



16-osios jaunųjų mokslininkų konferencijos „Mokslas – Lietuvos ateitis“ teminės konferencijos
TRANSPORTO INŽINERIJA IR VADYBA,
 vykusių 2013 m. gegužės 8 d. Vilniuje, straipsnių rinkinys

Proceedings of the 16th Conference for Junior Researchers ‘Science – Future of Lithuania’
TRANSPORT ENGINEERING AND MANAGEMENT, 8 May 2013, Vilnius, Lithuania

Сборник статей 16-й конференции молодых ученых «Наука – будущее Литвы»
ИНЖЕНЕРИЯ ТРАНСПОРТА И ОРГАНИЗАЦИЯ ПЕРЕВОЗОК, 8 мая 2013 г., Вильнюс, Литва

KLAIPĖDOS UOSTO KANALO GILINIMO PERSPEKTYVOS IR PROBLEMŲ IŽVALGOS

Gerda Mockutė¹, Artur Kaulitzky²

Laivybos katedra, Klaipėdos universitetas

El. paštas: ¹gerda.mockute@ku.lt, ²arconak@gmail.com

Santrauka. Laivų specializavimas ir laivų parametrų didinimas turi tiesioginę įtaką jūrinių uostų vystymui pritaikant juos prie naujų pokyčių. Tobulinat laivų priėmimo sąlygas šiandieninėms sąlygoms tokiuose uostose reikia spręsti visą eilę problemų, tai būtų uostų įplaukos kanalų gilinimas, platinimas, laivų apsisukimo baseinų planavimas ir modeliavimas, krantinių parametrų didinimas ir pan. Daugumoje uostų ir priplaukimų prie uostų vietų yra nepakankami gyliai, kaip šiuo atveju Klaipėdos uoste, todėl tose vietose kasami kanalai laivams praplaukti. Šiame straipsnyje nagrinėsime Klaipėdos uosto įplaukos kanalo įgilinimo perspektyvas ir galimas įgilinimo problemas.

Reikšminiai žodžiai: jūrų uosto vartai, laivybos kanalas, kanalo gilinimas.

Įvadas

Pastovus krovinių augimas labai įtakoja vežėjus specializuoti ir pritaikyti laivus pervežimams bei didinti laivų talpą. Šiais sprendimo būdais yra siekiama mažinti transportavimo kaštus. Laivų specializavimas ir laivų parametrų didinimas turi tiesioginę įtaką jūrinių uostų vystymui pritaikant juos prie naujų pokyčių. Viena yra įrengti naujus uostus, kita – pritaikyti jau nuo seno įrengtą uostą. Pastarieji ir susiduria su didesnėmis problemomis prisitaikant prie greitai kintančių transporto priemonių pokyčių. Tobulinat laivų priėmimo sąlygas tokiuose uostose reikia spręsti visą eilę problemų, tai būtų uostų įplaukos kanalų gilinimas, platinimas, laivų apsisukimo baseinų planavimas ir modeliavimas, krantinių parametrų didinimas (gylis, apkrovos) ir pan. Laivų tipai ir dydžiai įtakoja uostų infrastruktūrą ir superstruktūrą. Siekiant išlaikyti Klaipėdos jūrinį uostą patrauklų vežėjams reikia žengti žingsnis į žingsnį kartu su vežėjais ir prisitaikyti prie kintančių sąlygų. Klaipėdos jūrų uosto istorija skaičiuojama šimtmečiais. Per šį laikotarpį uostas sugebėdavo prisitaikyti prie kintančių sąlygų ir šiandien artėja prie ribinių laivų parametrų reikšmių, už kurių tolimesnis uosto para-

metrų didinimas nebebus aktualus, nes į Baltijos jūrą pro Danijos sąsiaurius galintys įplaukti didžiausi laivai yra Baltmax tipo, kurių gramzda 16,5 metro.

Kas riboja laivų parametrų didinimą Baltijos jūroje? Pasaulinio laivyno vystymuisi šiuo didžiausiu ir lemiamu klausimu turi taip vadinamasis „butelio kakliukas“, tai Panamos ir Sueco kanalai, Baltijos jūros regione – Didžiojo Belto sąsiauris, jie gali praleisti tik ribotų matmenų laivus. Dėl to ir atsirado tokios laivų klasifikavimo grupės kaip SUEZMAX, PANAMAX ir POST-SUEZMAX bei POST-PANAMAX, o Baltijos jūroje – BALTMAX tipo laivai (žr. lentelę 1).

1 lentelė. Vandens kelių apribojimai

Vandens keliai	Maksimali laivo grimzlė (laivo plotis)
Panamos kanalas	14,50 m (32,25 m)
Sueco kanalas	17,50 m (52,00m)
Kylio kanalas	9,50 m
Šv. Laurencijaus sąsiauris	7,60 m
Didysis Beltas	17,00 m
Malakos sąsiauris	21,00 m
Toreso sąsiauris	11,60 m

Dabar Klaipėdos uostas negali priimti visų tipų Baltijos jūroje plaukiojančių laivų, bet įvykdžius uosto infrastruktūros plėtros planus, t.y. išgilinus bei praplatus įplaukos ir vidinius kanalus, padidinus apsisukimo baseinų parametrus, į uostą galės įplauti POST-PANAMAX, POST-PANAMAX PLUS tipo laivai.

Šiems laivams būtini Klaipėdos uosto parametrai (Paulauskas 2011) :

1) minimalūs laivybos kanalų pločio parametrai:

- PANAMAX tipo laivui 125 m;
- POST-PANAMAX tipo laivui 140 m;
- POST-PANAMAX PLUS tipo laivui 150 m;

2) laivo baseinų apsisukimo parametrai (ovalo forma):

- ties krantinėmis 7–9 turi būti plotis ≥ 410 m, ilgis ≥ 550 m;
- ties krantinėmis 66–71 (UAB „BEGA“) turi būti plotis ≥ 390 m, ilgis ≥ 550 m;
- ties krantinėmis 96–104 turi būti plotis ≥ 600 m, ilgis ≥ 750 m.

3) minimalus kanalų gylis:

- PANAMAX tipo laivui minimalus kanalų gylis prie uosto vartų turi būti $\geq 13,8$ m, uosto viduje – $\geq 13,6$ m.

4) POST-PANAMAX (POST-PANAMAX PLUS) tipo laivui minimalus kanalo gylis prie uosto vartų turi būti $\geq 16,5$ m, uosto viduje – $\geq 16,0$ m. Vertinant sąnašų migraciją, įplaukos kanalo gylis rekomenduotinas 16,5–16,8 m, vidinių kanalų gylis rekomenduotinas 16,0–16,3 m (šiaurinėje uosto dalyje), 16,0 m (centrinėje uosto dalyje).

Kaip matosi iš 1 lentelės, Klaipėdos įplaukos kanalą gilinti daugiau nei galima maksimali laivo gramzda 15,4 m nėra perspektyvu ir atsižvelgiant į didžiausių laivų, tokių kaip POST PANAMAX, kanalo gylis turi būti ne mažesnis nei 16,0–16,8 m. Gilinti Klaipėdos įėjimo kanalą iki tokio gylio yra galimybė, bet realiai reikia įvertinti visą eilę faktorių, kurie gali turėti ir kritines reikšmes, kurias peržengus galima sukelti negrįžtamų ir brangiai kainuojančių reiškinių, pvz., kanalo šlaitų griuvimas.

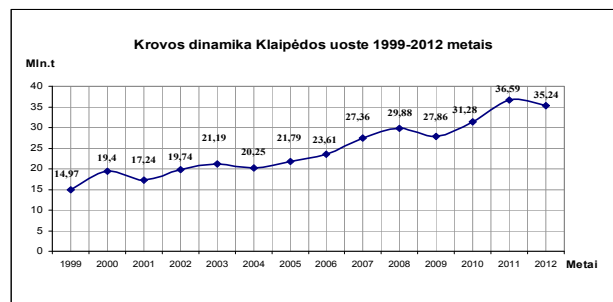
Pagal geografines, meteorologines ir ekonomines situacijas Klaipėdos uostas turi palankesnes sąlygas nei kaimyniniai uostai, nors pagal uosto gylius Klaipėdos uostas nėra giliausias. Tai matosi 2 lentelėje.

2 lentelė. Rytinės Baltijos uostų gyliai metrais

Uostas	Dabartinis gylis, m	Po gilinimo, m
Liepoja	10,5	12,0
Ryga	13–14	15,0
Klaipėda	14,5–15 (šiaurinė dalis)	gilinimas baigtas
	13,0 (pietinė dalis)	14,5
Ventspilis	17,0	negilina
Talinas	18,0	negilina
Kaliningradas	10,5	negilina

Klaipėdos uosto esama situacija ir ateities perspektyvos

Kasmet Klaipėdos uosto krovinių srautai auga, intensyvėja laivyba, didėja atplaukiančių laivų tonažas, tai įpareigoja Klaipėdos uostą plėstis. Nuo 1999 m. iki 2012 m. Klaipėdos uosto krovinių apyvarta išaugo daugiau nei dvigubai – nuo 15 mln. t iki 35,24 mln. t jūrinių krovinių 2012 metais (žiūrėti 1 pav.). Per praėjusius metus daugiausiai buvo trąšų, naftos produktų, Ro–Ro krovinių (t.y. geležinkelio vagonai, priekabos, puspriekabės, sunkvežimiai, lengvieji automobiliai, treileriai ir kt.) bei konteinerių krovinių, žemės ūkio produktų.



1 pav. Krovos dinamika Klaipėdos uoste 1999–2012 metais

Klaipėdos uostui yra palankiausias rudens–žiemos sezonas, tuomet kai užšąla Šiaurinė Baltijos jūros dalis, tuomet plaukimas į šiauriau esančius uostus yra apsunkintas. Tada uosto krova žymiai išauga. Klaipėdos uostas – pagrindinis Lietuvos uostas – turi varžytis su konkuruojančiais Rytų Baltijos uostais: Talino uostu Estijoje, Rygos, Ventspilio ir Liepojos uostais Latvijoje ir Kaliningrado bei Sankt Peterburgo uostais Rusijoje. Kad mūsų uostas galėtų lygiaverčiai konkuruoti ir su kitais rytinės Baltijos jūros uostais, uostas privalo plėtoti savo infrastruktūrą, t.y. gilinti uostą, platinti įplaukos kanalą, optimizuoti terminalus, kaskart atnaujinti iškrovi-

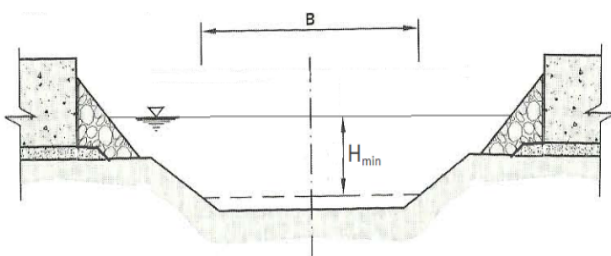
mo/pakrovimo įrangą bei kitas technines priemones, kad uostas būtų modernus bei patrauklus krovinių vežėjams.

Dabartinis galimas vidinio uosto maksimalus pajėgumas yra 51,1 mln. t, o įgyvendinus visus šiuo metu jame pradėtus infrastruktūros projektus (pirmiausia uosto kanalo gilinimą), pasiektų 63,7 mln. t., vidinis laivybos kanalas praplatės iki 150 m (dabar yra 125 m) ir centrinėje akvatorijos dalyje pasieks 14,5 m gylį. Uostas galės priimti didesnius laivus, šiuo metu laivų dydis siekia iki 80 000 DWT (DWT – dedveito tonažas, tai yra dydis, rodantis kokios masės krovinių laivas gali saugiai gabenti), o ateityje tikimasi priimti 100 000 DWT dydžio laivus.

Uosto įplaukos kanalo įgilinimo planavimas ir rizikos įžvalgos

Planuojant uosto įplaukos kanalą svarbu atsižvelgti į hidrometeorologines sąlygas (t.y. vyraujanti vėjo kryptis, štorminių vėjų stiprumas ir sezoniškumas, rūkai), hidrologines sąlygas (t.y. vandens lygio kaitos), uosto dugno reljefą (t.y. kanalo gyliai, jo pokyčiai, vandens tėkmės greitis), geologines sąlygas (t.y. grunto stiprumas, įtempiai ir t.t.) (Georgy P. Tsinker 2004). Daugumoje uostų ir priplaukimų prie uostų vietų yra nepakankami gyliai, kaip šiuo atveju Klaipėdos uoste, todėl tose vietose kasami kanalai laivams praplaukti.

Jūrų vartų vietoje įplaukos kanalo geometriją sudaro navigacinis kanalo gylis, ir uosto vartų plotis. Iš čia labai svarbu įvertinti kokio pločio yra uosto vartai, kaip jie išdėstyti bei koks navigacinio kanalo gylis, kanalo reljefas. Įplaukimo kanalas ties jūrų vartais pavaizduotas 2-ame paveiksle.



2 pav. Įplaukimo kanalas ties jūrų vartais:
 B – navigacinis plotis, H_{min} – navigacinis gylis

Planuojant gilinti uosto įplaukos kanalą svarbu įvertinti tikėtinus laivų dydžius (Paulauskas V. ir kt., 2001). Įplaukos kanalo minimalus gylis apskaičiuojamas pagal formulę [1]:

$$H_{min} = H_1 + H_2 + H_3 + H_4 + H_5, \quad (1)$$

čia H_1 – maksimalus gylis uoste, m; H_2 – gylio pataisa dėl sąnašų, paprastai skaičiuojama remiantis sąlyga, kad tarp planinių gilinimų, sąnašų kiekis (aukštis) neviršytų

šios pataisos. Pvz., jeigu per metus sąnašų susikaupimo aukštis h_s , o planiniai gilinimai vykdomi kas n metų, gylio pataisa H_2 bus lygi:

$$H_2 = n \cdot h_s, \quad (2)$$

čia n – periodas tarp dugno valymo darbų – metais arba metų dalimis, pvz., jei dugno gilinimo periodas 2 metai, tai $n = 2$, jei 3 mėnesiai, tai $n = 0,25$; H_3 – laivo grimzlės padidėjimas judant laivui, paskaičiuotas pagal formulę:

$$H_3 = \frac{k_{11}V}{(L \cdot B \cdot d \cdot \delta)}, \quad (3)$$

čia V – laivo tūrinė vandentalpa, m^3 ; L – laivo ilgis tarp statmenų (tai atstumas, išmatuotas tarp laivo statmenų, išvestų per aukščiausios dalijimo skyriais krovinės vaterlinijos kraštinius taškus), m; B – maksimalus laivo plotis, m; d – laivo grimzlė, m; δ – laivo korpuso bendras pilnumo koeficientas; k_{11} – prijungtos vandens masės koeficientas judant laivui tiesiai esant mažam gyliui, gali būti paskaičiuotas formulės pagalba:

$$k_{11} = a'v + b'(T/H)^2, \quad (4)$$

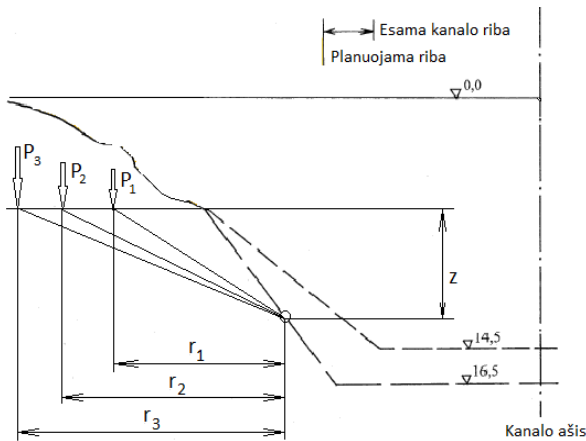
čia T – laivo grimzlė, m; v – leistinas plaukimo greitis uoste, knt; a' – dimensinis koeficientas, lygus 0,70 – 0,80. Žemesnioji riba atitinka laivus, kurių mažas bendras korpuso pilnumo koeficientas; b' – dimensinis koeficientas, lygus 0,1– 0,2. Žemesnioji riba atitinka laivus, kurių mažas bendras korpuso pilnumo koeficientas, mažesnis kaip 0,6; H_4 – gylio pataisa dėl bangavimo poveikio, kuri priimama ilgiausiam laivui ir skaičiuojamam bangos aukščiui, ji gali būti priimama iš standartinių lentelių, esančių navigacijos žinynuose, m; H_5 – navigacinė atsarga, kuri priklauso nuo grunto ir kanalo gylio kasimo tikslumo, esant kanalo gylio kasimo tikslumui $\pm 0,5$ m (tradicinė dugno kasimo technika Rytų Europos šalyse), paskaičiuojama šia formule:

$$H_5 = k_5H, \quad (5)$$

čia k_5 – koeficientas, priklausantis nuo grunto: smėlėtiems ir sąnašiniams gruntams jis lygus 0,04, uolėto ir grunto su rieduliais (moreninio) – 0,07.

Kaip matome [1] formulėje nėra įvertinta kai kurių faktorių, kurie Klaipėdos įplaukos kanalui gal turėti lemiamos įtakos. Šiuo atveju nėra įvertintas kanalo šlaitų nuolydis, kuris turi ribinę reikšmę. Įgilinat uosto kanalą didėja navigacinio kanalo pločio B ribos ir tuo pačiu nuolydžio šlaito kampas tampa statesnis. 3-iajame paveiksle pateiktas brėžinys, kuriame matosi, kad nekintant sukongcentruotoms jėgoms P_n , toje pačioje šlaito horizontalėje

mažėja atsargos petys r ir tuo didėja suminės jėgos P_n ir įtempimai σ_s .



3 pav. Suminis įtempimų σ_z nustatymas taške nuo kelių sukonzentruotų jėgų (Lietuvos energetikos institutas, 2010)

Slėgio įtempimai σ_z (N/cm^2) horizontalioje plokštumoje bet kuriame masyvo taške yra įvertinami nuo kiekvienos koncentruotos jėgos atskirai:

$$\sigma_z = k_1 \left(\frac{P_1}{z^2} \right) + k_2 \left(\frac{P_2}{z^2} \right) + k_3 \left(\frac{P_3}{z^2} \right), \quad (6)$$

čia k – koeficientas paimamas iš 3 lentelės priklausomai nuo atitinkamo santykio r/z ; $P_{1,2}$ – koncentruota paviršiu apkrova, N; z – atstumas nuo paviršiaus, m.

3 lentelė. Koeficiento k reikšmė slėgio įtempimams įvertinti nuo koncentruotos jėgos (Prušinskienė S. 2012)

r/z	k	r/z	k	r/z	k	r/z	k
0	0,4775	0,5	0,273	1	0,0844	2,5	0,0034
0,1	0,4657	0,6	0,221	1,25	0,0454	3	0,0015
0,2	0,4329	0,7	0,176	1,5	0,0251	3,5	0,0007
0,3	0,3849	0,8	0,139	1,75	0,0141	4	0,0004
0,4	0,3294	0,9	0,083	2	0,0085	5	0,0001

Šlaito gebėjimas neatitrūkti ir nesuirti priklauso nuo šlaito grunto vidinės trinties, kuri priklauso nuo veikiančio geostatinio slėgio. Gruntų mechanikoje viena iš svarbiausių dėsnių, įvertinančio grunto tvirtumo sąlygą ir jų atsparumą pasislinkimui (Prušinskienė 2012). Tai apibrėžia *Kulono dėsnis* (Coulomb):

$$\tau_u = \sigma \cdot \operatorname{tg} \varphi + c, \quad (7)$$

čia σ – slydimo plokštuma normalinis įtempis, kPa; φ – vidinės trinties kampas; c – sankiba, kPa.

Vidinės trinties kampas φ atsiranda, kai vyksta grunto šlyties deformacija. Jos metu veikiantys tangentiniai įtempiai priverčia gruntą sudarančias daleles arba

persislinkti viena kitos atžvilgiu, arba prasisukti. Tai atsitinka tuomet kai gruntą veikianti apkrova viršija struktūrinių ryšių stiprumą. Vidinės trinties kampo dydis labiausiai priklauso nuo dalelių mineralinės sudėties, jų dydžio, formos, grunto drėgnio ir tankumo.

Lygtyje [7] yra du nežinomieji φ ir c , todėl bandymui atlikti reikia nukirpti bent du to paties grunto bandinius, veikiant skirtingiems normaliniams įtempimams σ . Lygties parametrus apskaičiuoti $\operatorname{tg} \varphi$ ir c naudojamas mažiausių kvadratų metodas:

$$\operatorname{tg} \varphi_n = \frac{\left(n \sum_{i=1}^n \tau_{ui} \sigma_i - \sum_{i=1}^n \tau_{ui} \sum_{i=1}^n \sigma_i \right)}{\Delta}; \quad (8)$$

$$c_n = \frac{\left(\sum_{i=1}^n \tau_{ui} \sum_{i=1}^n \sigma_i^2 - \sum_{i=1}^n \sigma_i \sum_{i=1}^n \tau_{ui} \sigma_i \right)}{\Delta}; \quad (9)$$

$$\Delta = n \sum_{i=1}^n \sigma_i^2 - \left(\sum_{i=1}^n \sigma_i \right)^2, \quad (10)$$

čia τ_{ui} – eksperimentiškai nustatytos kerpamojo stiprio reikšmės; σ_i – veikiantis normalusis įtempis; n – eksperimentiškai nustatytų kerpamojo stiprio reikšmių skaičius.

Projektuojant uosto kanalo gylį taip pat labai svarbus parametras yra ir uosto vartų plotis. Planuojant uosto vartus visada atsižvelgiama į galimą įplaukos kanalo išdėstymą, poveikį krantų erozijai, aplinkosaugą, sąnašų pasiskirstymą bei į kitus galimus poveikius. Reikia įvertinti visus privalumus ir trūkumus (pvz. kuo platesni uosto vartai, tuo mažesnė avarių tikimybė, minimalios sąnašos iš uosto, galimybė įplaukti kuo didesniems laivams, kuo siauresni mažesni vartai tuo didesnė apsauga nuo tiesioginio bangų poveikio, minimalios sąnašos iš jūros, didesnė avarių tikimybė, mažesnė krantų erozija, bet didesnė šoninio sąnašų judėjimo išilgai uosto vartų tikimybė ir t.t.).

Uosto vartų skerspjuvio plotas, skaičiuojamas pagal formulę:

$$S_V = \frac{B_{VV} + B_{VD}}{2} \cdot H, \quad (11)$$

čia B_{VV} – uosto vartų plotis vandens paviršiuje, m; B_{VD} – uosto vartų plotis dugne, m; H – gylis uosto vartų laivybos kanale, m.

Išvados

1. Didelė konkurencija su kitais Rytinės Baltijos jūros uostais verčia plėsti Klaipėdos uosto infrastruktūrą, t.y. gilinti laivybos kanalą, bei gy-

- lius prie krantinių, platinti navigacinį kanalą ir apsisukimo baseinus, bei didinti krantinių parametrus.
2. Uosto infrastruktūros plėtros darbai ir jų apimtys priklauso nuo ateityje į uostą atplauksiančių laivų, jų parametrų, krovinių srautų bei politinės ir ekonominės šalies situacijos.
 3. Įgilinant uosto kanalą pakinta povandeninio šlaito nuolydžio kampas. Dėl silpno grunto savybių reikia įvertinti povandeninio šlaito griuvimo pavojų.

Literatūra

- Georgy P. Tsinker. 2004. *Port engineering: planning, construction, maintenance and security*. Hobken: Wiley. 881 p.
- Paulauskas V. ir kt. 2001. *Uosto technologija*. Klaipėda: KU leidykla. 256 p.
- Paulauskas V. 2011. *Optimalus uostas*. KU leidykla. 318 p.
- Prušinskienė S. 2012. *Smėlio gruntų ypatumai ir jų tyrimo metodai*. Vilnius: Technika. 182 p.
- Lietuvos energetikos institutas. „Klaipėdos valstybinio jūrų uosto laivybos kanalo gilinimo ir platinimo poveikio aplinkai vertinimo ataskaita“. 2010, 118 p.