

Упоредна анализа показатеља транспортне ефективности речно-морских бродова на сектору доњег Дунава

ИВАН В. ШКИЉАИЦА, Универзитет у Новом Саду,

Факултет техничких наука, Нови Сад

ВЛАДИМИР С. ШКИЉАИЦА, Универзитет у Новом Саду, DOI: 10.5937/tehnika2306715S

Факултет техничких наука, Нови Сад

Прегледни рад

UDC: 656.6:338.43

Важно место у процесу повећања ефективности превозења терета водним транспортом имају директна превозења на правцу река-море која се остварују између лука које се налазе на унутрашњим водним путевима и морских лука. Таква превозења могу да се реализују на два начина: 1) без претовара терета у лукама на ушћима река у море и, 2) са претоваром терета из морских бродова у речне и обрнуто. Повећање ефективности превозења треба да буде засновано на увођењу нових ресурса и уштеде енергије, као и увођењу напредних технологија у области транспортних средстава. У циљу разматрања могућег увођења технологије директног превозења на правцу река-море за потребе привреде Србије неопходно је да се утврде технички, технолошки и економски параметри помоћу којих се опредељује оправданост примене таквог начина превозења. У овом раду приступа се, примењујући методе познатих показатеља експлоатације, утврђивању превозних својстава неколико карактеристичних типова речно-морских бродова којима се остварије транспорт на пловним путевима Руске Федерације а који, истовремено, у одређеној мери, учествују у транспорту терета на Дунаву.

Кључне речи: директни транспорт, речно-морски брод, експлоатациони показатељи, транспортна ефективност, квалитет тонаже

1. УВОД

Потребно је истаћи да применом директног транспорта речно-морским бродовима привреда Србије добија могућност изласка на море и непосредног остваривања везе са земљама које припадају басену Црног, Каспијског и Средоземног мора [1]. Применом комбинованог, речно-морског транспорта-без претовара, терет се боље чува и на најмању меру смањује могући губитак, скраћује се време доставе и избегавају застоји због различитих технолошких операција при предаји с једног вида транспорта на други (морски брод-речни брод и обрнуто, речни брод-морски брод). Истовремено са коришћењем постојећих видова флоте (морских и речних бродова за превоз терета; бродова мешовите пловидбе) израда принципијелно нових транс-

портних средстава, као што су лихтер барже и бродови носачи, бродови типа РО-РО с хоризонталним принципима утовара-истовара представљају нове правце у технологији превозења у водном транспорту. Осим тога, у лукама примена претоварних постројења велике производности осигурава значајно скраћење времена обраде бродова, посебно при превозу масовних терета.

Познато је да развој превоза терета у речно-поморском саобраћају директно зависи од техничких и експлоатационих особености мреже пловних путева који омогућавају пловидбене везе између речних басена и мора. Детаљна истраживања пловидбених услова на унутрашњим пловним путевима и приобалним морским трасама претходе пројектовању и изградњи бродова који највише одговарају овим условима на рекама и морима.

Будући да су речно-морски бродови предвиђени да раде по великим пловним рекама (Дунав, Дњепар, Дон, Волга и друге) и прибрежним морима неопходно је да поседују техничке и експлоатационе карактеристике које диктирају та два пловидбена подручја. Познато је да ниски

Адреса аутора: Иван Шкиљаица, Универзитет у Новом Саду, Факултет техничких наука, Нови Сад, Трг Доситеја Обрадовића 6

E-mail: ivan.skiljaica@uns.ac.rs.

Рад примљен: 27.02.2023.

Рад прихваћен: 13.04.2023.

водостаји који се јављају на рекама ограничавају величину газа бродова, док високи водостаји ограничавају висину највише непокретне тачке. Осим тога, величина газа брода (T) обично је лимитирана вредност у пројектним задацима а условљена је дубинама у пловном путу као и дубинама акваторија у лукама утовара и истовара терета. Претходним истраживањима [2], [3], [4], [5] аутори су утврдили изузетно велике осцилације водостаја на Дунаву, посебно на појединим секторима Доњег Дунава (водомерне станице Ђурђу и Черна Вода) при чему разлика између најнижег и највишег нивоа воде износи готово 10 метара. Осим тога, истим истраживањима утврђен је и очекивани број дана у години када бродови могу да утоварају на највећи газ. На пример, при газу брода $T=2,5$ m очекивани период за пловидбу износи 320 дана; за газ $T=3,0$ m – 288 дана; при $T=3,5$ m – 249 дана и за $T=4,0$ m – 208 дана. Из тог разлога, аутори приступају провери показатеља транспортне ефективности, као и одабраних техничких параметара, усвојених речно-морских бродова при пловидби у условима нестабилних и ниских водостаја који се јављају на сектору доњег Дунава.

2. УЛОГА ЕКСПЛОАТАЦИОНИХ ПОКАЗАТЕЉА

У систему водног транспорта бродови имају главну производну улогу у процесу превоза робе. Један од начина за утврђивање искоришћења бродова транспортне флоте и анализу рада је познавање стварних вредности показатеља експлоатације сваког појединачног пловила или групе пловила идентичних техничких карактеристика, при чему појам експлоатациони показатељи подразумева техничке или економске карактеристике искоришћења у датом јединици времена [1], [6], [8]. Важан задатак анализе експлоатационих показатеља је откривање структуре чинилаца и оцена утицаја сваког од њих на промену показатеља који се проучава. У даљем току истраживања аутори су за оцену експлоатационих својстава усвојених типова бродова, одабрали следеће показатеље: по оптерећењу (у које спадају коефицијент искоришћења регистроване носивости и коефицијент искоришћења снаге погонских мотора), показатељ транспортне ефективности, показатељ квалитета тонаже и коефицијент специфичног отпора.

2.1. Експлоатациони показатељи по оптерећењу

Експлоатациони показатељи по оптерећењу (називи који су, такође, у употреби: коефицијенти оптерећења; статички коефицијенти искоришћења; коефицијенти искоришћења носивости или снаге

погонских мотора; средње оптерећење) карактеришу количину терета која долази по јединици регистроване носивости, односно по јединици снаге погонских мотора брода. Експлоатациони показатељи оптерећења бродова по носивости $\left(\varepsilon, \frac{t}{tn}\right)$ и по снази погонских мотора $\left(p, \frac{t}{kW}\right)$ у општем облику рачунају се према изразу 1, [1], [8]:

$$\left. \begin{aligned} \varepsilon &= \frac{Q_e}{Q_r}; \\ p &= \frac{Q_e}{\Sigma N} \end{aligned} \right\} \quad (1)$$

при чему су: Q_e – носивост једног брода за превоз терета у посматраном моменту, односно, то је стварно утоварена количина терета у брод, која зависи од могућег газа брода (у функцији дубине у пловном путу) у t ; Q_r – регистрована-највећа (при највећем газу) носивост брода за превоз терета, у тонама носивости - tn , ΣN – укупно уграђена снага погонских мотора у броду, у kW .

2.2. Показатељ транспортне ефективности

Показатељ транспортне ефективности (TE) је квалитативна карактеристика коришћења бродова, а комплексност овог показатеља огледа се у томе што он изражава величину оствареног транспортног рада на превозењу у јединици времена по јединици носивости брода или по јединици уграђене (или ефективне) снаге погонских мотора брода. На основу изнете дефиниције показатељ транспортне ефективности речно-морских бродова по носивости $TE_Q \left(\frac{t \cdot km}{t_n \cdot h}\right)$ и

показатељ транспортне ефективности ових бродова по снази $TE_N \left(\frac{t \cdot km}{kW \cdot h}\right)$ рачуна се општем

изразу (2) [1], [8]:

$$\left. \begin{aligned} TE_Q &= \frac{Q_e}{Q_r} \cdot v = \varepsilon \cdot v; \\ TE_N &= \frac{Q_e}{\Sigma N} \cdot v = p \cdot v \end{aligned} \right\} \quad (2)$$

где су: ε -показатељ искоришћења регистроване носивости брода t/tn ; p - показатељ искоришћења снаге погонских мотора, t/kW ; v – техничка брзина пловидбе, km/h .

2.3. Показатељ квалитета тонаже

Показатељ квалитета тонаже, $kT \left(\frac{t \cdot m^2}{N \cdot s^2}\right)$, [1], [8] је параметар за оцену транспортне ефикасности којим се утврђује степен коришћења транспортних бродова. Комплексност овог показатеља огледа се

у томе што он изражава величину превезене количине терета у односу на брзину пловидбе и, при том, насталог укупног отпора брода. Показатељ квалитета тонаже утврђује степен усаглашености облика брода и његове укупне носивости са брзином пловидбе. Показатељ квалитета тонаже усвојених типова речно-морских бродова прорачунава се помоћу израза 3, [1], [8]:

$$k_T = \frac{Q_r}{\Sigma \bar{R}} \quad \text{или} \quad k_T = \frac{Q_e}{\Sigma \bar{R}} \quad (3)$$

где су: $\Sigma \bar{R}$ - редуковани отпор брода, под којим се подразумева укупни отпор брода у односу на брзину пловидбе од 1,0 m/s и рачуна се према изразу:

$\Sigma \bar{R} = \frac{\Sigma R}{v^2}$ при чему је v – техничка брзина пловидбе

брода, m/s. Заменом израза редукованог отпора $\Sigma \bar{R}$ у израз (3) добија се коначни облик за прорачун показатеља квалитета тонаже:

$$k_T = \frac{Q_r}{\Sigma R} \cdot v^2 \quad \text{или} \quad k_T = \frac{Q_e}{\Sigma R} \cdot v^2 \quad (4)$$

2.4. Коэффициент специфичног отпора брода

За оцену експлоатационих својстава речно-морских бродова може да се користи и тзв. коэффициент специфичног отпора, [1], [8], под којим се подразумева укупни отпор брода по 1 тони носивости (r_Q , N/t) или по 1 тони депласмана (r_D , N/t), израз 5, [1], [8]:

$$\left. \begin{aligned} r_Q &= \frac{\Sigma R}{Q_r}; \\ r_D &= \frac{\Sigma R}{D} \end{aligned} \right\} \quad (5)$$

при чему су: ΣR – укупни отпор брода, N; D – депласман брода при највећем газу, t.

3. ОСНОВНЕ КАРАКТЕРИСТИКЕ УСВОЈЕНИХ ТИПОВА БРОДОВА

Аутори су сагласни да је неопходно прорачунима испитати неколико основних техничких и технолошких параметара помоћу којих се утврђују радне карактеристике (предности, односно, недостаци) појединих типова бродова при могућој примени код директног (без претовара терета) начина превозења на правцу река-море.

Будући да бродарске компаније у Србији не располажу бродовима за комбиновану пловидбу на правцу река-море аутори су одабрали неколико карактеристичних типова речно-морских бродова којима се остварије превоз на пловним путевима Руске федерације у циљу њихове могуће примене на Дунаву [6], [7]. Према Речном регистру бродова Руске федерације сви бродови носе ознаке пројекта по којима су грађени.

У циљу утврђивања основних експлоатационих карактеристика одабрано је пет бродова за превоз сувих терета (пројекта 1557, 781, 1810, 285 и 295), три танкера за превоз нафте и деривата (пројекта 1577, 19610 и 630) као и један брод комбинованог типа-за превоз руде и нафте (пројект 1553).

Бродови пројекта 1557, 781, 1810, 285, 1553 и 19610 грађени су за класу II-СП, бродови пројекта 295 и 630 грађени су класу МСП док је брод пројекта 1577 грађен за класу М. Основне техничке карактеристике усвојених типова бродова речно-морске пловидбе приказане су у табели 1.

Табела 1. Основне техничке и експлоатационе карактеристике одабраних типова речно-морских бродова

Основне карактеристике	1557 II-СП	781 II-СП	1810 II-СП	285 II-СП	295 МСП	1553 II-СП	19610 II-СП	630 МСП	1577 М
Дужина највећа, L_{out} (m)	114,2	96,0	88,0	81,11	114,0	119,9	140,01135,4	138,0	132,6
Дужина на КВЛ, L_{cwl} (m)	110,5	92,8	85,14	78,48	110,3	115,2		133,5	128,60
Ширина највећа B_{out} (m)	13,22	13,22	12,32	11,95	13,23	13,46	16,8 16,52	17,0	16,9
Ширина на КВЛ, B_{cwl} (m)	13,00	13,00	12,10	11,75	13,00	13,20		16,70	16,5
Депласман, D (t)	3130	2140	1810	1968	2869	2840	4242/ 5891*	5740	5011
Снага погонских мотора, N (kW)	2×660	2×450	2×450	2×520	2×600	2×600	2×1200	2×1200	2×1000
Највећи газ, T_{max} (m)	3,5	3,35	3,3	4,0	3,56	3,54	3,7/4,0*	3,7/4,0	3,65
Регистрована носивост, Q_r (t)	3000	2000	1700	1700	2700	2700	4000/ 5500*	4600/5540*	4800
Брзина пловидбе v у дубокој води при T_{max} (чв)	10,6	10,7	11,5	11,9	10,1	10,9	11,0	10,5	9,8

Објашњење ознака: *бројилац-у реци; именилац-у мору

Експлоатационе могућности бродова типа 1557, 781, 1810, 285 и 295 су вишеструке: могу да

превозе гвоздену руду, угаљ, све врсте зрнастих терета, обло дрво и резану грађу, минерално-

грађевинске материјале, различите генералне терете и велике контејнере. Простор за смештај терета брода пројекта 285 дели се на два складишта; бродови пројекта 781 и 1810 имају три складишна простора док бродови пројекта 1.557 и 295 располажу са четири складишна простора. Чврстоћа двоструког дна (дна складишта) ових бродова допушта утовар и истовар крановима носивости од 16 до 25 тона. Бродови мешовите пловидбе имају водонепропусне металне поклопце изнад товарног простора. На бродовима је осигурано истовремено отварање свих складишних простора са високим степеном аутоматизације и централизације.

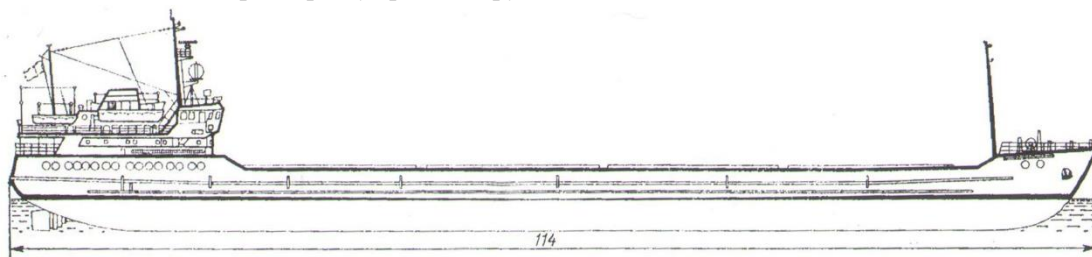
Танкери (пројекта 1.577, 19.610 и 630) располажу са дванаест комора за укрцај нафте, имају двоструке бокове и двоструко дно. У речним условима предвиђени су превоз продуката нафте свих класа, док у морским условима могу да превозе продукте нафте уз примену инертних гасова у простору за терет.

Брод пројекта 1.553 је једнопалубни, са комо-рама предвиђеним за превоз нафте које су смештене у простору двоструких бокова брода и јединственим складишним простором у средини тру-

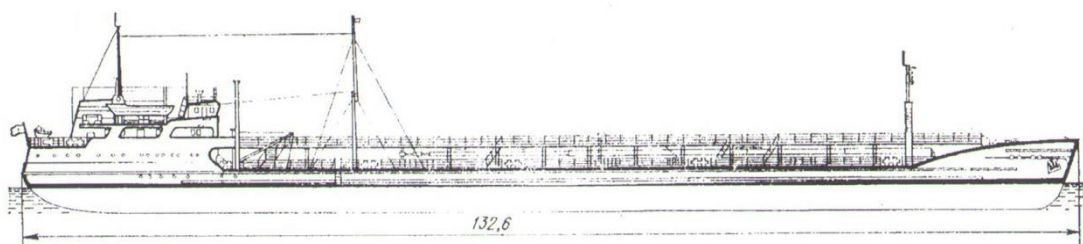
па који је предвиђен за превоз генералних и расутих терета. Изнад централног товарног простора постављени су метални поклопци којима се осигурава потпуна водонепропусност.

Маритимна својства омогућавају експлоатацију бродова мешовите пловидбе по рекама, великим акумулационим језерима и прибрежним морским областима при таласима умереног интензитета. Према Речном регистру Руске федерације бродови типа МСП могу да плове по мору када је висина таласа до 3,5 m и по удаљености од места за склањање на обали до 50 миља, док бродови типа П-СП могу да плове када је висина таласа до 6,0 m и по удаљености од места за склањање на обали до 50 миља на отвореном и 100 миља на затвореним морима. Брод типа „М“ према Речном регистру Руске федерације пројектован је и грађен за услове морске пловидбе.

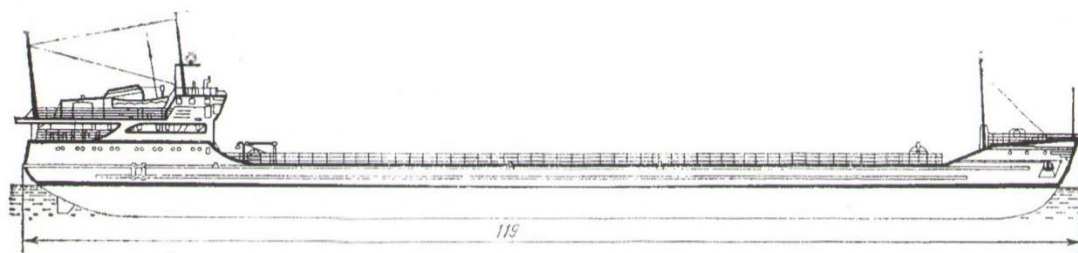
На слици 1 приказан је генерални план брода за превоз сувих терета пројекта 1.557, на слици 2. приказан је генерални план брода-танкера пројекта 1.577, док је на слици 3. приказан план комбинованог брода за превоз нафте и руде пројекта 1553.



Слика 1 - Генерални план брода за превоз сувих терета пројекта 1557 [6]



Слика 2 - Генерални план брода-танкера пројекта 1577 [6]



Слика 3 - генерални план комбинованог брода за превоз нафте и руде пројекта 1553 [6]

4. ПАРАМЕТРИ ПОТРЕБНИ ЗА ПРОРАЧУН ПОКАЗАТЕЉА ЕКСПЛОАТАЦИЈЕ

Због променљивих водостаја на Дунаву, а пре него се приступи прорачуну експлоатационих показатеља, неопходно је познавати промену носивости бродова одабраног типа према његовом тренутно могућем газу, када је $Q_e = f(T_e)$, [8]. Применом методе линеарне интерполације добија се да је:

$$Q_e = Q_r - q \cdot (T_r - T_e), \quad (6)$$

при чему су: q – специфична носивост брода по 1 cm газа, t/cm, што се рачуна према изразу:

$$q = \frac{Q_r}{T_r - T_0}, \quad T_r - \text{регистровани (највећи) газ брода}$$

за превоз терета, m; T_e – могући газ брода у датом моменту (у функцији дубине пловног пута), m; T_0 – конструктивни газ празног брода, m.

Како би се прорачунали показатељи квалитета тонаже (k_T) и специфичног отпора (r_Q) усвојених типова бродова неопходно је израчунати њихов укупни отпор (ΣR) за различите брзине пловидбе.

Табела 2. Израчунате вредности показатеља брода пројекта 1557

Газ (m)	Q_e (t)	v_r (km/h)	ε (t/tn)	p (t/kW)	TE_Q (tkm/tnh)	TE_N (tkm/kWh)
1,50	621	24,173	0,2070	0,4704	5,0038	11,3709
1,75	918	23,490	0,3060	0,6954	7,1879	16,3349
2,0	1215	22,848	0,4050	0,9204	9,2534	21,0305
2,25	1513	22,241	0,5043	1,1462	11,2161	25,4929
2,50	1810	21,665	0,6033	1,3712	13,0704	29,7070
2,75	2107	21,118	0,7023	1,5962	14,8311	33,7088
3,0	2405	20,598	0,8016	1,8219	16,5113	37,5289
3,25	2702	20,103	0,9006	2,0469	18,1047	41,1502
3,50	3000	19,631	1,000	2,2727	19,631	44,6153

Дијаграм промене показатеља искоришћења регистроване носивости у функцији могућег газа, $\varepsilon = f(T)$, приказан је на слици 4, док је дијаграм промене показатеља искоришћења снаге погонских мотора, $p = f(T)$, приказан је на слици 5.

Промена величине показатеља транспортних ефективности према газу брода $TE_Q = f(T)$ и $TE_N = f(T)$ приказани су на дијаграмима, слике 6 и 7, док су се аутори определили да у раду прикажу промену специфичног отпора по носивости брода у функцији брзине пловидбе, $r_Q = f(v)$, што је представљено дијаграмом на слици 8.

Показатељ квалитета тонаже усвојених типова речно-морских бродова (k_T) прорачунат је за све бродове при њиховој највећој (регистрованој, Q_r) носивости, за максималну (пројектовану) брзину пловидбе (v) када се остварују највеће вредности укупног отпора (ΣR_{max}). Израчунате вредности

Прорачун укупног отпора бродова (ΣR) изведен је према методама и препорукама ИТТС-57 [10], [11].

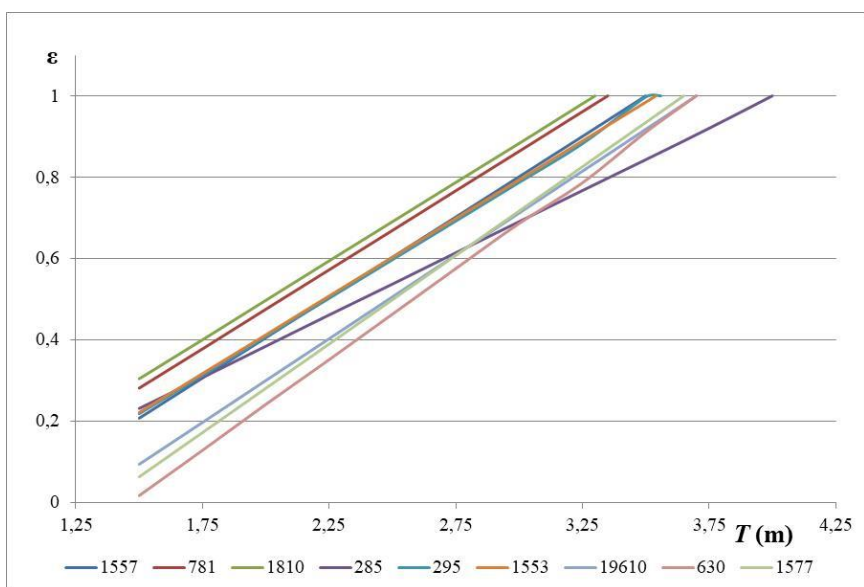
4. ПРИКАЗ ПОКАЗАТЕЉА РАДА БРОДОВА

Прорачун показатеља експлоатације одабраних бродова речно-морске пловидбе врши се у односу на величину газа, који се (усвојен слободно од стране аутора) креће у распону од 1,5 метра до највеће вредности газа за сваки брод посебно. Очигледно је, да се променом величине газа (T) мењају носивост брода (Q_e), брзина пловидбе (v), показатељи по оптерећењу (ε , p) и показатељи транспортне ефективности (TE_Q , TE_N), као и укупни и специфични отпори (ΣR , r_Q). Израчунате вредности показатеља по оптерећењу (ε , p) и транспортне ефективности (TE_Q , TE_N) за брод пројекта 1557 приказани су у табели 2. Познатим рачунским методама прорачунате су вредности показатеља експлоатације сваког од усвојених типова бродова што, због обимности, неће бити приказано табеларно у овом раду. Из разлога очигледности, аутори су се определили да промене израчунатих показатеља прикажу одговарајућим дијаграмима.

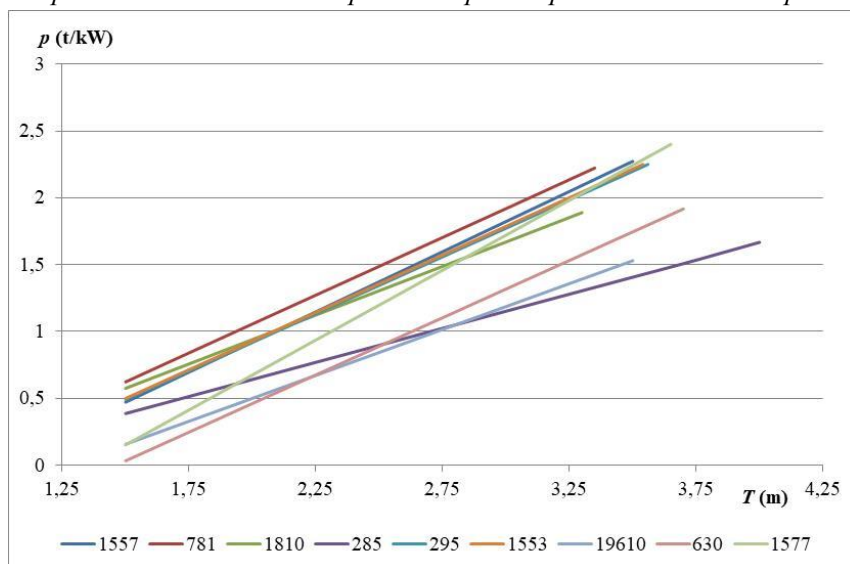
показатеља квалитета тонаже према овим условима по типовима бродова приказани су у табели 3.

Табела 3. Показатељ квалитета тонаже усвојених бродова

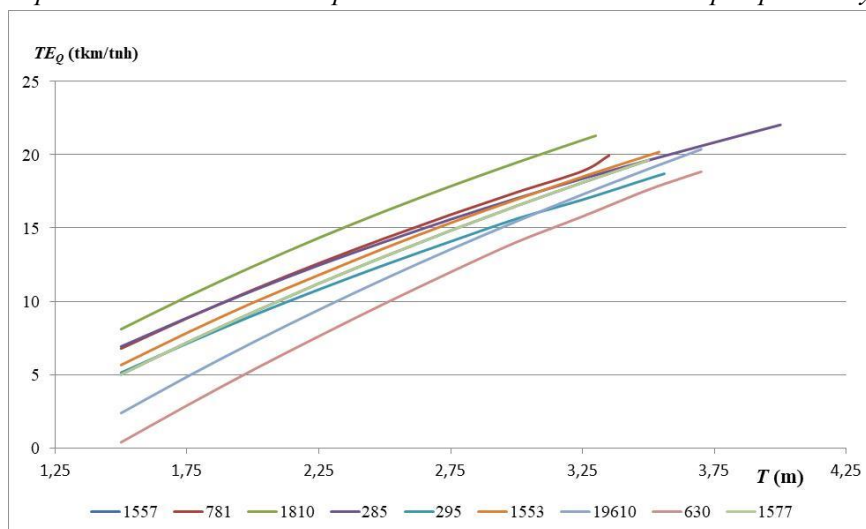
Тип брода	k_T [t·m ² /N·s ²]
1557	0,8433
781	0,8078
1810	0,7190
285	0,6994
295	0,9545
1553	0,93208
19610	1,0649
630	0,99805
1577	1,1549



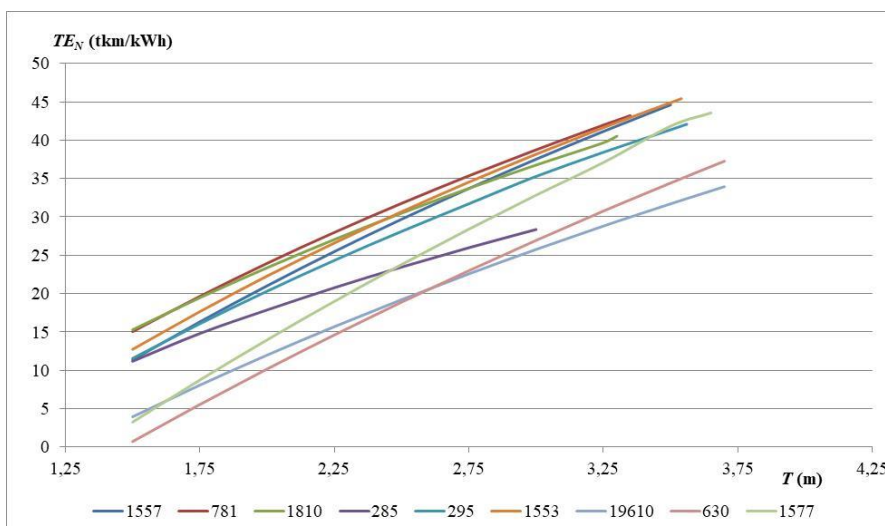
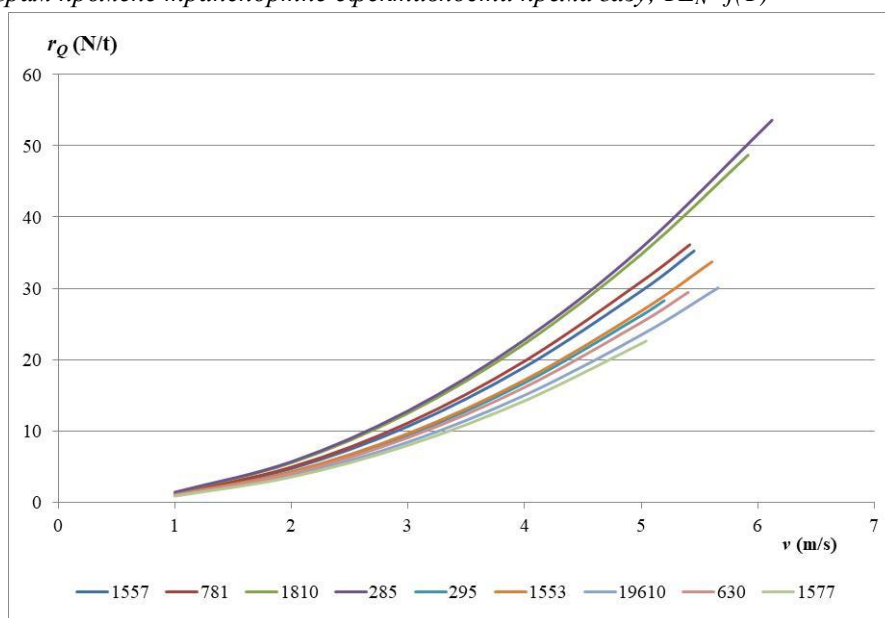
Слика 4 - Дијаграм промене показатеља искоришћења регистроване носивости према газу брода, $\varepsilon=f(T)$



Слика 5 - Дијаграм промене показатеља искоришћења снаге погонских мотора према газу брода, $p=f(T)$,



Слика 6 - Дијаграм промене транспортне ефективности према газу, $TE_Q=f(T)$

Слика 7 - Дијаграм промене транспортне ефективности према газу, $TE_N=f(T)$ Слика 8 - Дијаграм промене специфичног отпора бродова, $r_Q=f(v_i)$

6. АНАЛИЗА РЕЗУЛТАТА

Прегледом израчунатих и помоћу одговарајућих дијаграма приказаних (слике 4 до 8) изложених вредности експлоатационих показатеља уочава се следеће:

1. Експлоатациони показатељ по оптерећењу регистроване носивости бродова, $\varepsilon=f(T)$, због могуће (по потреби) пловидбе малим газом услед недовољних дубина у пловном путу на карактеристичним секторима доњег Дунава, поделио је бродове на, условно, три групе. Прву групу чине бродови који остварују највеће вредности овог коефицијента и то су бродови чија се регистрована носивост налази у границама 1.700 до 2.000 тона. Другу групу према постигнутим вредностима коефицијента $\varepsilon=f(T)$, чине бродови регистроване носивости

2.700 и 3.000 тона. На крају, најмање вредности коефицијента искоришћења носивости у функцији газа, $\varepsilon=f(T)$, остварују бродови великих носивости 4000, 4600 и 4800 тона.

2. Експлоатациони показатељ по оптерећењу снаге погонских мотора у функцији газа, $p=f(T)$, бродове дели, условно, на две групе. Прву групу, са највећим степеном искоришћења погонских уређаја постижу бродови регистроване носивости до 3.000 тона. Другу групу са значајно мањом вредношћу показатеља $p=f(T)$, чине бродови већих носивости и то 4.000, 4.600 и 4.800 тона.

3. Када се анализирају дијаграми промене показатеља транспортне ефективности по носивости и по снази погонских мотора у функцији могућег газа $TE_Q=f(T)$ и $TE_N=f(T)$ следи идентичан закључак

какв је изложен у тачки 2. – што се могло очекивати.

4. Из дијаграма промене специфичног отпора бродова, $r_Q=f(v)$, јасно се види да брод типа 285 има знатно веће вредности овог отпора у односу на остале типове бродова, што је последица велике брзине пловидбе (11,9 чв) и великог конструктивног газа (4,0 m). Бродови осталих типова ређају се у складу како то опредељују главне димензије, брзина пловидбе, коефицијент пуноће истиснине и регистрована носивост.

5. Показатељ квалитета тонаже k_T потврђује да брод типа 285 (па и брод типа 1.810) не могу да постигну добре резултате у експлоатацији у условима ограничених дубина у пловном путу првенствено због великих вредности укупних отпора (ΣR). Дефинитивно најбоље вредности показатеља квалитета тонаже остварују три највећа брода – танкери типа 1.577, 19.610 и 630. Задовољавајуће вредности квалитета тонаже могу да постигну бродови типа 295 и 1.553.

У циљу упоређивања израчунатих показатеља рада речно-морских бродова са истим показатељима постојећих савремених бродова унутрашње пловидбе наших бродарских компанија, под претпоставком да је водостај такав да дозвољени газ бродова износи $T=2,5$ m, постижу се следећи резултати:

- коефицијент транспортне ефективности по снази погонских мотора усвојених речно-морских бродова, TE_N , добија следеће вредности: највеће коефицијенте остварује група бродова типа 781 (31,777 tkm/kWh, потом бродови тип 1553 - 30,681 tkm/kWh, тип 1810 - 30,498 tkm/kWh, тип 1557 - 29,707 tkm/kWh и брод 295 - 28,121 tkm/kWh); остали типови бродова постижу знатно мање вредности показатеља транспортне ефективности TE_N при газу $T_e=2,50$ m;
- када се наведене вредности параметра TE_N посматраних речно-морских бродова при газу $T_e=2,50$ m упореде са истим за бродове који припадају бродарским компанијама из Србије уочава се значајно већа вредност коефицијента TE_N код бродова пројектованих само за пловидбу у условима унутрашње пловидбе - што је последица знатно мањих снага погонских мотора уграђених у речне бродове [9];
- при истој вредности могућег газа $T_e=2,50$ m и за усвојену брзину пловидбе $v=4,0$ m/s, коефицијент специфичног отпора $r_Q=f(T_e, v)$ усвојених речно-морских бродова и савремених бродова речне пловидбе Србије налазе се, практично у истом опсегу величина;

- упоређивањем вредности показатеља квалитета тонаже $k_T=f(v_{max}, Q_r)$ при највећој (пројектованој) брзини пловидбе и регистрованој носивости речно-морских бродова грађених за превоз сувих терета са истим показатељем речних бродова наших бродарских компанија показује се да, на пример, речни бродови постижу показатељ квалитета тонаже у границама које постижу и речно-морски бродови исте намене.

7. ЗАКЉУЧАК

Од стране аутора спроведена прелиминарна истраживања могуће примене речно-морских бродова који се одликују релативно великом носивости (до 4800 тона) и релативно великим газом (до 4,0 m), према наугичким условима који владају на доњем Дунаву, показују извесну предност бродова носивости између 2.000 и 3.000 тона. Будући да је транспортни пут речно-морских бродова комбинован – река и море - концепција коришћења бродова носивости $2.000 \div 3.000$ тона, брзине пловидбе до 10,0 чворова уз одговарајућу снагу погонских мотора показало се као најповољније решење за део пловног пута Дунава. Даља истраживања која треба спровести а која се односе на пловидбу ових бродова по морским трасама Црног, Каспијског и (могуће) Средоземног мора употпуниће сазнања о конструктивним, техничким и експлоатационим карактеристикама бродова за (потенцијалне) потребе привредних предузећа и бродарских компанија Србије.

Посебно поглавље током будућих истраживања треба да буде утврђивање робних токова, како постојећих тако и перспективних. Будући да се робни токови једне земље деле на унутрашње и спољнотрговинске (увозни, извозни и транзитни) за основу или главни разлог остваривања комбинованог (река-море) транспортног процеса потребно је усвојити оне робне токове који су неспорни, тако да усвојени начини транспорта у одређеном степену могу да утичу и на формирање нових токова роба. Осим тога, поступком израчунавања трошкова превоза терета директним речно-морским видом транспорта, потребно је да се утврди економска оправданост развоја оваквог начина транспорта, да се одреди ефективност директног система превоза река-море и, на крају, утврде оптималне зоне његове примене. Страна искуства показују да се правилним избором типа брода на појединим линијама превоза могу остварити одређене уштеде како на трошковима експлоатације тако и на капиталним улагањима. Из тог разлога потребно је оптимизирати границе коришћења бродова мешовите пловидбе, као и могућности

проширења подручја пловидбе бродова појединих класа.

На бази детаљних истраживања која је потребно спровести у домену наутичких услова пловидбе по Дунаву и одабраним морским трасама, постојећих и нових токова роба и прорачунатих укупних трошкова транспорта могуће је да се дефинишу основни параметри речно-морских бродова за потребе наших бродарских компанија, као што су: величина (депласман; носивост), геометрија (облик, коефицијенти пуноће), брзина пловидбе и потребна снага погонских мотора. Будући да су наведени параметри бродова уско међусобно повезани морају се решавати само на основу прецизно дефинисаних услова и технологије рада већ у почетној фази њиховог пројектовања.

7. ЗАХВАЛНИЦА

Овај рад настао је у оквиру пројекта Развој и примена савремених метода и технологија у настави и истраживањима у саобраћају и транспорту, који реализује Депарتمان за саобраћај, Факултета техничких наука, Универзитет у Новом Саду.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Шкиљаица В, Шкиљаица И., *Технологија водног саобраћаја*, II део, *Технолошки процеси рада бродова*, Факултет техничких наука, Нови Сад, 2012.
- [2] Škiljaica V, Bačkalić T, Škiljaica I. Determining the possible size of draught river-sea vessels on the lower section of the Danube, in Proc. *13-th International Congress, IMAM 2009, Towards the sustainable Marine Technology and transportation*, Turkey, Istanbul, ITU Faculty of Naval Architecture and Ocean Engineering, Istanbul, 2009.
- [3] Škiljaica V, Škiljaica I. Analysis of draught size of river-sea vessels on the lower sector of the Danube, in Proc. *4-th International Scientific Conference on Ports and Waterways*, Croatia (Hrvatska), Zagreb, 2009.
- [4] Škiljaica V, Bačkalić T, Škiljaica I. Navigational characteristics of the river Danube from the mouth of river Sava to the Black sea, in Proc. *European Inland Waterway Navigation Conference - EIWN 2010*, Hungary, Baja, 2010.
- [5] Škiljaica V, Škiljaica I. Assesment of the possibility of large draughted vessels navigation on the lower sectors of the danube, *Suvremeni promet-časopis*, vol. 32, N5-6, Hrvatsko znanstveno društvo za promet, Zagreb, 2012.
- [6] В. Ф. Митин, Ј. А. Почаев, Прямие река-море перевозки, економика и организација, *Транспорт*, Москва, 1988.;
- [7] Ј. В. Безруков, Ј. К. Ермолин, Ј. Н. Шамин, Техническая експлуатација судов смешаного плавания, *Транспорт*, Москва, 1984.;
- [8] Шкиљаица И, *Развој метода за одређивање техничких и експлоатационих параметара бродова потискивача и потискиваних састава*, докторска дисертација, Факултет техничких наука, Нови Сад, 2017.
- [9] Чолић В, *Експериментална истраживања техничко-експлоатационих особености путничких и самоходних теретних бродова на Дунавској пловној мрежи*, Саобраћајни факултет, Београд, 2010.
- [10] Чолић В, *Прилог методици проучавања величине отпора за разна гажења савремених југословенских тегљених и потискиваних теретњака*, *Техника*, Београд, 1977.
- [11] Крецуљ С. Д, Чолић, В, *Пловна средства*, Саобраћајни факултет, Београд, 2008.;
- [12] Регистар бродова унутрашње пловидбе, Београд, 1992.

SUMMARY

COMPARATIVE ANALYSIS OF TRANSPORT EFFICIENCY INDICATORS OF RIVER-SEA SHIPS ON THE LOWER DANUBE SECTOR

An important place in the process of increasing the effectiveness of the transportation of cargo by water transport is occupied by direct river-sea transportation between ports located on inland waterways and sea ports. Such transportation can be realized in two ways: 1) without transshipment of cargo in ports at the mouths of rivers into the sea and, 2) with transshipment of cargo from sea vessels to river vessels and vice versa. Increasing the effectiveness of transportation should be based on the introduction of new resources and energy savings, as well as the introduction of advanced technologies in the field of transportation. In order to consider the possible introduction of direct transport technology on the river-sea route for the needs of the Serbian economy, it is necessary to determine the technical, technological and economic parameters by means of which the justification for the application of such a method of transport is determined. This paper approaches, applying the methods of known indicators of exploitation, the determination of the transport properties of several characteristic types of river-sea ships that carry out transport on the waterways of the Russian Federation and which, at the same time, to a certain extent, participate in the transport of cargo on the Danube.

Key Words: *direct transport, river-sea ship, exploitation indicators, transport effectiveness, tonnage quality*