okretljivog porivnjaka s VPSK opisana je na sljedeći način: “ brodski propulzorski uređaj tipa okretljivi porivnjak sadrži jedan ili dva brodska vijka s transmisijom smještenom u strujno oblikovanom kućištu koja se odlikuje time da su krila toga vijka barem jednog vijka pomično spojena s glavinom s mogućnošću njihovog pomicanja u odnosu na ravninu diska brodske vijka djelovanjem okretanja oko osi koja prolazi kroz dio krila vijka blizu korijena ili pomicanjem krila uzduž te osi”. U svojstvu primjera promotrimo okretljivi porivnjak s dva koaksijalna VPSK (slika 1).



Slika 1. Okretljivi porivnjak s koaksijalnim VPSK

Fig.1 Screw-steering column with contra rotating PSBCs

Porivnjak radi na slijedeći način: brodski pogonski stroj (na slici nije prikazan) preko mehaničkog prijenosa (moguća je i električna transmisija), koji uključuje šuplju osovinu 1 i osovinu 2, dovodi u vrtnju vijke. Na krilo 3, koje se vrti zajedno sa stražnjim vijkom, djeluje centrifugalni  $Q_c$  i hidrodinamički moment  $Q_H$  obzirom na osovinu 4 (slika 2). Oni su uvjetovani centrifugalnom i hidrodinamičkom silom.



Slika 2. Shema djelovanja sila na pomično krilo vijka Fig. 2 Scheme of forces effecting the shifted blade

Porivnjak radi na slijedeći način: brodski pogonski stroj (na slici nije prikazan) preko mehaničkog prijenosa (moguća je i električna transmisija), koji uključuje šuplju osovinu 1 i osovinu 2, dovodi u vrtnju vijke. Na krilo 3, koje se vrti zajedno sa stražnjim vijkom, djeluje centrifugalni  $Q_c$  i hidrodinamički moment  $Q_H$  obzirom na osovinu 4 (slika 2). Oni su uvjetovani centrifugalnom i hidrodinamičkom silom.

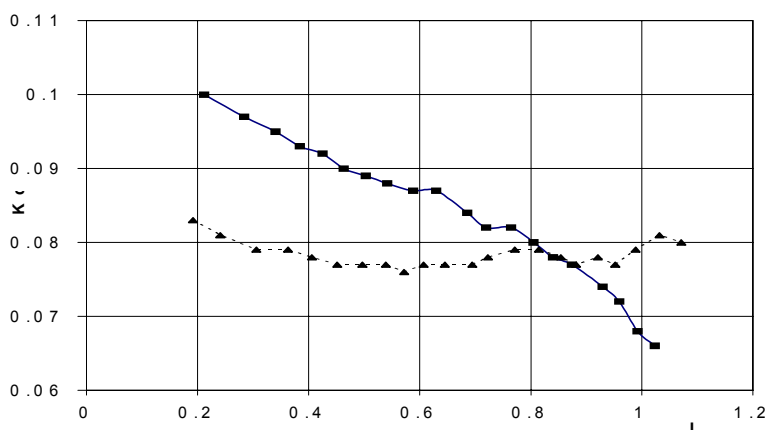
Djelovanje momenata suprotno je usmjereno pri čemu relativnom pomaku krila 3 u smjeru suprotnom njegovoj vrtnji zajedno s brodskim vijkom odgovara povećanje momenta uslijed centrifugalne, te smanjenje momenta uslijed hidrodinamičke sile, budući da se pri tome pomaku krak centrifugalne sile povećava, a uspon krila smanjuje. Pri otklonu krila 3 u suprotnom smjeru vidi se obrnuta slika. Na taj način položaj krila 3 na glavini 5 određuje se jednakošću međusobno suprotstavljenih momenata koji djeluju na to krilo. Analogno rasuđivanje vrijedi i za krila prednjega vijka. U zavisnosti o režimu rada glavnog stroja, tj. o opterećenju, položaj krila na glavini bit će različit. To dovodi do promjene geometrijskih značajki [4], a time i hidrodinamičkih značajki krila. Time se osigurava usklađenost hidrodinamičke značajke propulzora i vanjske značajke pogonskog stroja, bez primjene vijaka upravljivog uspona (pri mehaničkom prijenosu) [1]. Za kontrarotirajuće vijke to je posebno važno, budući da je primjena vijaka upravljivog uspona na tom tipu propulzora zbog složenosti tehničkog rješenja vrlo teško (autorima nije poznato takvo korištenje VUU).

Pri zakretanju upravljivog porivnjaka u cilju manevriranja brodom, krila VPSK se nalaze u kosom dostrujavanju i osciliraju u nadrezonantnom režimu sa frekvencijom vrtnje broskog vijka. Zbog zakreta kolone za ispunjenje manevriranja broda, krila VPSK se nalaze u kosom dostrujavanju i osciliraju s frekvencijom vrtnje osovine. Ovaj režim je nadrezonantan u odnosu na frekvenciju slobodnih oscilacija krila (to je frekvencija oscilacija krila kao krutog tijela u odnosu na točku A (slika 2)). To osciliranje, ne samo što omogućuje da se dinamički poništi promjenjiva hidrodinamička sila - tj. opterećenje momentom, već također u znatnoj mjeri omogućuje smanjivanje poprečne sile koja nastaje pri radu VPSK u uvjetima kosog dostrujavanja. Zbog toga se bitno smanjuje hidrodinamički moment nužan za zakretanje upravljivog porivnjaka pri njegovom korištenju u svojstvu upravljačkog sklopa pri plovidbi. Mehanizam nastanka poprečne sile na tradicionalnim brodskim vijcima koji rade u uvjetima kosog dostrujavanja, dobro je poznat. Poprečna sila nastaje uslijed toga što je tangencijalna sila, koja ostvaruje moment u odnosu na os vrtnje vijka, na krilu koje se giba niz strujanje manja, od veličine iste sile na krilu koje se giba nasuprot strujanju. Rezultat toga je ukupna sila, nazivana poprečna sila, različita od nule.

Slična slika susreće se i na pomičnim krilima. Međutim, u tom slučaju, zbog osciliranja krila u odnosu na glavinu u nadrezonantnom režimu, na svakom od krila nastaje dodatna inercijska komponenta sile koja ovisi o masi krila i pridruženoj masi kapljevine. Ta je sila usmjerena nasuprot promjenjivoj hidrodinamičkoj sili, koja ju zato može u znatnoj mjeri kompenzirati. Tako se, pri radu u polju kosog dostrujavanja, poprečna sila na VPVK može potpuno izbjeći, i tako u potpunosti poništiti doprinos poprečne sile propulzora hidrodinamičkom momentu koji djeluje na upravljivi porivnjak.

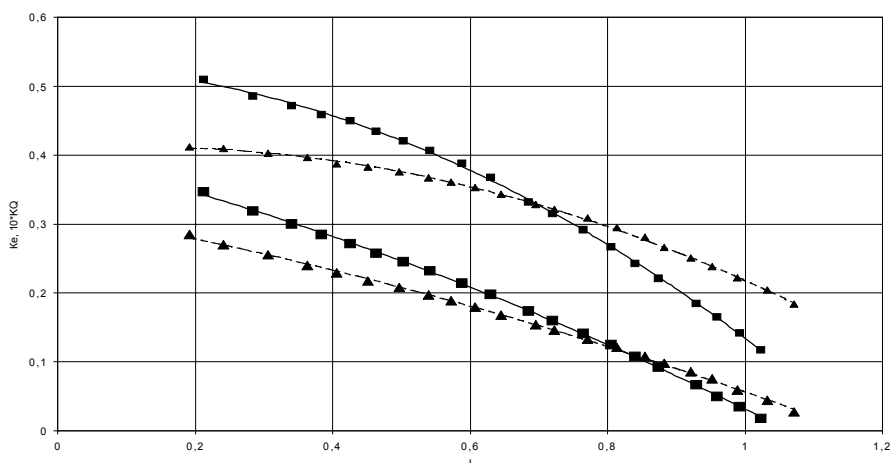
### 3. Pokus na modelu, projekt pomaknutog krila I određivanje učinkovitosti

Kao ilustracija opće slike hidrodinamičkih značajki VPSK mogu služiti rezultati modelskih poredbenih ispitivanja u kosom polju dostrujavanja (kut dostrujavanja  $16^\circ$ ) provedenih u kavitacijskom tunelu CNII akademika A. N. Krylova, slike 3, 4.



Slika 3 Hidrodinamičke značajke VFU vijka fiksnog uspona (■) i VPSK (▲)

Fig. 3 Hydrodynamics characteristics of fixed pitch propeller, FPP, (■) and PSBC (▲)



Slika 4. Mijenjanje koeficijenta poprečne sile u zavisnosti o koeficijentu napredovanja VKU(■), SBC(▲)

Fig. 4 Changing of coefficient of transverse force against advance ratio FPP(■), SBC(▲)

Krivulje hidrodinamičkih značajki VPSK su položnije od odgovarajućih krivulja vijka s fiksnim krilima (geometrija krila uspoređivanih vijaka je jednaka), slika 3. Ispitani VPSK bio je projektiran za neskošeno dostrujavanje pa zato nije postignuta potpuna kompenzacija poprečne sile, koja nastaje pri radu vijka u kosom dostrujavanju, pomoću inercijskog opterećenja, slika 4. Istodobno, iz predočenih rezultata je vidljivo, da je

koeficijent poprečne sile “slobodnih krila” u širokom području režima rada (u području koeficijenta napredovanja  $J = 0.2 \div 0.85$ ) manji od koeficijenta iste sile VFU.

Nađimo uvjet kojem mora udovoljavati geometrija pomičnog krila da bi se inercijskim opterećenjem potpuno kompenzirala poprečna sila. Sile, što djeluju sa strane kapljevine na krilo, mogu se odrediti po hidrodinamičkim značajkama vijka, dobivenim u dostrujavanju paralelnom s osi vijka, u ovisnosti o trenutnom koeficijentu napredovanja po formuli:

$$J = J_0 \cos \delta / (1 - C \frac{J_0 \sin \delta}{\pi 0.67} \sin \beta), \quad (1)$$

gdje je  $J_0$  – projektna vrijednost koeficijent napredovanja;

$\delta$  - kut dostrujavanja;

$C$  – empirijski koeficijent, određen u ovisnosti o opterećenju propulzora i kuta dostrujavanja, a koji uzima u obzir i efekt uvjetovan nestacionarnošću;  $\beta = \omega t$  - kut zakreta krila broskog vijka, ( $\omega = 2\pi n$ ,  $t$  - vrijeme,  $n$  – frekvencija vrtnje propulzora).

Znajući minimalnu i maksimalnu vrijednost trenutnog koeficijenta napredovanja, iz formule (1) lako je odrediti poprečnu silu, koja se javlja pri kosom optjecanju tradicionalnog (s nepomičnim krilima) VFK. Koeficijent poprečne sile bit će jednak:

$$\bar{Z} = \frac{Z}{\rho n^2 D^4} = \frac{Q_{\max} - Q_{\min}}{r_0} k = \frac{\Delta K_Q}{0.67} k, \quad (2)$$

gdje je  $\Delta K_Q$  - raspon promjene koeficijenta hidrodinamičkog momenta;

$Q_{\max}$ ,  $Q_{\min}$  - maksimalna i minimalna vrijednost hidrodinamičkih momenata;

$r_0 = 0.67D/2$  - ( $D$  - promjer broskog vijka);

$k$  – koeficijent koji uzima u obzir odstupanje trenutne veličine poprečne sile od njene maksimalne vrijednosti na pojedinom krilu pri okretanju broskog vijka.

Kada se poprečna sila mijenja po zakonu sinusoide (što je približno ispunjeno pri kosom dostrujavanju), koeficijent  $k = 0.64$ . Tako se može zaključiti da je

$$\bar{Z} \approx \Delta K_Q \quad (3)$$

Kod VPVK u ravnini diska djeluje moment inercije suprotno od hidrodinamičkog momenta. Veličina hidrodinamičkog momenta, obzirom na os okretanja krila na glavini, određuje se po formuli:

$$Q_I = J_A \psi'' = -J_A A \omega^2 \sin \beta, \quad (4)$$

gdje je  $A$  - amplituda relativnog kutnog pomaka krila;

$J_A$  – moment inercije krila zajedno s njegovim momentom inercije pridružene mase vode u odnosu na os vrtnje krila na glavini.

Tada se, poprečna sila uvjetovana inercijom mase krila i pridruženim momentom i usmjerena nasuprot poprečnoj hidrodinamičkoj sili, određuje po formuli:

$$Z_I = \frac{Q_{I \max} - Q_{I \min}}{r_I} = \frac{2J_A A \omega^2}{r_I}, \quad (5)$$

gdje je  $r_I$  - polumjer inercije krila skupa s pridruženim momentom inercije obzirom na os njegove rotacije na glavini.

Kada se krila pomiču u ravnini diska, koeficijent poprečne sile dobiva se iz izraza:

$$\bar{Z}_z = \bar{Z} - \bar{Z}_I = \Delta K_Q - \frac{2J_A A \omega^2}{r_j \rho n^2 D^4} = \Delta K_Q - \frac{\pi^2}{2} \bar{J}_A \frac{\rho_b}{\rho} A, \quad (6)$$

gdje su  $\rho$  i  $\rho_b$  - gustoća vode i materijala krila.

Pretpostavimo da je geometrija VPSK izabrana tako da se u potpunosti ostvari kompenzacija hidrodinamičke sile inercijskom silom. Takva pretpostavka odgovara procjeni s “gornje strane” i može se promatrati kao maksimalno postizivi učinak u smanjenju hidrodinamičkog momenta potrebnog za prebacivanje upravljivog porivnjaka s VPSK pri manevriranju. U tom slučaju geometrija VPSK mora biti izabrana iz uvjeta:  $\bar{Z}_z = 0$ , (6):

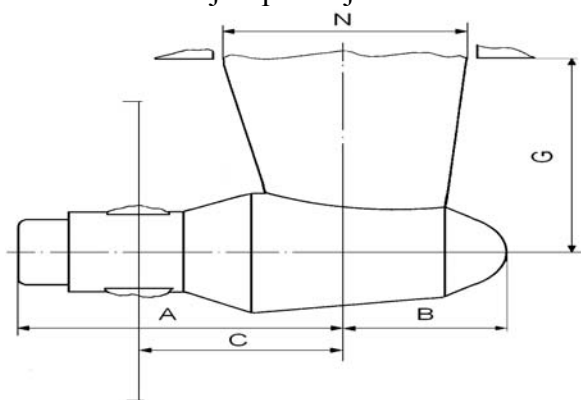
$$\bar{J}_A = \frac{2\Delta K_Q \rho}{\pi^2 \rho_b A}, \quad (7)$$

gdje je  $\Delta K_Q$  - amplituda, pri promatranoj veličini kuta dostrujavanja, harmonijski promjenljivog koeficijenta momenta.

Učinkovitost primjene VPSK procijenit će se na primjeru poredbenih proračuna hidrodinamičkih sila na upravljivi porivnjak srednje velikog kočara, projekt 13010 [7], [8]<sup>1</sup>. Osnovne dimenzije i koeficijenti teorijskog nacrt (linija) broda su sljedeći:

- duljina među okomicama  $L_{pp}=46.2$  m;
- širina  $B=11.2$  m;
- gaz  $T=4.8$  m;
- istisnina  $\nabla=1593$  m<sup>3</sup>
- blok koeficijent  $C_B=0.61$ ;
- koeficijent punoće glavnog rebra  $C_T=0.929$ ;
- promjer vijka  $D=2.8$  m.

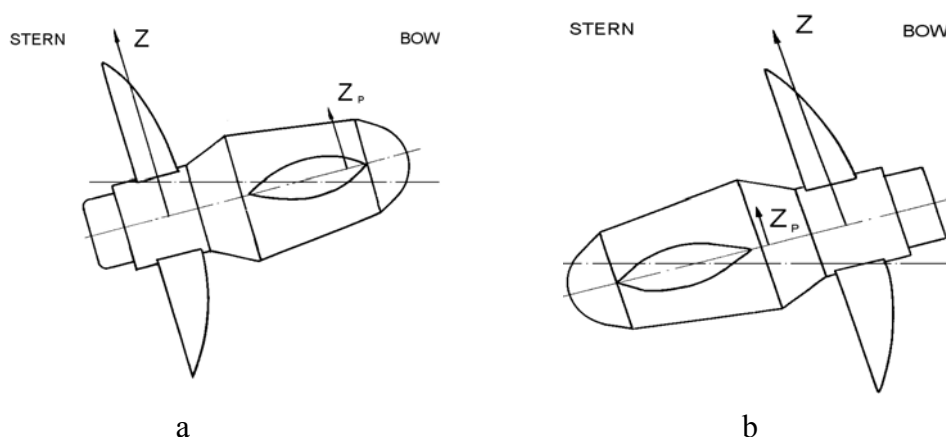
Za proračun je bio izabran okretljivi porivnjak tvrtke KaMeWa Size 24, slika 5.



**Slika 5.** Opći pogled i veličina KaMeWa kolonke (N=1310mm, G=1755mm, B=880mm, C=1100mm, A=1755mm).

**Fig. 5** General view and size of KaMeWa column (N=1310mm, G=1755mm, B=880mm, C=1100mm, A=1755mm).

Djelovanje hidrodinamičkih sila na okretljivi porivnjak opremljen gurajućim i vučnim vijcima je različit. Za raspon kuteva zakretanja upravljivog porivnjaka  $\delta=0\div 35^\circ$ , što je karakteristično za obična kormila, shematski prikazane sile bit će analogne onima koje su prikazane na slici 6 za  $\delta=16^\circ$ . Poprečna sila koja nastaje na vijku fiksnoga uspona, za varijantu gurajućeg vijka nastoji smanjiti kut otklona i stvara moment u odnosu na os vrtnje upravljivog porivnjaka koji je suprotan hidrodinamičkom momentu uslijed sile na tijelo upravljivog porivnjaka, slika 6a. Za varijantu vučnog vijka, poprečna sila na vijku nastoji povećati kut otklona upravljivog porivnjaka i stvara moment istog predznaka s momentom uslijed sile na tijelu upravljivog porivnjaka, slika 6b.

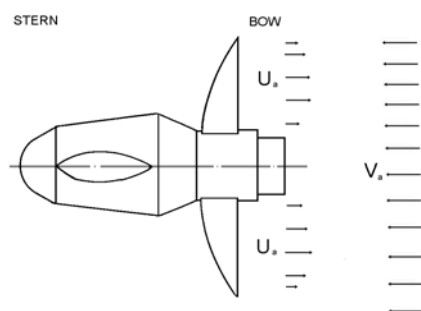


**Slika 6** Shema hidrodinamičkih sila koje utječu na rotirajući stup, tip koji gura (a) i tip koji vuče (b),  $Z$  – poprečna sila propelera,  $Z_p$  – sila koja djeluje na tijelo.

**Fig. 6** Scheme of hydrodynamics forces effecting the rotating column, pushing type (a) and pulling type (b),  $Z$  – transverse propeller force,  $Z_p$  – force effecting the body.

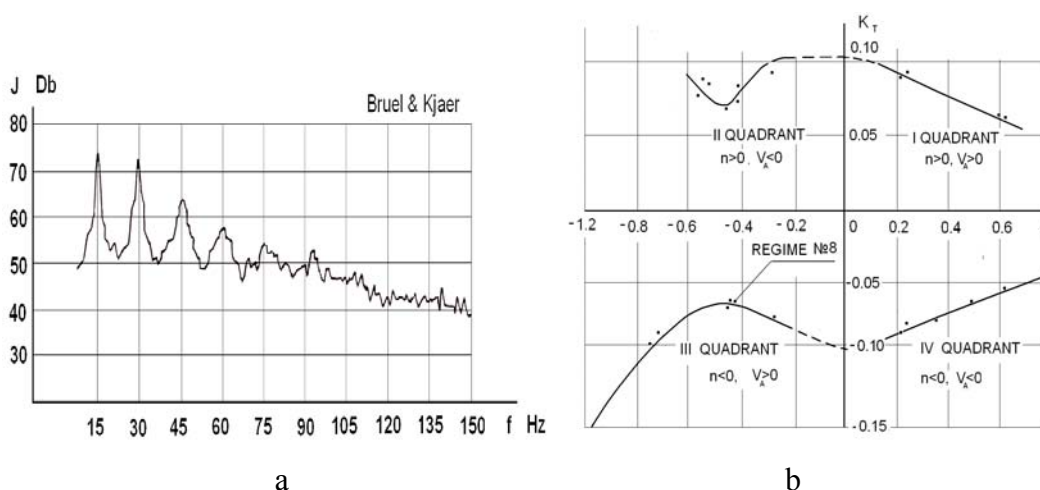
Za procjenu veličine poprečne sile na vijku snepomičnim krilima (takav vijak može biti bilo VUU ili VFU) u kosom strujanju korišteni su rezultati modelskih ispitivanja, prikazani na slikama 3 i 4. U režimu kočarenja ( $V_s=6$  čvorova), postavljeni omjeri P/D VUU projekta 13010 odgovaraju omjeru P/D modela vijka, koji je ispitan u kosom strujanju, slike 3 i 4. Poprečna sila na vijku za izabrani režim ( $\delta=16^\circ$ ,  $n=153 \text{ min}^{-1}$ ,  $V_s=6$  čvorova) činila je 29% netto poriva propulzora pri plovidbi pramcem.

Proračun za okretljivi porivnjak s gurajućim vijkom pri kočarenju uz  $\delta=16^\circ$  pokazao je da je moment, obzirom na os zakretanja upravljivog porivnjaka, uslijed hidrodinamičke sile na tijelo upravljivog porivnjaka, samo 10% od momenta uslijed poprečne sile na vijku (u proračunu su se koristili podaci o kormilima [9]). Za upravljivi porivnjak s vučnim vijkom analogna ocjena nije provedena, premda je očigledno da je i pri toj konfiguraciji prevladavajuća sila, koja određuje moment na osovini, poprečna sila na brodskom vijku. Na taj način, uklanjanje ili smanjenje poprečne sile na vijku korištenjem VPSK dovest će do bitnog smanjenja gubitka snage za okretanje upravljivog porivnjaka u području kuta zakreta  $\delta=0\div 35^\circ$  tj. u običnim uvjetima upravljanja broda. Taj zaključak vrijedi i pri korištenju kontrarotirajućih vijaka. Najneugodniji uvjeti rada brodskog vijka su rad u režimu ekstremnog zaustavljanja i reverziranja broda. U procesu reverziranja putem zakretanja upravljivog porivnjaka za  $180^\circ$ , brodski vijak radi isprva u jako kosom strujanju, a dalje (pri  $\delta\approx 90^\circ$ ) praktički bez aksijalne komponente strujanja, tj. na režimu bliskom režimu rada na stupu i konačno, prije zaustavljanja broda, u režimu povratnog suprotnog strujanja (njegove krivulje djelovanja odgovaraju četvrtom kvadrantu [10], slika 7).



Slika 7 Slučaj obrnutog strujanja Fig. 7 Mode of reversing flow

Konstruktivne posebnosti upravljivog porivnjaka nameću ograničenja na parametre koji karakteriziraju režim reverziranja čime se postižu, s gledišta čvrstoće i pouzdanosti, prihvatljiva opterećenja. Obično se ta ograničenja daju kao najveće dopuštene brzine zakretanja upravljivog porivnjaka pri raznim brzinama vrtnje vijka. Kao što su pokazala istraživanja koja su izveli autori (Vishnevsky L.I. i Togunjac A.R.) u kavitacijskom tunelu CNII akademika A. N. Krylova još 1987. godine, u režimu suprotnog dostrujavanja najveća vibracijska opterećenja javljaju se na frekvenciji krila, slika 8. U režimu suprotnog strujanja, spektrogrami su snimljeni samo u trećem kvadrantu. Polje brzina bilo je obodno nejednoliko.



Slika 8. Modelsko ispitivanje hidrodinamičkog opterećenja krila vijka u slučaju obrnutog strujanja

Fig.8 Model tests of propeller blade hydrodynamic load in reverse flow mode

a – krivulja hidrodinamičke značajke  $K_T = f(J)$  VPSK? u četiri kvadranta

b - spektrogram poriva krila, III kvadrant,  $n = -15$  1/s,  $J = -0.414$  (režim pokus? br. 8)

Na taj se način može zaključiti da će gore opisani mehanizam smanjenja promjenjivih hidrodinamičkih sila na upravljivom porivnjaku zahvaljujući VPSK uspješno raditi i u režimu suprotnog dostrujavanja, a spomenuta ograničenja, kako glede brzine zakretanja upravljivog porivnjaka, tako i glede brzine vrtnje broskog vijka, mogu se djelomično ili potpuno ukinuti.

Smanjenje vremena zakretanja upravljivog porivnjaka za  $180^\circ$  za ekstremno naglo zaustavljanje broda (manevar “crash stop astern”) i minimizaciju ograničenja glede snage predane broskom vijku, dovest će do smanjenja otplova broda, a također do smanjenja vremena proteklog do njegovog zaustavljanja, te konačno do povišenja sigurnosti plovidbe.

#### 4. Zaključak

Na temelju obavljenih istraživanja brodskih vijaka tipa VPSK na upravljivim porivnjacima, može se zaključiti:

- postrojenje VPSK bitno minimizira utrošak snage za okretanje upravljivog porivnjaka u području kuteva zakretanja  $\delta=0\div 35^\circ$  (kod gurajuće varijante više od dva puta);
- primjena VPSK na upravljivim porivnjacima je alternativa VUU, što je posebno važno za kontrarotirajuće brodske vijke.
- postrojenje VPSK na upravljivim porivnjacima je perspektivno s gledišta poboljšanja sposobnosti zaustavljanja broda, a posebno smanjenja otplova i skraćanja vremena nužnog za zaustavljanje broda.

Za potvrdu posljednjeg zaključka nužna su daljnja istraživanja.

#### REFERENCES

- [1] Vishnevsky L.I., "Propellers With Free Blade Connections". Problems of Ship Hydrodynamics, 1994, Krylov Shipbuilding Research Institute.
- [2] Vishnevsky L.I., Togunjac A.R. "Comparative Cavitation Characteristics of Variable Pitch Propeller and Fixed Pitch Propellers Operated in Non – Uniform Flow". Third International Conference "Navy and Shipbuilding Nowadays", NSN 2003, Saint-Petersburg, Russia, 2003
- [3] Вишнеvский Л.И., Тогуняц А.Р., «Судовой движитель» Патент на изобретение, № 2191136, Официальный бюллетень «Изобретения», № 29, 20.10.2002, ВНИИПИ.
- [4] Vishnevsky L.I., Krasavtsev V.E., Togunjac A.R., "Some Aspects of Hydrodynamics of Contra – Rotating Propellers With shifted Blade Connection on the Hub", 15 th International Scientific and Professional Congress "Theory Practice of Shipbuilding" SORTA 2002, Trogir, Croatia , 2002.
- [5] Don S. Marshall "Variable Pitch Marine Propeller" United States Patent № 4, 297, 079
- [6] Заявка на патент Российской Федерации № 2 003 117 558/11 от 28.08.03., Вишнеvский Л.И., Оглоблин Ю.Ф., Тогуняц А.Р., Шляхтенко А.В., Форст А.А..
- [7] Togunjac A.R., Kaprancev S.V , "Projektiranje i modelsko ispitivanje djelotvornosti kontravijka", Brodogradnja 42 (1994) 2, pp.127-133.
- [8] Togunjac A.R., "New Designs of Propulsions for Fishing Vessels " Teorija i praksa Brodogradnje, SORTA-1996, Zagreb, Croatia ,1996.
- [9] Войткунский Я.И., Першиц Р.Я., Титов И.А., «Справочник по теории корабля» Судостроение, Ленинград,1973, стр. 447.
- [10] Войткунский Я.И., «Справочник по теории корабля» т.1 Судостроение, Ленинград,1985, стр. 721-723.