

ISTRAŽIVANJE TEHNIČKO-EKSPLOATACIONIH OSOBENOSTI BRODOVA-POTISKIVAČA DUNAVSKE PLOVNE MREŽE U CILJU POBOLJŠANJA ORGANIZACIJE VODNOG TRANSPORTA

Prof. dr Vladeta Čolić, dipl. inž.
Saobraćajni fakultet, Beograd

Prof. dr Zlatko Hrle, dipl. inž.
Saobraćajni fakultet, Beograd

Asistent mr Aleksandar Radonjić, dipl. inž.
Saobraćajni fakultet, Beograd

U radu je prikazan pregled eksperimentalnih ispitivanja propulzionih i plovidbenih osobenosti naših izgrađenih brodova-potiskivača na Dunavskoj plovnoj mreži.

Na osnovu rezultata ispitivanja mogu se odrediti propulziona-plovidbene osobenosti koje su prilagođene našim uslovima plovidbe i našim rečnim brodovima-potiskivačima u cilju organizacije transporta i tehničke eksploatacije brodova-potiskivača sa sastavima potiskivanih teretnjaka.

Ključne reči: rečni brod-potiskivač, potiskivani teretnjak, brzina plovidbe, snaga broda, Dunavska plovna mreža

EXPERIMENTAL RESERACH OF TECHNICAL EXPLOATION ATTRIBUTES OF PUSH BOATS ON DANUBIAN NAVIGABLE NETWORK AS A FUNCTION OFFLEET ORGANIZATION OF INLAND WATERWAY TRANSPORT

In this paper, a review of experimental reserach of propulsion motion attributes of nationally built ships – push boats that use Danubian navigable network is presented.

On the basis of experimental researches it can be obtained motion attributes of 'push boat' propulsion. Propulsion of ships are adapted to national navigability conditions and national inland waterways ships – push boats. All results are applied on the fleet organization of transport and exploitation of pushed convoys

Key words: Inland waterways ship – push boat, barge, navigation speed, ship's effective power, Danubian navigable network

UVOD

U ovom radu su prikazana eksperimentalna ispitivanja propulzionih i plovidbenih osobenosti naših rečnih brodova-potiskivača na plovnom

putu Donjeg, Srednjeg i Gornjeg Dunava, koja je obavila Laboratorija za ispitivanje brodova i plovnih puteva Odseka za vodni saobraćaj Saobraćajnog fakulteta Univerziteta u Beogradu.

Rad Laboratorije obuhvata uglavnom eksperimentalna ispitivanja i proučavanja energetske i propulzionih osobenosti brodova, zatim uticaj

Kontakt: Prof. dr Vladeta Čolić
Saobraćajni fakultet u Beogradu
Vojvode Stepe 305, 11000 Beograd
E-mail: v.colic@sf.bg.ac.yu

Institut za istraživanja i projektovanja u privredi, Beograd. Sva prava zadržana

Istraživanja i projektovanja za privredu 22/2008 33

Tabela 1.1: Pregled ispitivanja izgrađenih rečnih brodova potiskivača od strane Laboratorije za ispitivanje brodova i plovnih puteva Saobraćajnog fakulteta Univerziteta u Beogradu.

Redni broj	Naručilac ispitivanja	Godina ispitivanja	Brod (plovilo)	Vrsta ispitivanja
1	2	3	4	5
1.	JRB - Beograd	1968.	m.p. „ <i>BUKOVIK</i> “ $N_{inst}=2 \times 331 \text{ kW}$ (2 x 450 KS)	Propulzione osobenosti
2.	JRB - Beograd	1968.	m.p. „ <i>DELIGRAD</i> “ $N_{inst}=2 \times 456 \text{ kW}$ (2 x 620 KS)	Propulzione osobenosti
3.	JRB - Beograd	1968.	m.p. „ <i>STOLOV</i> “ $N_{inst}=2 \times 464 \text{ kW}$ (2 x 630 KS)	Propulzione osobenosti
4.	BBP - Beograd	1968.	m.p. „ <i>VINODOL</i> “ $N_{inst}=2 \times 379 \text{ kW}$ (2 x 515 KS)	Propulzione osobenosti
5.	„Krajina“-Prahovo	1969.	m.p. „ <i>DELI JOVAN</i> “ $N_{inst}=2 \times 442 \text{ kW}$ (2 x 600 KS)	Propulzija. Tehničko-eksploatacione osobenosti
6.	PIM - Beograd	1969.	m.p. „ <i>KABLAR</i> “ $N_{inst}=2 \times 110 \text{ kW}$ (2 x 150 KS)	Propulzione osobenosti
7.	„Dunavski Lojd“ Sisak	1970.	m.p. „ <i>SLOGA</i> “ $N_{inst}=2 \times 706 \text{ kW}$ (2 x 960 KS)	Propulzione osobenosti
8.	Republička zajednica za naučni rad	1972.	Studija o novim uslovima plovidbe tegljenih i potiskivanih sastava na Đerdapskom jezeru. Sadrži i ispitivanje m.p. „ <i>KUMANOVO</i> “ $N_{inst}=2 \times 810 \text{ kW}$ (2 x 1100 KS) – JRB – Beograd	
9.	BBP - Beograd	1974.	m.p. „ <i>ROMANIJA</i> “ $N_{inst}=2 \times 379 \text{ kW}$ (2 x 515 KS)	Propulzione osobenosti. Potrošnja goriva
10.	BBP - Beograd	1977.	m.p. „ <i>ŠUMADIJA</i> “ $N_{inst}=2 \times 379 \text{ kW}$ (2 x 515 KS)	Propulzione osobenosti
11.	BBP - Beograd	1977.	m.p. „ <i>ROMANIJA</i> “ $N_{inst}=2 \times 379 \text{ kW}$ (2 x 515 KS)	Propulzione osobenosti
12.	„Heroj Pinki“ Novi Sad	1979.	m.p. „ <i>PINKI</i> “ $N_{inst}=2 \times 379 \text{ kW}$ (2 x 515 KS)	Propulzione osobenosti
13.	„Heroj Pinki“ Novi Sad	1979.	m.p. „ <i>PANONIJA</i> “ $N_{inst}=2 \times 379 \text{ kW}$ (2 x 515 KS)	Propulzione osobenosti
14.	PIM - Beograd	1979.	m.p. „ <i>BANAT II</i> “ $N_{inst}=2 \times 235 \text{ kW}$ (2 x 320 KS)	Propulzione osobenosti
15.	JRB - Beograd	1980.	m.p. „ <i>KADINJAČA</i> “ $N_{inst}=2 \times 810 \text{ kW}$ (2 x 1100 KS)	Propulzione osobenosti. Potrošnja goriva
16.	PIM - Beograd	1980.	m.p. „ <i>SREM</i> “ $N_{inst}=2 \times 235 \text{ kW}$ (2 x 320 KS)	Propulzione osobenosti
17.	„Heroj Pinki“ Novi Sad	1986.	m.p. „ <i>PANONIJA</i> “ $N_{inst}=2 \times 379 \text{ kW}$ (2 x 515 KS)	Propulzione osobenosti
18.	„Heroj Pinki“ Novi Sad	1986.	m.p. „ <i>PINKI</i> “ $N_{inst}=2 \times 379 \text{ kW}$ (2 x 515 KS)	Propulzione osobenosti. Potrošnja goriva
19.	„Krajina“ - Prahovo	1987.	m.p. „ <i>KLADOVO</i> “ $N_{inst}=2 \times 596 \text{ kW}$ (2 x 810 KS)	Propulzione osobenosti
20.	Brodogradilište „Sava“-Mačvanska Mitrovica	1988.	m.p. „ <i>TRUŽENIK</i> “ $N_{inst}=2 \times 147 \text{ kW}$ (2 x 200 KS)	Propulzione osobenosti Vibracije, Buka
21.	HE „Đerdap“ - Kladovo	1991.	m.p. „ <i>BOR</i> “ $N_{inst}=2 \times 486 \text{ kW}$ (2 x 660 KS)	Propulzione osobenosti Vibracije, Buka
22.	JRB - Beograd	2001.	m.p. „ <i>ZLATIBOR</i> “ $N_{inst}=2 \times 830 \text{ kW}$ (2 x 1129 KS)	Propulzione osobenosti

Napomena: Značenje skraćenica u tabeli 1.1. je sledeće:

BBP – Bagersko brodersko preduzeće, Beograd, PIM – Preduzeće za vodne puteve „Ivan Milutinović“, Beograd, JRB – Jugoslovensko rečno brodarstvo, Beograd, m.p. – motorni potiskivač, N_{inst} – instalisana snaga glavnih pogonskih motora.

karakteristika plovnog puta, kao i uticaj vrste i veličine sastava tegljenih i potiskivanih teretnjaka na organizaciju prevoženja i korišćenja prevoznih sredstava.

Laboratorija je opremljena savremenim elektronskim i drugim instrumentima i uređajima za kompleksno merenje snage i broja obrtaja, potrošnje goriva, vučnih sila, brzine plovidbe i rečnog toka, torzionih i linearnih vibracija, kontrolu rada glavnih pogonskih motora i ostalih postrojenja na brodu, snimanje dubine i preseka plovnih puteva.

U razdoblju od 1960. do zaključno sa 2004. godinom izvršena su 53 eksperimentalna ispitivanja i proučavanja rečnih nesamohodnih i samohodnih brodova na plovnim putevima naše zemlje i Evrope.

Pregled ispitivanja izgrađenih brodova motornih potiskivača od strane Laboratorije za ispitivanje brodova i plovnih puteva Saobraćajnog fakulteta Univerziteta u Beogradu prikazan je u tabeli 1.1.

PRIMER EKSPERIMENTALNIH ISPITIVANJA MOTORNOG POTISKIVAČA U SKLOPU SA SASTAVIMA POTISKIVANIH TERETNJAKA

U ovom poglavlju prikazaće se rezultati ispitivanja motornog potiskivača „Deligrad” (Jugoslovensko rečno brodarstvo – JRB, Beograd)

u slobodnoj vožnji kao i u sklopu sa sastavima od 2+2 i 3+3 nesimetrična potiskivana teretnjaka na plovnom putu (Dunav, km 846+934) koje je vršeno od strane Laboratorije za ispitivanje brodova i plovnih puteva Saobraćajnog fakulteta Univerziteta u Beogradu.

Osnovne osobenosti motornog potiskivača „Deligrad” su sledeće:

- L_a = 35,51 m dužina preko svega (najveća dužina)
- L_{KVL} = 34,11 m dužina na KVL
- B_a = 9,90 m širina preko svega (najveća širina)
- B_{KVL} = 9,80 m širina na KVL
- T_{KM} = 1,50 m najveće konstrukciono gaženje
- D_m = 354,4 t deplasman
- δ = 0,707 koeficijent punoće istisnine
- N_{inst} = 2 x 515 KS (2 x 456 kW)
snaga glavnih pogonskih motora za tzv. „trajni pogon”, pri broju obrtaja motora $n = 750$ o/min.

Osnovne osobenosti nesimetričnih potiskivanih teretnjaka iz sklopa sa m.p. „Deligrad”, date su u tabeli 2.1. Skice ispitivanih sklopova prikazane su na slici 2.1.

Tabela 2.1. Podaci o nesimetričnim potiskivanim teretnjacima u sklopu sa m.p.»Deligrad”.

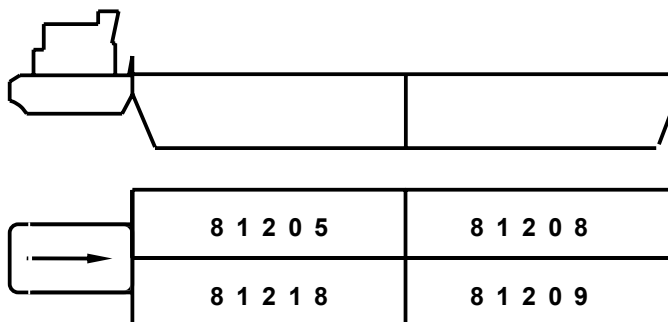
Osobnosti	Potiskivani teretnjak					
	"JRB-81205"	"JRB-81208"	"JRB-81209"	"JRB-81218"	"JRB-71316"	"JRB-71326"
L_a (m)	67,03	67,02	67,01	66,94	66,98	67,02
L_{KVL} (m)	65,65	65,65	65,77	65,74	65,79	65,80
B_{KVL} (m)	10,23	10,23	10,22	10,22	10,22	10,21
T_{KM} (m)	2,30	2,30	2,30	2,30	2,30	2,30
T_{KO} (m) ^{*)}	0,37	0,37	0,36	0,38	0,38	0,39
H_K (m) ^{*)}	2,61	2,61	2,67	2,62	2,60	2,65
Q_r (t) ^{*)}	1221	1221	1221	1216	1205	1223
D_m (t)	1450	1454	1454	1450	1420	1450
δ	0,939	0,941	0,940	0,938	0,918	0,938

*)

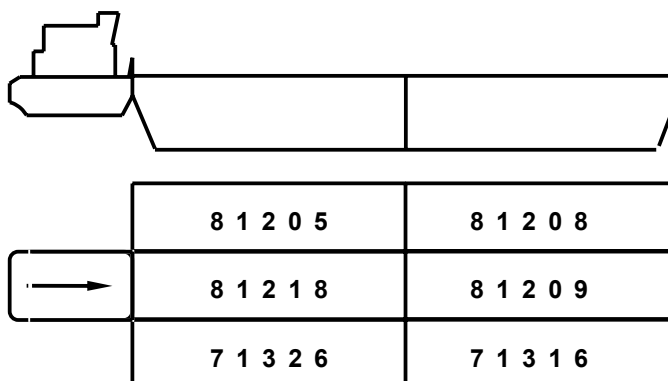
- T_{KO} - najmanje konstrukciono gaženje, (m)
- H_K - konstrukciona visina broskog trupa, (m)
- Q_r - registrovana nosivost teretnjaka, (t)

Napomena: Teretnjaci su potpuno natovareni naftom, odnosno ugljem.

m.p. „DELIGRAD“ sa 4 teretnjaka (2+2), Dunav (km 848÷849)



m.p. „DELIGRAD“ sa 6 teretnjaka (3+3), Dunav (km 903÷904)



Slika 2.1. Skice potiskivanih sklopova motornog potiskivača „Deligrad“ ($N_{inst} = 2 \times 456 \text{ kW}$) i raznih sastava nesimetričnih potiskivanih teretnjaka (registrovane nosivosti od po oko 1220 tona).

Ispitivanja su vršena na Dunavu između ušća Timoka (km 846) i Prahova (km 861), koristeći uvek uzvodnu plovidbu.

Merodavni vodostaj Dunava iznosio je na vodomernoj stanici Oršava +300.

Za vreme ovog vodostaja može se smatrati da je dubina plovnog puta dovoljna i da ne izaziva osetno dopunsko povećanje otpora /6/ plovila, kao i da ne remeti pravilan rad propulzora. Širina plovnog puta je takođe zadovoljavajuća.

Ispitivanje je obavljeno po lepom, sunčanom vremenu, bez jačeg vetra koji bi uticao na normalne uslove merenja i na tačnost rezultata ispitivanja.

Ispitivanje brzine plovidbe potiskivanih sklopova obavljeno je pri nepromenjenom režimu rada glavnog pogonskog motora (punjenje motora je približno konstantno), na osnovu propisanog režima za tzv. dugotrajan rad ("trajni pogon") -

koji je za eksploataciju najvažniji (najmerodavniji).

Pri slobodnoj vožnji m.p. „Deligrad“ nije moglo da se koristi hidrometrijsko krilo zbog velikih pramčanih talasa, koji su preivali palubu kod većih brzina. Međutim, za slobodnu vožnju je između km 848 i km 849 i pri radu motora "punom snagom" izmerena brzina u mirnoj vodi od oko $v = 21,00 \text{ km/h}$. Pri tome su merena vremena u uzvodnoj i nizvodnoj plovidbi između kilometarskih stubova na obali.

U tabeli 2.2 dati su rezultati izmerenih brzina za tzv. "slobodnu vožnju" m.p. „Deligrad“ kao i za plovidbu m.p. „Deligrad“ u sklopu sa sastavima od 2+2 i 3+3 nesimetrična potiskivana teretnjaka. Radi upoređenja, u istoj tabeli date su i vrednosti ukupne izmerene snage na oba propelerska vratila ($\sum N_{vr}$), kao i srednji brojevi obrtaja propelerskih vratila (n_{vr}). Sva ova merenja vršena su istovremeno.

Tabela 2.2: Rezultati ispitivanja m.p. „Deligrad” ($N_{inst} = 2 \times 456 \text{ kW}$) u slobodnoj vožnji, kao i u sklopu sa sastavima od 2+2 i 3+3 nesimetrična potiskivana teretnjaka.

Vrsta sklopa	Merna deonica na Dunavu	Izmerene brzine plovidbe u odnosu na vodu v	Srednji broj obrtaja propelerskih vratila (n_{vr})	Ukupno izmerena snaga na oba propelerska vratila ($\sum N_{vr}$)
	(km)	(km/h)	(o/min)	(kW)
Slobodna vožnja m.p. „Deligrad”	848 ÷ 849	~21,00		
m.p. u sklopu sa 2+2 teretnjaka	848 ÷ 849	11,35	362,00	748,5
m.p. u sklopu sa 3+3 teretnjaka	903 ÷ 904	9,75	360,00	776,6

Merenje snage na propelerskim vratilima izvršeno je pomoću torziometra koji je bio postavljen na oba vratila u krmenoj prostoriji neposredno iza pregrade mašinskog prostora. Prema tome, izmerene snage su za (2-3)% manje od snaga na vratilima motora, s obzirom da su se između instrumenata i motora nalazile kopče sa reduktorima (2:1) i ležišta.

Merenje broja obrtaja na oba propelerska vratila vršeno je elektronskim brojačem obrtaja, koji je ugrađen u torziometar.

Brzina plovidbe potiskivanog sastava u odnosu na vodu određivana je pomoću hidrometrijskog krila, koje je bilo postavljeno na pramčanom delu potiskivanih teretnjaka. Pomoću posebnih držača hidrometrijsko krilo je bilo istureno oko 3 metra ispred pramca teretnjaka, tako da je bilo obezbeđeno merenje u neuznemirenoj vodi.

ISTRAŽIVANJE PROPULZIONO-PLOVIDBENIH OSOBENOSTI PRI PLOVIDBI DUNAVSKIH BRODOVA POTISKIVAČA

Odsek za vodni saobraćaj Saobraćajnog fakulteta Univerziteta u Beogradu, u okviru svoje naučno-istraživačke delatnosti, prikupio je, sudio i naučno obradio sve raspoložive rezultate eksperimentalnih ispitivanja plovidbenih i propulziono-potisnih osobenosti naših savremenih izgrađenih rečnih brodova-potiskivača (prikazanih u tabeli 1.1.) i objavio u Monografiji: "Istraživanje plovidbenih, prevoznih, energetskih i propulziono-potisnih osobenosti dunavskih brodova potiskivača". Štampanje Monografije finasiralo je Ministarstvo nauke i zaštite životne sredine republike Srbije, i Preduzeće rečnog saobraćaja Jugoslovensko rečno brodarstvo (JRB) AD – Beograd (2006.).

Na osnovu istraživanja sprovedenim u ovoj Monografiji mogu se odrediti plovidbene i propulziono-potisne osobenosti koje su prilagođene našim uslovima plovidbe i našim rečnim brodovima potiskivača – dakle, uslovima koji postoje na Dunavskoj plovnoj mreži: potiskujuća sila, efekat potiskujuće sile, snaga i broj obrtaja motora, brzina plovidbe i rad propulzora izgrađenih brodova-potiskivača na plovnom putu.

Težište stručne i naučne aktivnosti Laboratorije za ispitivanje brodova i plovnih puteva Saobraćajnog fakulteta Univerziteta u Beogradu usmereno je na eksperimentalna istraživanja tehničko-eksploatacionih, plovidbenih i propulziono-energetskih osobenosti izgrađenih brodova i brodskih sastava na plovnom putu i primenu rezultata istraživanja u poboljšanju organizacije i tehničke eksploatacije rečnog brodarstva. Rezultat toga je i izrada navedene Monografije.

ZAKLJUČAK

U okviru napora koji se kod nas ulažu na putu primene savremenih metoda u oblasti tehničke eksploatacije plovidbenih sredstava i organizacije vodnog prevoženja, ispitivanje plovidbenih, propulzionih i potisnih osobenosti dunavskih motornih potiskivača zauzima posebno mesto.

Pre svega, reč je o kompletnom ispitivanju rečnih brodova-potiskivača obavljenih u našoj zemlji. Značaj ovog potpunog eksperimentalnog ispitivanja je u tome da su u praksi uspešno proverene prethodno prostudirana metodika i tehnika ispitivanja.

U navedenoj Monografiji prikazani su ne samo rezultati ispitivanja naših rečnih brodova-potiskivača i njihova analiza, već su u sažetom

obliku izloženi i metodika merenja i način obrade i prikazivanje prikupljenih podataka.

Rezultati ispitivanja, dobijeni obradom podataka, mogu veoma korisno da posluže, kako konstruktorima rečnih brodova-potiskivača (posebno konstruktorima propulzionih uređaja) tako i stručnjacima koji se bave tehničkom eksploatacijom prevoženja.

Analiza ovih rezultata nesumnjivo dokazuje celishodnost kompletnih eksperimentalnih ispitivanja rečnih brodova, te svakako treba nastojati da se ovakva ispitivanja i dalje sistematski nastave kod svih novogradnja i rekonstrukcija rečnih plovni sredstava.

LITERATURA

- /1/ Kreculj, D., Čolić, V., "*Plovna sredstva*", Univerzitet u Beogradu, Beograd, 1996.
- /2/ Čolić, V., "*Prevozni učinci brodova Dunavske plovne mreže*", Univerzitet u Beogradu, Saobraćajni fakultet u Beogradu, Beograd, 1998.
- /3/ Čolić, V., "*Program spitivanja tehničko-eksploatacionih osobenosti rečnih brodova u funkciji poboljšanja kvaliteta prevozne usluge*", "Tehnika-deo: Saobraćaj", str. 1-4, br.3, 2005.
- /4/ Čolić, V., "*Istraživanje plovidbenih, prevoznih, energetskih i propulzionopotisnih osobenosti dunavskih brodova-potiskvača*", naučna monografija, Saobraćajni fakultet Univerziteta u Beogradu, Beograd, 2006.
- /5/ Radonjić, A., "*Istraživanje eksperimentalnih metoda za određivanje plovidbenih osobina rečnih brodova*", magistarski rad, Saobraćajni fakultet Univerziteta u Beogradu, Beograd, 2007
- /6/ Branislav Bilen, Zoran Nikolić, kako i koliko se potrošnja goriva na brodovima može smanjiti sa dizel električnim propulzijom (dep)?, Časopis Istraživanja i projektovanja za privredu, br. 19-2008, str. 57-68, Beograd