

LIETUVOS RESPUBLIKOS APLINKOS MINISTRO

Į S A K Y M A S

**DĖL STATYBOS TECHNINIO REGLAMENTO STR 2.05.15:2004 „HIDROTECHNIKOS
STATINIŲ POVEIKIAI IR APKROVOS“ PATVIRTINIMO**

2004 m. rugpjūčio 18 d. Nr. D1-438
Vilnius

Vadovaudamasis Lietuvos Respublikos Vyriausybės 2002 m. vasario 26 d. nutarimo Nr. 280 „Dėl Lietuvos Respublikos statybos įstatymo įgyvendinimo“ (Žin., 2002, Nr. [22-819](#)) 1.2 punktu,

1. T v i r t i n u statybos techninį reglamentą STR 2.05.15:2004 „Hidrotechnikos statinių poveikiai ir apkrovos“ (pridedama).

2. N u s t a t a u , kad šio statybos techninio reglamento nuostatos privalomos projektuojant statinius, kurių projektavimui statinio projektavimo sąlygų sąvadus gauti prašymai pateikti po šio įsakymo įsigaliojimo.

APLINKOS MINISTRAS

ARŪNAS KUNDROTAS

STATYBOS TECHINIS REGLAMENTAS**STR 2.05.15:2004****HIDROTECHNIKOS STATINIŲ POVEIKIAI IR APKROVOS****I SKYRIUS. BENDROSIOS NUOSTATOS**

1. Šis statybos techninis Reglamentas (toliau – Reglamentas) nustato naujai statomų, rekonstruojamų ir kapitališkai remontuojamų hidrotechnikos statinių (toliau – HTS) poveikius ir apkrovas. Reglamentas taip pat taikomas rekonstruojamiems ir kapitališkai remontuojamiems jūrų uostų statiniams, kurie, klasifikuojant statinius pagal jų naudojimo paskirtį, priskiriami prie transporto paskirties statinių (STR 1.01.09:2003 [7.4]), nors pagal kitus požymius jie priskiriami prie HTS. Naujai statomų ir vėliau rekonstruojamų, kapitališkai remontuojamų jūrų uostų statinių apkrovas ir poveikius nustato Susisiekimo ministerija.

Reglamente pateikiama:

- 1.1. vandens hidrostatinės apkrovos;
- 1.2. geofiltracijos poveikiai ir apkrovos;
- 1.3. ledo apkrovos ir poveikiai;
- 1.4. bangų apkrovos;
- 1.5. laivų (plūduriuojančių objektų) apkrovos;
- 1.6. kiti poveikiai ir apkrovos.

Pastaba. Reglamente pateiktos 1.1–1.5 p. išvardytų apkrovų ir poveikių normatyvinės reikšmės. Skaičiuotinės reikšmės turi būti nustatytos normatyvinės reikšmės dauginant iš dalinių poveikių patikimumo koeficientų γ_t , kuris nustatomas pagal hidrotechninių statinių projektavimą reglamentuojančius normatyvinius statybos techninius dokumentus.

2. Mechaninių vandens poveikių ir apkrovų ypatumai, pasireiškiantys projektuojant betonines, gelžbetonines, mūrines, medines, metalines bei kitas HTS konstrukcijas, išdėstyti atskiruose statybos techniniuose reglamentuose ir kituose nustatyta tvarka įteisintuose normatyviniuose dokumentuose.

3. Reglamento nuostatos privalomos visiems juridiniams ir fiziniams asmenims, užsiimantiems HTS, kitų 2 punkte nurodytų konstrukcijų ir geotechninio projektavimo veikla.

4. Kol neįteisinti visi europinę (EN) ir pasaulinę (ISO) statybos normatyvinę sistemą sudarantys ir (arba) dar neparengti visi 2 punkte minėti dokumentai, projektuojant HTS gali būti vadovaujama atitinkamai suderintais atskirais normatyviniais dokumentais, garantuojančiais ne mažesnę patikimumą, negu reglamentuojamas STR 2.05.03:2003 [7.2] V skyriaus II skirsnyje ir atskiruose 2 punkte minimuose normatyviniuose dokumentuose.

5. Derinant skirtingų normatyvinių sistemų dokumentus, atliekama aptarčioji patikimumo analizė, atsižvelgiant į šiuos pagrindinius veiksniai:

- 5.1. charakteristines reikšmes ir jų fraktilio lygį;
- 5.2. dalinius patikimumo koeficientus, įskaitant ir konversijos, darbo sąlygų ir kitus (jeigu jie yra) koeficientus;
- 5.3. įrašų ir atsparumo deterministinių ir patikimumo laidavimo modelių paklaidas (atsitiktines ir sistemines);
- 5.4. konstrukcijų ir medžiagų kontrolei, bandymams ir tyrinėjimams taikomų metodikų ir įrangos paklaidas.

6. Reglamentas yra suderintas ir atitinka statinių konstrukcijų projektavimą reglamentuojančių Lietuvos standartais perimtų Europos standartų (Eurokodų) reikalavimus bei

Europos Tarybos direktyvos 89/106/EEC ir jos aiškinamųjų dokumentų nustatytus statinio esminius reikalavimus.

II SKYRIUS. NUORODOS

7. Reglamente pateikiamos nuorodos į šiuos dokumentus:
 - 7.1. Lietuvos Respublikos statybos įstatymą (Žin., 1996, Nr. [32-788](#); 2001, Nr. 101-3579);
 - 7.2. statybos techninį reglamentą STR 2.05.03:2003 „Statybinių konstrukcijų projektavimo pagrindai“ (Žin., 2003, Nr. [59-2682](#));
 - 7.3. statybos techninį reglamentą STR 2.05.04:2003 „Poveikiai ir apkrovos“ (Žin., 2003, Nr. [59-2683](#));
 - 7.4. statybos techninį reglamentą STR 1.01.09:2003 „Statinių klasifikavimas pagal jų naudojimo paskirtį“ (Žin., 2003, Nr. [58-2611](#));
 - 7.5. statybos techninį reglamentą STR 1.04.02:2004 „Inžineriniai geologiniai (geotechniniai) tyrinėjimai“ (Žin., 2004, Nr. [25-779](#));
 - 7.6. Lietuvos standartą LST ISO 8930:2003 „Bendrieji konstrukcijų patikimumo principai. Terminai“;
 - 7.7. Lietuvos standartą LST ISO 3898:2002 „Konstrukcijų projektavimo pagrindai. Žymėjimo sistema. Bendrieji žymenys“;
 - 7.8. Lietuvos standartą LST L ENV 1992-1-1:2000 „Eurokodas 2. Gelžbetoninių konstrukcijų projektavimas. 1 dalis. Bendrosios ir pastatų taisyklės“;
 - 7.9. Lietuvos standartą LST L ENV 1992-1-2+AC:2000 „Eurokodas 2. Gelžbetoninių konstrukcijų projektavimas. 1–2 dalis. Bendrosios taisyklės. Konstrukcijų gaisrinės saugos projektavimas“;
 - 7.10. Lietuvos standartą LST L ENV 1992-1-3:2000 „Eurokodas 2. Gelžbetoninių konstrukcijų projektavimas. 1–3 dalis. Bendrosios taisyklės. Surenkamieji gelžbetoniniai elementai ir konstrukcijos“;
 - 7.11. Lietuvos standartą LST L ENV 1992-1-4:2000 „Eurokodas 2. Gelžbetoninių konstrukcijų projektavimas. 1–4 dalis. Bendrosios taisyklės. Uždaros struktūros lengvųjų užpildų betonas“;
 - 7.12. Lietuvos standartą LST L ENV 1992-1-5:2000 „Eurokodas 2. Gelžbetoninių konstrukcijų projektavimas. 1–5 dalis. Bendrosios taisyklės. Konstrukcijos su nesukibusia ir išorine iš anksto įtempta armatūra“;
 - 7.13. Lietuvos standartą LST L ENV 1992-1-6:2001 „Eurokodas 2. Gelžbetoninių konstrukcijų projektavimas. 1–6 dalis. Bendrosios taisyklės. Betoninės konstrukcijos“;
 - 7.14. Lietuvos standartą LST L ENV 1992-2:2002 „Eurokodas 2. Gelžbetoninių konstrukcijų projektavimas. 2 dalis. Gelžbetoniniai tiltai“;
 - 7.15. Lietuvos standartą LST L ENV 1992-3:2002 „Eurokodas 2. Gelžbetoninių konstrukcijų projektavimas. 3 dalis. Betoniniai pamatai“;
 - 7.16. Lietuvos standartą LST L ENV 1992-4:2002 „Eurokodas 2. Gelžbetoninių konstrukcijų projektavimas. 4 dalis. Skysčių uztūrų ir talpyklų konstrukcijos“;
 - 7.17. Lietuvos standartą LST L ENV 1997-1:2001 „Eurokodas 7. Geotechninis projektavimas. 1 dalis. Bendrosios taisyklės“;
 - 7.18. Lietuvos standartą LST L ENV 1997-2:2001 „Eurokodas 7. Geotechninis projektavimas. 2 dalis. Laboratoriniai bandymai“;
 - 7.19. Lietuvos standartą LST L ENV 1997-3:2001 „Eurokodas 7. Geotechninis projektavimas. 3 dalis. Lauko bandymai“.

III SKYRIUS. PAGRINDINĖS SĄVOKOS

8. Pagrindinės Reglamente vartojamos sąvokos atitinka pateiktas Statybos įstatyme [7.1]. Kitos Reglamente vartojamos sąvokos:

8.1. **akmenų pakloda** – po bangolaužiais, molais ir pan. sudaroma akmenų prizmė konstrukcijai optimizuoti;

8.2. **bangos** – vandens objekte sklindantys vandens dalelių svyravimai. Hidrotechnikoje svarbiausios vėjinės bei laivybos kanaluose ir upėse susidarantios laivinės bangos;

8.3. **bangos aukštis** – aukščių skirtumas tarp bangos keteros ir bangos pado;

8.4. **bangos elementai** – pagrindiniai bangos parametrai: aukštis, ilgis ir periodas; kiti parametrai nurodyti atskirai;

8.5. **bangos frontas** – linija banguojančio paviršiaus plane, einanti bangos keteros viršūnėmis;

8.6. **bangos greitis** – bangos slinkimo greitis jos sklidimo kryptimi;

8.7. **bangos gūbrys** – bangos dalis, esanti virš bangos vidurinės linijos;

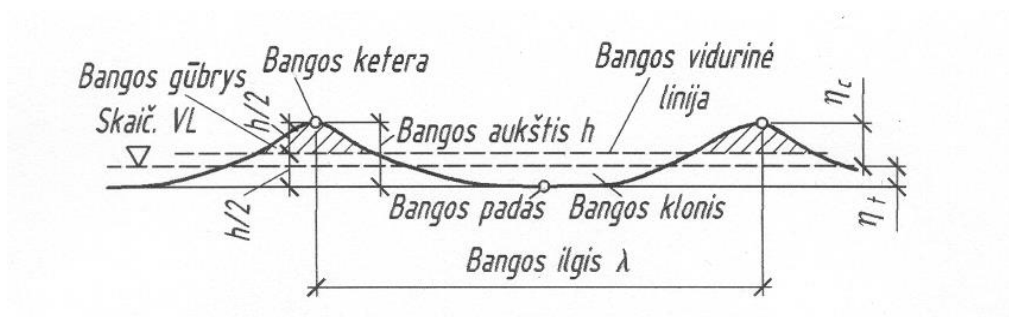
8.8. **bangos ilgis** – horizontalusis atstumas tarp dviejų gretimų bangų keterų;

8.9. **bangos ketera** – aukščiausiasis bangos gūbrio taškas;

8.10. **bangos klonis** – bangos dalis, esanti po bangos vidurine linija;

8.11. **bangos padas** – žemiausiasis bangos klonio taškas;

8.12. **bangos periodas** – laikotarpis, per kurį dvi gretimos bangų viršūnės praeina fiksuotąją vertikale;



3.1 pav. Bangos profilis ir parametrai

8.13. **bangos profilis** – momentinė banguojančio paviršiaus linija vertikaliojoje plokštumoje, išvestoje bangos spindulio kryptimi;

8.14. **bangos spindulys** – linija, statmena bangos frontui nagrinėjamame taške;

8.15. **bangos vidurinė linija** – linija, kertanti bangos profilį taip, kad suminiai plotai virš jos ir po ja yra lygūs;

8.16. **bangų apkrovos** – dėl vandens bangavimo susidarę horizontalusis (išilginis ir skersinis) ir vertikalusis slėgiai, veikiantys HTS. Šių apkrovų pobūdis priklauso nuo bangavimo ypatybių, statinio profilio (vertikalusis, šlaitinis, kiaurinis), vandens gylio prie statinio;

8.17. **bangų difrakcija** – bangų sklidimo krypties kitimas ties kliūtimi (bangolaužiu, kranto iškyšuliu, molu ir pan.). Dėl to bangos, aplenkdamos kliūtis, prasiskverbia į įlankas, uostų akvatorijas;

8.18. **bangų refrakcija** – bangų sklidimo krypties kitimas, kai bangos iš giliavandenės zonos pereina į sekliavandenę zoną;

8.19. **bangų zonos** – jūros, vandens saugyklos pakrantės zonos su skirtingu vandens gyliu d_b , kuris lemia bangų specifiką: 1) *giliavandenė* zona, kurioje $d_b > 0,5 \bar{\lambda}$ ir kur dugnas neturi įtakos bangoms; 2) *sekliavandenė* zona, kurioje $0,5 \bar{\lambda} \geq d_b \geq d_{cr,u}$ ir kur dugnas turi nemažą įtaką bangoms; 3) *mūšos* zona, kurioje $d_{cr} > d_b \geq d_{cr}$ ir kur įvyksta pirmoji (su d_{cr}), tarpinė ir paskutinė (su $d_{cr,u}$) goža; 4) *priekrantės* zona, kurioje $d_b < d_{cr,u}$ ir kur sugožusios bangos periodiškai užsirita ant kranto šlaito; čia $\bar{\lambda}$ – vidutinis bangos ilgis; d_{cr} ir $d_{cr,u}$ – atitinkamai pirmasis ir paskutinis kritiniai gožos gyuliai;

8.20. **bangų sistema** – eilė nuoseklių tos pačios kilmės bangų; pagal ją nustatomi skaičiuotiniai sisteminių bangų parametrai;

- 8.21. **bangų slėgis** – hidrodinaminio slėgio, susidariusio dėl laisvojo vandens paviršiaus bangavimo, dalis. Ji yra lygi hidrodinaminių slėgių, kai yra bangos ir kai jų nėra, skirtumui;
- 8.22. **bėgančiosios bangos** – bangos, kurių matomoji forma slenka erdvėje;
- 8.23. **difraguotos bangos** – bangų difrakcijos lemtos bangos;
- 8.24. **dūžtančiosios bangos** – ypatinga bangų rūšis, susidaranti giliavandenėje ir sekliavandenėje zonose prie vertikalios statinio, kai gylis iki dugno $d_b \geq 1,5 h$, o ties berma – $d_{br} < 1,25 h$;
- 8.25. **epiūra** – hidraulikoje, hidrotechnikoje debitų, slėgio aukščių, jų gradientų, slėgių kitimo ties nagrinėjamu kontūru ar linija grafikas;
- 8.26. **goža** – 1) lūžtančiųjų bangų eilė; 2) bangų lūžimas (gožimas) ant sekumos ar mūšos zonoje. Gali būti kelios, vis silpnėjančios, gožos; dažniausiai fiksuojama pirmoji ir paskutinė;
- 8.27. **gožtančiosios bangos** – bėgančiosios bangos, iš esmės keičiančios savo pobūdį dėl gožos;
- 8.28. **grupinės bangos** – bangos, kurių parametrus lemia įvairaus dydžio bangų sąveika;
- 8.29. **inercinės bangos, siūba** – bangos, kurios sklinda iš inercijos po to, kai baigiasi jas sukėlęs poveikis (pvz., ilgai pūtęs vėjas); pasižymi ilgu bangos periodu;
- 8.30. **krenas** – plūduriuojančio objekto plaukiojimo ašies pasvirimas vertikalės atžvilgiu, susidarantis dėl išorinių apkrovų ir (ar) poveikių;
- 8.31. **laivinės bangos** – plaukiančių laivų sukeltos bangos; labai reikšmingos neplačiose upėse, kanaluose;
- 8.32. **ledų apkrovos** – statinių apkrovos, kurias sukelia ledogrūda, ledokamša, temperatūrinio ledo plėtimosi poveikis;
- 8.33. **metacentras** – kreno padėtyje plūduriuojančio objekto plaukiojimo ašies ir vandens išspaudimo (Archimedo) jėgos vektoriaus susikirtimo taškas;
- 8.34. **mūšos bangos** – bangos, kurios egzistuoja mūšos zonoje;
- 8.35. **nereguliariosios bangos** – bangos, kurių elementai kaitaliojasi atsitiktiniu būdu;
- 8.36. **plaukiojimo ašis** – linija, einanti per plūduriuojančio objekto svorio ir vandentalpos centrus, esant normaliai objekto padėčiai;
- 8.37. **plūdrumas** – objekto geba plūduriuoti, t. y. laikytis skysčio paviršiuje;
- 8.38. **reguliariosios bangos** – bangos, kurių aukštis ir periodas nekinta vandens užimtos erdvės konkrečiame taške;
- 8.39. **sisteminė banga** – bangų, stebimų bangų sistemoje, apibendrinimas; pagal tai nustatomi skaičiuotiniai bangų parametrai – vidutiniai bei reikšmingųjų tikimybių, išreikštų procentais;
- 8.40. **skaičiuotinė audra** – audra, stebima vieną kartą per nustatytą metų eilę (25, 50, 100) su tokiu vėjo greičiu, kryptimi, įsibangavimo atstumu ir trukme, kuriems esant skaičiuotiniame taške susidaro bangos su didžiaisiais toje metų eilėje elementais;
- 8.41. **skaičiuotinis vėjo greitis** – vėjo greitis 10 m aukštyje virš vandens paviršiaus, reikalingas nustatant bangų elementus;
- 8.42. **slėgio centras** – hidrostatinio slėgio jėgos, veikiančios kokią nors figūrą, pridėties taškas;
- 8.43. **slėgio aukščio kūnas** – sąlyginis geometrinių kūnas, kurio pagrindą sudaro slegiamoji figūra, kraštinės – hidrostatinio slėgio aukščio vektoriai, o viršū – vektorių viršūnėmis nubrėžtas paviršius. Tai palengvina slėgio jėgos P apskaičiavimą: $P = \rho g V_h$; čia V_h – slėgio aukščio kūno tūris, o P pridėties taškas esti ties slėgio aukščio kūno geometriniu centru;
- 8.44. **stovinčiosios bangos** – bangos, kurių matomoji forma erdvėje neslenka; susidaro giliavandenėje ir sekliavandenėje zonose, atsispindėjusios nuo stataus kranto ar statinio, kai gylis iki dugno $d_b > 1,5 h$, o ties berma – $d_{br} \geq 1,25 h$; čia h – bangos aukštis;
- 8.45. **stovingumas** – plūduriuojančio objekto geba grįžti į pradinę padėtį iš kreno padėties;
- 8.46. **vaterlinija** – plūduriuojančio objekto išorinio paviršiaus lietimosi su vandens paviršiumi linija;

8.47. **vėjinės gravitacinės bangos** – vėjo sukeltos bangos, kurioms susidarant pagrindinis vaidmuo tenka svorio jėgai; hidrotechnikoje svarbiausia bangų rūšis.

IV SKYRIUS. ŽYMENYS

9. Pagrindinių Reglamente vartojamų žymenų sąrašai pateikti [7.3, 7.6, 7.7]. Kiti svarbūs vartojami žymenys:

- 9.1. c – bangos sklaidimo greitis; $c = \lambda / T = \omega / k$; žymenys λ, T, ω ir k aptarti toliau;
- 9.2. $\cos hx$ – hiperbolinis kosinusas su argumentu x ; $\cos hx = 0,5(e^x + e^{-x})$; $e = 2,718...$;
- 9.3. $\cot hx$ – hiperbolinis kotangentas su argumentu x ; $\cot hx = (e^x + e^{-x}) / (e^x - e^{-x})$;
- 9.4. d_b – vandens gylis iki dugno esant skaičiuotiniam vandens lygiui;
- 9.5. d_{cr} – kritinis vandens gylis, kai bangos gožta pirmą kartą;
- 9.6. $d_{cr,u}$ – kritinis vandens gylis, kai bangos gožta paskutinį kartą;
- 9.7. d_{10} – 10 % tikimybės grunto dalelių skersmuo;
- 9.8. D – 1) skersmuo; 2) laivo (plūduriuojančio objekto) vandentalpa;
- 9.9. g – gravitacinis pagreitis; $g = 9,81 \text{ m/s}^2$;
- 9.10. E_t – laivo atsirėmimo priplaukiant krantinę kinetinė energija;
- 9.11. F – 1) laivo atsirėmimo priplaukiant krantinę jėga; 2) ledo poveikio jėga;
- 9.12. h – slėgio aukštis; $h = p / \rho g$; žymenys p ir ρ aptarti toliau;
- 9.13. h_s – geofiltracijos slėgio aukštis: $H \geq h_s \geq 0$; H žr. 9.16 p.;
- 9.14. h – bangos aukštis: $h_i - i$ % tikimybės sisteminės bangos; $\bar{h}$ – vidutinis;
- 9.15. h / λ – bangos statusas;
- 9.16. H – patvankos aukštis;
- 9.17. i – dugno nuolydis;
- 9.18. i_s – geofiltracijos slėgio aukščio gradientas;
- 9.19. k – bangų skaičius; $k = 2\pi / \lambda$;
- 9.20. k_s – vandens skvarbos (filtracijos) koeficientas;
- 9.21. p – slėgis;
- 9.22. P – hidrostatinio slėgio jėga bendruoju atveju;
- 9.23. P – bangų linijinė apkrova į vertikalojo profilio statinius;
- 9.24. q – 1) linijinė apkrova bendruoju atveju; 2) linijinis debitas;
- 9.25. Q – 1) bangų poveikio statiniui, kliūčiai jėga; 2) debitas;
- 9.26. R – stipris: 1) R_c – gniuždymo; 2) R_t – lenkimo; 3) R_b – glemžimo;
- 9.27. S – 1) ledo druskingumas; 2) švartavimo(si) jėgos;
- 9.28. $\sin hx$ – hiperbolinis sinusas su argumentu x ; $\sin hx = 0,5(e^x - e^{-x})$;
- 9.29. T – bangos periodas; $T_i - i$ % tikimybės sisteminės bangos; $\bar{T}$ – vidutinis;
- 9.30. t – plaukiančio (plūduriuojančio) objekto grimzlės dydis;
- 9.31. U – priešslėgio jėga: $U = U_A + U_s$; U_A – vandens išspaudimo (Archimedo) jėga; U_s – geofiltracijos slėgio jėga;
- 9.32. v – 1) vidutinis tėkmės greitis; 2) ledo lauko judėjimo greitis;
- 9.33. v_w – vėjo greitis;
- 9.34. W – vėjo poveikio plūduriuojančiam objektui jėga;
- 9.35. α – kampas tarp bangos fronto ir statinio;
- 9.36. β – kampas tarp vandens saugyklos ašies ir vėjo krypties;
- 9.37. η – ledo valkšnumo koeficientas;

- 9.38. η_c – bangos keteros iškilimo aukščiau skaičiuotinio vandens lygio dydis;
 9.39. η_t – bangos pado nusileidimo žemiau skaičiuotinio vandens gylio dydis;
 9.40. λ – bangos ilgis; λ_i – i % tikimybės sisteminės bangos; $\bar{\lambda}$ – vidutinis;
 9.41. λ/h – bangos gultumas;
 9.42. ρ – vandens tankis; švaraus gėlo vandens $\rho = 1000 \text{ kg/m}^3$;
 9.43. φ – šlaito (dugno) paviršiaus kampas su horizontale;
 9.44. ω – apskritiminis bangos dažnis; $\omega = 2\pi/T$.

V SKYRIUS. VANDENS HIDROSTATINĖS APKROVOS

I SKIRSNIS. VANDENS HIDROSTATINIŲ POVEIKIŲ REPREZENTACIJA

10. Hidrostatinis poveikis HTS ar jų elementams pasireiškia hidrostatiniu slėgiu. Bet kuriame povandeniniame taške absoliutus hidrostatinis slėgis p_{abs} , Pa, yra apskaičiuojamas pagal formulę

$$p_{abs} = p_o + \rho g d, (5.1)$$

čia: p_o – išorinis slėgis į vandens paviršių, Pa;

ρ – vandens tankis, kg/m^3 ;

g – gravitacijos pagreitis, m/s^2 ;

d – nagrinėjamo taško gylis, m.

11. HTS dažniausiai veikia esant natūralioms sąlygoms, todėl skaičiuojant apkrovas į HTS išorinis slėgis p_o jų aplinkoje dažnai yra lygus atmosferos slėgiui ($p_o = p_{atm}$). Dėl to paprastai, taip pat ir šiame Reglamente, į jį neatsižvelgiama, t. y. hidrostatinis slėgis reprezentuojamas manometrinio slėgiu p_{man} , Pa, pagal formulę

$$p = p_{man} = \rho g d; (5.2)$$

11.1. hidrotechninėje praktikoje švaraus gėlo vandens tankis $\rho = 1000 \text{ kg/m}^3$. Kai vandenyje gausu skendinčių nešmenų, vandens tankį tikslina 5–10 % padidinti;

11.2. nagrinėjamo taško gylis d dažniausiai nustatomas nuo tam tikro būdingo ramaus vandens lygio, kai nėra ypatingų reiškinių – tėkmės, bangų, ižo, sniego, ledo ar kt. Jei yra ypatingų reiškinių, jų poveikiui nustatyti taikomi skaičiavimai, aptarti Reglamento VII–XI skyriuose.

12. Remiantis slėgio aukščio sąvoka ir išraiška (žr. 10 p.) $h = p / \rho g$ iš (5.2) formulės gaunama, kad šiuo atveju hidrostatinis slėgio aukštis $h = d$. (5.3)

Šis tiesioginis hidrostatikos ir geometrijos ryšys labai palengvina hidrostatinių poveikių grafinę interpretaciją (žr. 5.1 – 5.4 pav.), skaičiavimus, saugo nuo atsitiktinių klaidų.

13. Atliekant poveikių ir apkrovų skaičiavimus gali būti panaudotas ir hidrodinaminis (pitometrinis) slėgio aukštis h_o , m, kuriuo įvertinamas ir tėkmės greitis pagal formulę

$$h_o = h + (\alpha_o v_o^2 / 2g), (5.4)$$

čia: $(\alpha_o v_o^2 / 2g)$ – greitinis slėgio aukštis, m;

α_o – Koriolio koeficientas: $\alpha_o \approx 1,05 - 1,10$;

v_o – vidutinis tėkmės greitis, m/s .

14. Vandens poveikiai priskiriami prie nuolatinių ir (arba) kintamųjų poveikių, atsižvelgiant į jų dydžio kitimą laike [7.2, 12 p.].

II SKIRSNIS. HIDROSTATINIO SLĖGIO Į PLOKŠČIUOSIUS PAVIRŠIUS APKROVOS

15. Hidrostatinis slėgis pagal (5.2) formulę kinta tolygiai nuo $p_{\min} = 0$ slegiamo paviršiaus viršutiniame taške, kuriame $d = 0$, iki $p_{\max}$ slegiamo paviršiaus giliausiame taške, kuriame $d = d_{\max}$. Analogiškai, remiantis (5.3) išraiška, kinta hidrostatinis slėgio aukštis h nuo $h = 0$ iki $h = h_{\max} = H$ (žr. 5.1–5.4 pav.).

16. Hidrostatinis poveikis HTS ar jų elementams gali būti išreikštas:

16.1. sutelktine slėgio jėga P , N;

16.2. linijinė slėgio apkrova q , N/m.

17. Hidrostatinio slėgio į plokščiąjį paviršių jėgos P , N, skaičiavimai:

17.1. jėgos P , N, skaičiavimas bendroju metodu:

17.1.1. jėgos dydis (žr. 5.1 pav., a, b)

$$P = \rho g d_C A_{yz'} \equiv \rho g V_H, (5.5)$$

čia d_C – vandens gylio ties plokščiosios figūros ploto geometrinio centru

$$d_C = z_C^I \sin \alpha, (5.6)$$

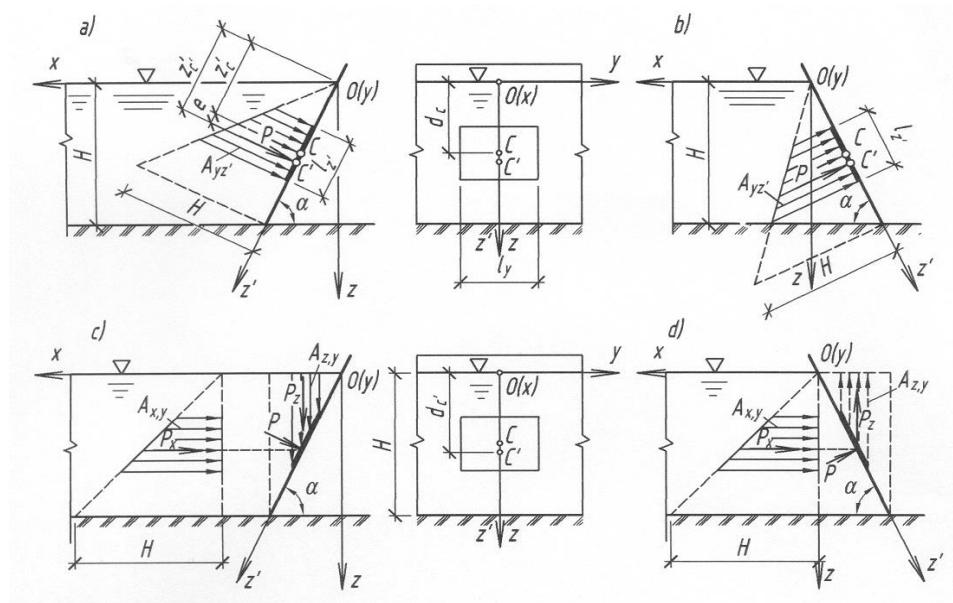
čia: z_C^I – plokščiosios figūros geometrinio centro aplikatė;

α – plokščiojo paviršiaus kampas su horizontale;

$A_{yz'}$ – plokščiosios figūros plotas, m²;

V_H – plokščiosios figūros slėgio aukščio kūno tūris, m³,

$$V_H = d_C A_{yz'}; (5.7)$$



5.1 pav. Hidrostatinio slėgio į plokščiuosius paviršius ir slėgio jėgų skaičiavimo schemas:
a–b skaičiuojant bendroju metodu; c–d skaičiuojant projekcijų metodu

17.1.2. jėgos veikimo kryptis – statmena plokščiajam paviršiui ir į jį nukreipta;

17.1.3. jėgos P , N, pridėties taškas figūroje – slėgio centras C' – yra gilyje

$$d_{C'} = d_C + I_o / (z_C^I A_{yz'}), (5.8)$$

čia I_o – plokščiosios figūros inercijos momentas atžvilgiu ašies, lygiagrečios y ašiai ir einančios per geometrinį centrą, m⁴.

Hidrotechnikoje dažnai pasitaikančios plokščiosios stačiakampės, simetrinės y ir z koordinatų ašims, figūros (žr. 5.1 pav.) inercijos momentas atžvilgiu ašies, lygiagrečios y ašiai ir einančios per figūros svorio centrą, yra lygus

$$I_o = l_y l_{z'}^3 / 12, \quad (5.9)$$

čia: l_y – figūros matmuo y ašies kryptimi (figūros plotis), m;

$l_{z'}$ – figūros ilgis; kai plokštuma vertikali – figūros matmuo z ašies kryptimi (aukštis), m.

Nagrinėjama atveju $A_{yz'} = l_y l_{z'}$ (žr. 5.1 pav., a, b).

Slėgio centro aplikatė z^I kryptimi apskaičiuojama pagal formulę

$$z_{C'}^I = d_{C'} / \sin \alpha, \quad (5.10)$$

čia α – plokščiojo paviršiaus kampas su horizontale.

Pastabos: 1. (5.8) formulės antrasis narys dar vadinamas ekscentricitetu e . Nagrinėjama atveju

$$e = 0,083 l_{z'}^2 / d_C. \quad (5.11)$$

2. Vertikaliosioms figūroms, kai $\alpha = 90^\circ$, $z^I = z = d$.

3. Horizontaliųjų figūrų plokštumų slėgio centras sutampa su svorio centru, t. y.

$$d_C = d_{C'}.$$

4. Kitokių formų geometrinių figūrų svorio, jėgų pridėties taškų ir inercijos momentų / ekscentricitetų skaičiavimo formulės yra pateiktos specialiojoje literatūroje.

5. Išreiškiant jėgą $P = \rho g V_H$, jos pridėties taškas yra ties V_H tūrio geometriniu centru;

17.2. jėgos P , N , skaičiavimas projekcijų metodu:

17.2.1. jėgos dydis:

$$P = (P_x^2 + P_z^2)^{0,5}, \quad (5.12)$$

čia: P_x ir P_z – atitinkamai jėgos P projekcijos x ir z ašių kryptimis (žr. 5.1 pav., c, d); apskaičiuojamos taikant (5.5)–(5.9) formules, bet keičiant jose A į:

$$A_x = A \sin \alpha; \quad (5.13)$$

$$A_z = A \cos \alpha; \quad (5.14)$$

17.2.2. jėgos P kryptis – statmena plokštumai ir nukreipta į ją. Kontrolei:

$$\angle(P_x, P) = \arccos(P_x / P); \quad (5.15)$$

$$\angle(P_z, P) = \arccos(P_z / P); \quad (5.16)$$

17.2.3. jėgos P pridėties taškas figūroje sutampa su jėgos P_x ir (ar) jėgos P_z pridėties tašku

$$P_x = \rho g d_C A_x \equiv \rho g V_{H,x}; \quad (5.17)$$

$$P_z = \rho g d_C A_z \equiv \rho g V_{H,z}, \quad (5.18)$$

čia: A_x ir A_z – atitinkamai plokščiosios figūros ploto projekcijos x ir z ašių kryptimis;

$$A_x = A \sin \alpha; \quad (5.19)$$

$$A_z = A \cos \alpha, \quad (5.20)$$

$V_{H,x}$ ir $V_{H,z}$ – plokščiosios figūros slėgio aukščio kūno tūrio projekcijos x ir z ašių kryptimis:

$$V_{H,x} = d_C A_x \equiv d_C A \sin \alpha; \quad (5.21)$$

$$V_{H,z} = d_C A_z \equiv d_C A \cos \alpha. \quad (5.22)$$

Pastaba. Jėgų projekcijų P_x ir P_z pridėties taškai nustatomi taip pat, kaip ir 17.1 p.

18. Hidrostatinio slėgio linijinių apkrovų į plokščiąjį paviršių q , N/m, skaičiavimai:

18.1. linijinė apkrova į horizontaliąją b , m, pločio juostą q_H , N/m, apskaičiuojama pagal formulę

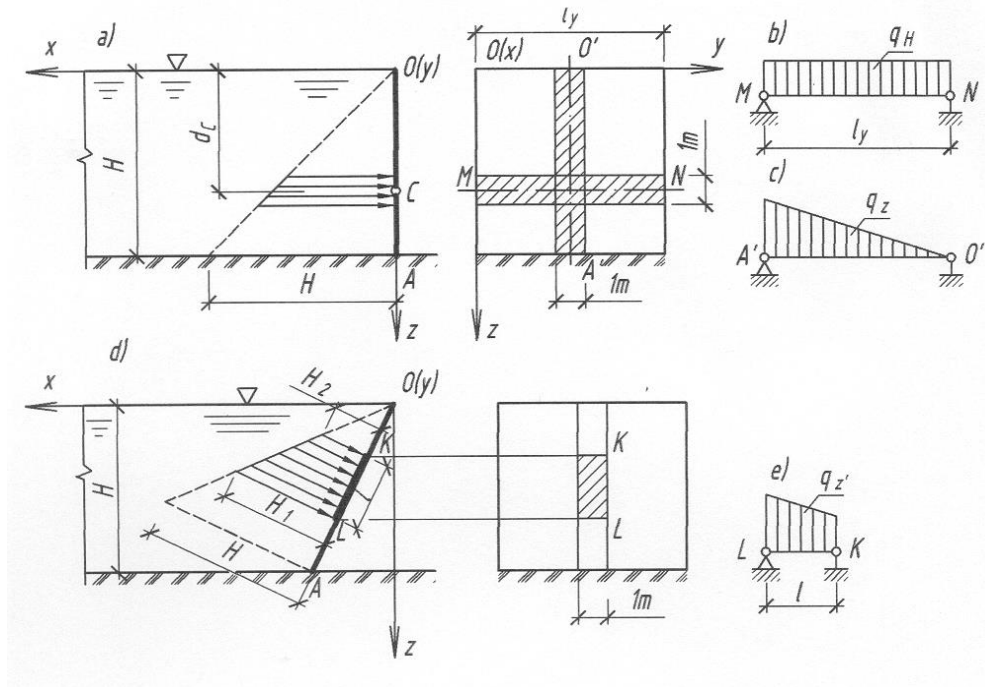
$$q_H = \rho g d_C b, \quad (5.23)$$

čia d_C – vandens gylis ties juostos viduriu; $d_C = \text{const}$, $q_H = \text{const}$ (žr. 5.2 pav.);

18.2. linijinė apkrova į vertikaliąją arba pasvirąją b , m, pločio juostą

$$q_{z(z')} = \rho g d b, (5.24)$$

čia d – vandens gylis ties juosta; $0 \leq d \leq H$, todėl bendruoju atveju $q_{z'(z)}$ epiūra yra arba trikampė (žr. 5.2 pav., b), arba trapecinė (žr. 5.2 pav., c).



5.2 pav. Hidrostatinio slėgio į plokščiuosius paviršius linijinių apkrovų skaičiavimo schemas

III SKIRSNIS. HIDROSTATINIO SLĖGIO Į KREIVUOSIUS PAVIRŠIUS APKROVOS

19. *Hidrostatinio slėgio į kreivuosius paviršius jėgos skaičiavimai:*

19.1. hidrostatinio slėgio į kreivuosius paviršius jėga P , N , apskaičiuojama projekcijų metodu (žr. 17.2 p.);

19.2. kreivųjų paviršių atveju sudėtinga apskaičiuoti vertikalniąją P jėgos dedamąją P_z . Paprastesnių cilindrinį paviršių atveju pagal (5.18) formulę šios jėgos dedamosios dydis

$$P_z = \rho g A_{yz} l_y = \rho g V_{H,z}, (5.25)$$

čia: A_{yz} – slėgio aukščio kūno yz plokštumoje plotas, m^2 ;

l_y – slėgio aukščio kūno ilgis y ašies kryptimi, m .

5.3 pav. parodytų kreivųjų paviršių A_{yz} išraiškos tokios:

19.2.1. neapsemto segmento (žr. 5.3 pav., a)

$$A_{yz} = (\pi d^2 \alpha^\circ / \sin \alpha 360^\circ) - (d^2 / 2 \tan \alpha); (5.26)$$

19.2.2. apsemto segmento (žr. 5.3 pav., b)

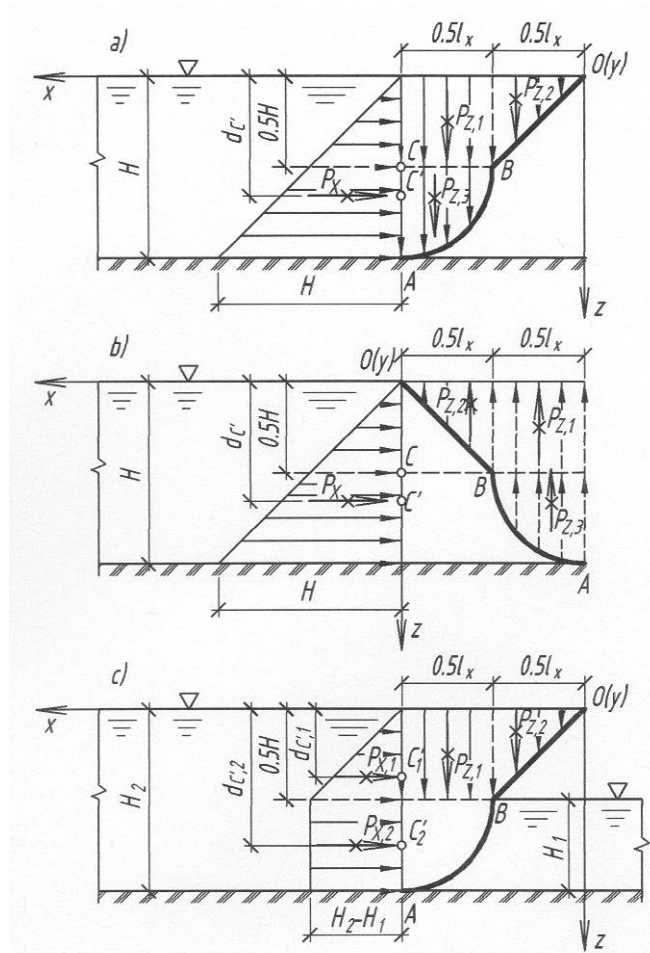
$$A_{yz} = rd(1 - 0,5 \cos \alpha) - (\pi r^2 \alpha^\circ / 360^\circ); (5.27)$$

19.2.3. pusapskritimio (cilindrinio uždorio) (žr. 5.3 pav., c)

$$A_{yz} = \pi d^2 / 8; (5.28)$$

19.3. dedamosios P_z pridėties taškai (veikimo linijos) nustatomos specialiaisiais skaičiavimais;

19.4. jėgos P pridėties taškas kreivajame paviršiuje randamas pagal dedamųjų P_x ir P_z susikirtimo tašką (žr. 5.3 pav.), dažniausiai grafiniu būdu.



5.4 pav. Hidrostatinio slėgio į sudėtingų formų paviršius ir slėgio jėgų skaičiavimo schemas:

a) į apsemtą segmentą ABO; b) į neapsemtą segmentą ABO; c) į segmentą ABO, kai vanduo yra iš abiejų pusių

Pastaba. Ženklu $\times$ pažymėti slėgio epiūrų ir slėgio aukščių kūnų geometriniai centrai.

22. Kai vanduo sudėtingos formos paviršių ABO slegia iš vienos pusės (žr. 5.4 pav., a, b), slėgio jėgos horizontaliosios dedamosios reikšmę P_x , N, taikant grafoanalitinį sprendimo būdą, reikia apskaičiuoti pagal formulę

$$P_x = 0,5\rho g H^2 l_y. (5.29)$$

Jėgos P_x pridėties taškas C^I , m, šiuo atveju yra gylyje

$$d_{C^I} = 0,667H. (5.30)$$

Jėga P_x nukreipta į slegiamą paviršių ABO.

Pastaba. Jeigu būtų numatyta nagrinėti paviršiaus ABO fragmentus AB ir BO, tada reikėtų atskirai skaičiuoti jėgas $P_{x,1}$ ir $P_{x,2}$.

23. Kai vanduo sudėtingos formos paviršių slegia iš abiejų pusių (žr. 5.4 pav., c), slėgio jėgos horizontaliąją dedamąją tikslinga skaidyti į dvi jėgas, kurių epiūras sudaro dvi taisyklingos geometrinės figūros. Jėgas $P_{x,1}$ ir $P_{x,2}$, N, reikia apskaičiuoti pagal formules:

$$P_{x,1} = 0,5\rho g (H_2 - H_1)^2 l_y; (5.31)$$

$$P_{x,2} = \rho g H_1^2 l_y. (5.32)$$

Jėgų $P_{x,1}$ ir $P_{x,2}$ pridėties taškai atitinkamai yra tokiuose gyliuose:

$$d_{C_1^I} = 0,667(H_2 - H_1); (5.33)$$

$$d_{C_2^I} = (H_2 - H_1) + 0,5H_1. (5.34)$$

Jėgos $P_{x,1}$ ir $P_{x,2}$ nukreiptos į slegiamą paviršių.

24. Kai vanduo sudėtingos formos paviršių ABO slegia iš vienos pusės, kaip apsemtą segmentą (žr. 5.4 pav., a), slėgio jėgos vertikaliają dedamąją tikslinga skaidyti į tris jėgas, kurių epiūras sudaro trys taisyklingos figūros. Jėgas $P_{z,1}$, $P_{z,2}$ ir $P_{z,3}$, N, reikia apskaičiuoti pagal formules:

$$P_{z,1} = \rho g 0,5H 0,5l_x l_y = 0,25 \rho g H l_x l_y; (5.35)$$

$$P_{z,2} = \rho g 0,5(0,5H 0,5l_x) l_y = 0,125 \rho g H l_x l_y; (5.36)$$

$$P_{z,3} = \rho g 0,25\pi(0,5H)^2 l_y = 0,0625 \rho g \pi H l_x l_y. (5.37)$$

Jėgų $P_{z,1}$, $P_{z,2}$ ir $P_{z,3}$ pridėties taškų abscisės atitinkamai yra lygios:

$$x_{C_1^I} = 0,75l_x; (5.38)$$

$$x_{C_2^I} = 0,333l_x; (5.39)$$

$$x_{C_3^I} = l_x - (0,667l_x / \pi). (5.40)$$

Jėgos $P_{z,1}$, $P_{z,2}$ ir $P_{z,3}$ nukreiptos vertikalčiai žemyn.

25. Kai vanduo sudėtingos formos paviršių ABO slegia iš vienos pusės, kaip neapsemtą segmentą (žr. 5.4 pav., b), slėgio jėgos vertikaliają dedamąją taip pat tikslinga dalyti į tris jėgas, o jų reikšmes $P_{z,1}$, $P_{z,2}$ ir $P_{z,3}$, N, reikia atitinkamai apskaičiuoti pagal (5.35), (5.36) ir (5.37) formules, bet su neigiamais ženklais.

Jėgų $P_{z,1}$, $P_{z,2}$ ir $P_{z,3}$ pridėties taškų abscisės atitinkamai reikia apskaičiuoti pagal (5.38), (5.39) ir (5.40) formules.

Jėgos $P_{z,1}$, $P_{z,2}$ ir $P_{z,3}$ nukreiptos vertikalčiai aukštyn.

26. Kai vanduo sudėtingos formos paviršių ABO slegia iš abiejų pusių (žr. 5.4 pav., c), slėgio jėgos vertikaliają dedamąją tikslinga skaidyti į dvi jėgas $P_{z,1}$, $P_{z,2}$, o jų reikšmes, N, reikia apskaičiuoti pagal (5.35) ir (5.36) formules.

Jėgų $P_{z,1}$, $P_{z,2}$ pridėties taškų abscisės atitinkamai reikia apskaičiuoti pagal (5.38) ir (5.39) formules.

Jėgos $P_{z,1}$, $P_{z,2}$ nukreiptos vertikalčiai žemyn.

27. Nagrinėjamojo atvejo linijinės apkrovos q , N/m, galėtų būti išreikštos pagal 18 ir 19 p. nurodymus.

V SKIRSNIS. OBJEKTŲ PLŪDRUMAS IR STOVINGUMAS

28. Objektas yra plūdrus, kai jo svoris G mažesnis už jo vandens išspaudimo jėgą P_v , lygią išspausto vandens svoriui ($P_v = G_v$). Skysčio paviršiuje plūduriuojantis objektas bus stovingas (stabilus), kai jo:

28.1. svorio centras C yra žemiau už vandentalpos centrą C' ;

28.2. svorio centras C yra aukščiau už vandentalpos centrą C' , bet žemiau už metacentrą M per metacentro aukštį h_m , m, kuris apskaičiuojamas pagal formulę

$$h_m = r_m - e, (5.41)$$

čia r_m – metacentro spindulys, m, kurio išraiška tokia:

$$r_m = I_o / D, (5.42)$$

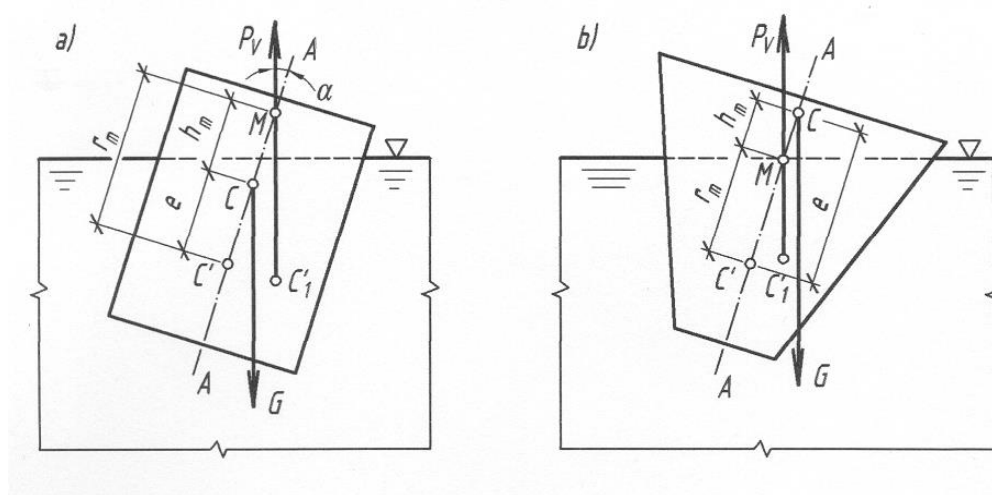
čia: I_o – vaterlinijos plokštumos inercijos momentas jos išilginės ašies atžvilgiu, m^4 ;
 D – objekto vandentalpa, m^3 ;
 e – ekscentricitetas (atstumas nuo taško C iki C'), m . Šis dydis laivams dažnai būna pastovus, pvz., $e = 0,5 m$.

Pastabos: 1. C , C' , M taškai, h_m , r_m ir e atstumai parodyti 5.5 pav., a ir b.

2. Objekto stovingumas nagrinėjamoju atveju praktiškai įvertinamas taip:

- jei $h_m > 0$ arba $r_m > e$, objektas stovingas;
- jei $h_m < 0$ arba $r_m < e$, objektas nestovingas.

3. Tiek h_m , tiek r_m reikšmės priklauso nuo laivo kreno kampo α , bet jei $\alpha > 15^\circ$, h_m ir r_m reikšmės laikomos pastoviosiomis.



5.5 pav. Objektų plūduriavimo, jų plūdrumo ir stovingumo sąvokų grafinė interpretacija: a) objektas stovingas; b) objektas nestovingas. Schemoje: M – metacentras – plaukiojimo ašies ($A-A$) ir išspaudimo jėgos (P_v) vektoriaus susikirtimo taškas; C – objekto svorio centras; C' – vandentalpos centras, kai objektas nepasviręs; C_1 – vandentalpos centras, kai objektas pasviręs; G – objekto svoris; h_m – metacentro aukštis; r_m – metacentro spindulys; e – ekscentricitetas; α – kreno kampas

VI SKYRIUS. GEOFILTRACIJOS POVEIKIAI IR APKROVOS

I SKIRSNIS. GEOFILTRACIJOS POVEIKIŲ REPREZENTACIJA

29. Geofiltracija – patvenkto požeminio vandens tekėjimas, skverbimasis per gruntinį HTS, po juo (pagrindo gruntu) bei aplink jį (šonų gruntu), taip pat filtracija per betoną, dažniausiai laminarinė, apibūdinama Darsi dėsnio.

$$v_s = k_s i_s, \text{ m/s; m/d, (6.1)}$$

čia v_s , k_s ir i_s – atitinkamai geofiltracijos greitis, m/s ; m/d , vandens skvarbos (filtracijos) koeficientas, m/s ; m/d , ir geofiltracijos slėgio aukščio gradientas (žr. 30.2 p.).

Pastaba. Dimensija m/d yra parankesnė, išvengiama labai mažų skaitinių reikšmių.

Be to, geofiltracija gali būti:

- 29.1. slėginė ir neslėginė (su laisvuoju – depresijos – paviršiumi);
- 29.2. nusistovėjusioji (nuostovioji) ir nenusistovėjusioji (nenuostovioji), kintanti laike;
- 29.3. erdvinė (trimatė) ir plokštuminė (dvimatė); pastaroji dar būna: dvimatė vertikalojoje plokštumoje (profilinė) ir dvimatė horizontaliojoje plokštumoje – plane (planinė).

Pastabos: 1. Reglamente daugiausia aptarta slėginė nusistovėjusioji profilinė geofiltracija, vykstanti neuoliniame grunte po praktiškai nelaidžiu vandeniui betoninių HTS požeminiu kontūru.

2. Kiti labai įvairūs geofiltracijos HTS ir jų aplinkoje atvejai nagrinėjami atskiruose HTS bei geotechnikos normatyviniuose dokumentuose (žr. 2 p.).

30. Geofiltracija apibūdinama tokiais parametrais:

30.1. geofiltracijos slėgio aukščiais h_s , m;

30.2. geofiltracijos slėgio aukščio gradientais

$$i_s = dh_s / ds_s, \quad (6.2)$$

čia dh_s – elementarus h_s pokytis elementarioje tėkmės linijos atkarpoje ds_s ;

30.3. geofiltracijos debitais Q_s , m³/s; m³/d.

Pastabos: 1. Kiekvienas iš 30.1–30.3 p. nurodytų parametrų lemia atitinkamus poveikius bei apkrovas į HTS, jų pagrindo bei šonų gruntus, žr. 31–35 p.

2. Pagal [7.2], geofiltracijos poveikiai ir apkrovos į HTS, kaip susiję su vandeniu, gali būti ir nuolatiniai, ir (arba) kintamieji, o pagal pobūdį – statiniai ir dinaminiai.

3. Skaičiuojant HTS veikiančias geofiltracijos apkrovas ir poveikius, skaičiavimų schemos sudaromos tariant, kad tai yra nuolatinės statinės apkrovos. Realus jų kitimas įvertinamas sudarant skaičiavimų schemas su keliais būdingiausiais vandens lygių aukštutiniame ir žemutiniame bjefuose – taip pat ir su būdingiausiųjų patvankos aukščių H reikšmių – deriniais. Pagrindinis derinys – su normalios patvankos lygiu aukštutiniame bjefe ir žemiausiuoju vandens lygiu žemutiniame bjefe.

II SKIRSNIS. GEOFILTRACIJOS PARAMETRŲ IR APKROVŲ SKAIČIAVIMAS

31. Geofiltracijos slėgio aukštis:

31.1. geofiltracijos slėgio aukštis h_s , m, išreiškiamas pjezometrinio slėgio aukščiu, nes suminio (hidrodinaminio, pitometrinio) slėgio aukščio išraiškoje $h_{s,tot} = h_s + \alpha v^2 / 2g$ greitinio slėgio dedamoji $\alpha v^2 / 2g \approx 0$, kadangi geofiltracijoje $v \leq 0,1$ m/s;

31.2. konkreti h_s reikšmė gali būti intervale $H \geq h_s \geq 0$; čia H – patvankos aukštis (žr. 6.1 ir 6.2 pav.); pastarajame aktuali H' reikšmė;

31.3. projektuojamo HTS geofiltracijos slėgio aukščio h_s reikšmių nustatymas yra labai atsakingas ir sudėtingas uždavinys, nes jis priklauso nuo pagrindo grunto, antifiltracinių priemonių, drenažo bei paties statinio konfigūracijų ir jų laidumų vandeniui (filtracijos koeficientų), kurie dažnai yra gana apytiksliai. Naudojami analitiniai (įvairaus pagrįstumo ir tikslumo), eksperimentiniai (fizinių, matematinių analogijų modelių ir pan.) bei mišrūs skaičiavimų metodai ir būdai. Universaliausias metodas yra skaitmeninis geofiltracijos modeliavimas panaudojant aprobuotas kompiuterių programas. Net ir tokiu atveju h_s reikšmių paklaida gali siekti ± 10 %, todėl į tai turi būti atsižvelgta atliekant tolesnius skaičiavimus.

Pastabos: 1. Mažiausias h_s skaičiavimų mastas – nustatyti h_s reikšmes ties HTS požeminio kontūro nelaidžiąja dalimi.

2. Išsamiai h_s reikšmių analizei geofiltracijos tėkmės zonos brėžinyje tikslinga sudaryti *geohidrodinaminį tinklą*. Jis susideda iš h_s reikšmių izolinių (pvz., su fiksuotomis h_s reikšmėmis: $h_s = 0,9H$, $h_s = 0,8H$, ..., $h_s = 0,1H$, $h_s = 0,05H$, turint omenyje, kad įtekėjimo kontūre $h_s = H$, o ištekėjimo kontūre $h_s = 0$), ir joms statmenų tėkmės linijų;

31.4. geofiltracijos slėgio aukštis h_s , m, bet kuriame geofiltracinės tėkmės zonos taške lemia geofiltracijos slėgį p_s , Pa, nes pagal analogiją su (5.2) formule

$$p_s = \rho g h_s, \quad (6.3)$$

čia: ρ – vandens tankis, kg/m³;

g – gravitacinis pagreitis, m/s².

Todėl ties nagrinėjamu HTS kontūru susidaro geofiltracijos slėgio jėga P_s , N, kuri apskaičiuojama panaudojant hidrostatikos (žr. V skyrių) principus;

31.4.1. jei kontūras tiesus ir jo ilgis yra l_s , m, tai

$$P_s = \bar{p}_s \cdot l_s \cdot b = \rho g (\bar{h}_s \cdot l_s) b = \rho g A_s'' \cdot b, (6.4)$$

čia: $\bar{p}_s$ ir $\bar{h}_s$ – atitinkamai vidutinės p_s ir h_s reikšmės kontūro atkarpoje l_s ;

A_s'' – geofiltracijos slėgio aukščio h_s epiūros plotas, m²;

b – kontūro sekcijos plotis, m.

Apskaičiuotos jėgos P_s pridėties taškas yra ploto A_s'' geometriniame centre, o jos kryptis statmena nagrinėjamam paviršiui.

Pastaba. h_s epiūra, braižoma statinio brėžinio masteliu, rodo h_s kitimo pobūdį ir sudaro galimybę išvengti atsitiktinių klaidų;

31.4.2. jei kontūras yra kreivinis, skaičiuojama vadovaujantis V skyriaus nurodymais;

31.5. jėga P_s dažniausiai skaičiuojama kartu su vandens išspaudimo (Archimedo) jėga P_A , kurių suma sudaro bendrą hidrostatinio slėgio jėgą P , N, ties nagrinėjamuoju kontūru, t. y.

$$P = P_s + P_A. (6.5)$$

Tokiu atveju (6.4) formulėje imamas viso slėgio aukščio vidurkis ir visas h'' epiūros A'' plotas (žr. 6.1 pav., P_h epiūrą $A(1^0 - 1'' - 3''' - 3)$);

31.6. pabrėžiant ypatingą P jėgos, veikiančios į HTS padą ir mažinančios statinio stabilumą, svarbą, išskiriama priešslėgio jėga U , N, išreiškiama pagal analogiją su (6.5) formule kaip

$$U = U_s + U_A, (6.6)$$

čia: U_s ir U_A – atitinkamai priešslėgio jėgos geofiltracijos ir išspaudimo (Archimedo) jėgų dedamosios.

Pastaba. Iš (6.6) formulės akivaizdžiai matyti, kad yra aktualu pagal galimybes mažinti jėgos U_s reikšmę.

Pagal (6.4) formulę gaunama, kad

$$U_s = \rho g A_s'' b; (6.7)$$

$$U_A = \rho g A_A'' b. (6.8)$$

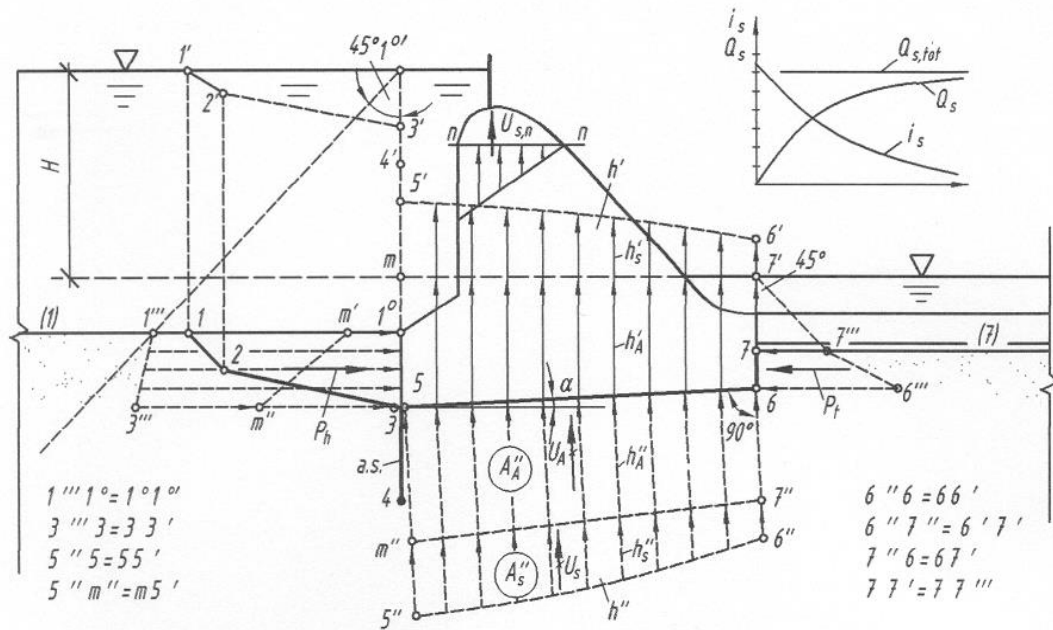
U_s ir U_A žr. 6.1 ir 6.2 pav.:

$$6.1 \text{ pav. } A_s'' = A(5'' - m'' - 7'' - 6''), \text{ o } A_A'' = A(m'' - 5 - 6 - 7'');$$

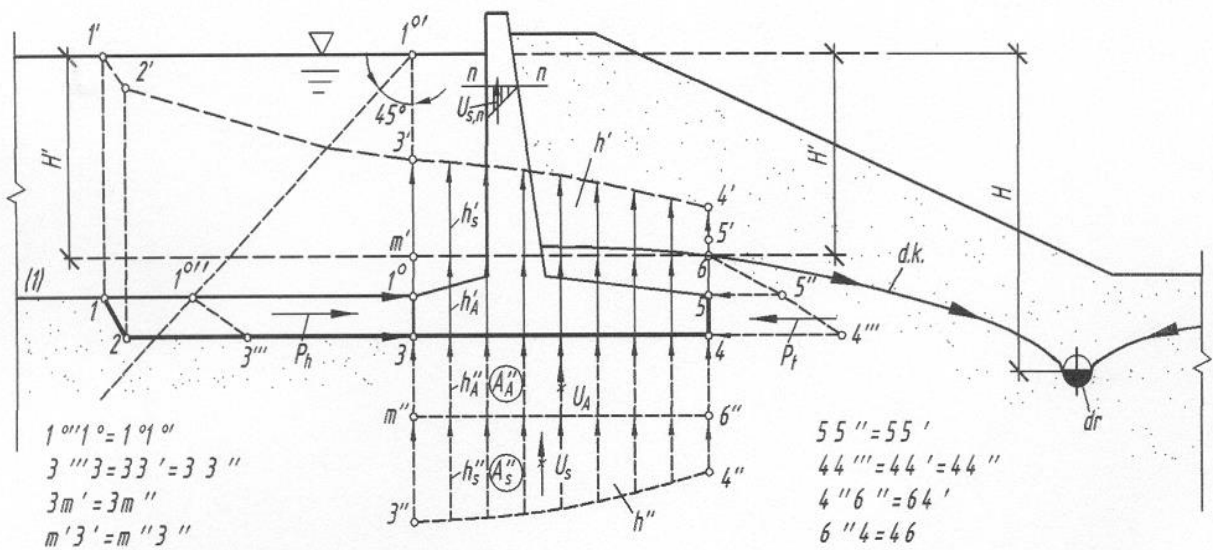
$$6.2 \text{ pav. } A_s'' = A(3'' - m'' - 6'' - 4'') = A(m' - 3' - 3' - 4');$$

$$A_A'' = A(m'' - 2 - 3 - 3'') = A(2 - m' - 4' - 3');$$

31.7. HTS pjūviuose aukščiau žemutinio bjefo vandens lygio linijos veikia tik priešslėgio jėgos geofiltracijos dedamoji U_s (žr. 6.1 ir 6.2 pav., filtracijos per betoną $U_{s,n}$ vektorius).



6.1 pav. Geofiltracijos po atskira betonine užtvanka su pasviru slenksčio padu slėgio aukščių (h' ir h'''), priešslėgio aukščių (h'') epiūrų, jų plotų bei jėgų schemas: (1)–1 ir 7–(7) – pradinis ir galutinis geofiltracijos kontūrai; 1234567 – užtvankos požeminio kontūro nelaidžioji dalis; a. s. – antifiltracinė (įlaidinė) sienelė



6.2 pav. Geofiltracijos po gelžbetonine atramine siena su horizontaliu padu derinyje su gruntu masyvu slėgio aukščių (h' ir h'''), priešslėgio aukščių (h'') epiūrų, jų plotų bei jėgų schemas: (1)1 – pradinis geofiltracijos kontūras; 12345 – atraminės sienos požeminio kontūro nelaidžioji dalis; d.k. – depresijos kreivė, dr – drena (galutinis geofiltracijos kontūras)

32. Geofiltracijos slėgio aukščio gradientai:

32.1. geofiltracijos slėgio aukščio h_s gradientai apibūdina h_s kitimo intensyvumą kuriame nors geofiltracinės tėkmės zonos taške (žr. (6.2) formulę) arba tos zonos būdingame intervale Δs_s pagal formulę

$$i_s = \Delta h_s / \Delta s_s, (6.2a)$$

čia Δh_s – geofiltracinio slėgio aukščio pokytis

$$\Delta h_s = h_{s_1} - h_{s_2}, (6.9)$$

čia h_{s_1} ir h_{s_2} – geofiltracinio slėgio aukščiai nagrinėjamos tėkmės linijos atkarpos Δs_s pradžioje ir gale.

Pastabos: 1. Skaičiavimus pagal (6.2a) bei (6.9) formulę patogiu atlikti naudojantis geohidrodinaminiu tinklu (žr. 31.3 p.), kuriame Δh_s reikšmės yra fiksuotos, pvz., kas 0,1 H, o Δs_s kryptį nurodo tėkmės linijos, taip pat moderniomis kompiuterių programomis.

2. Išsamiai i_s analizei geofiltracijos tėkmės zonos brėžinyje gali būti pateiktas i_s vektorių lauko vaizdas, i_s reikšmių izolinijų brėžinys arba i_s reikšmių grafikas ties būdingaisiais geofiltracijos tėkmės ruožais, pvz., ties ištekėjimo ruožu 7–(7) (žr. 6.1 pav.);

32.2. geofiltracijos slėgio aukščio gradiento i_s (ar $\bar{i}_s$) dydis labai svarbus, nes:

32.2.1. i_s lemia grunto pridėtinę tūrinę jėgą

$$\Delta P_s = \rho g \bar{i}_s \cdot \Delta V, N, (6.10)$$

čia ΔV – elementarus grunto tūris, m^3 .

Jėga ΔP_s veikia $\approx \Delta s_s$ kryptimi ir gali neleistina sumažinti gruntinio šlaito ar jo papėdės stabilumą, kai į šlaitą ar jo papėdę išsisunkia geofiltracijos vanduo;

32.2.2. i_s lemia geofiltracijos tėkmės greitį (žr. (6.1) formulę), reikalingą geofiltracijos debitui apskaičiuoti (žr. 34 p.);

32.2.3. i_s lemia grunto filtracinių deformacijų (GFD) galimybę ir mastą, kuris neturi pasiekti HTS pavoingo lygio (žr. III skirsnį).

33. Geofiltracijos dalinis ir suminis debitai:

33.1. geofiltracijos dalinis linijinis debitas q_s , m^2/s ; m^2/d , vienalyčiame grunte išreiškiamas formule

$$q_s = k_s \bar{i}_s \Delta l_s, (6.11)$$

čia $\bar{i}_s$ – vidutinis geofiltracijos slėgio aukščio gradientas Δl_s atkarpoje, statmenoje geofiltracijos tekmei, pvz., esančioje 6.1 pav. ištekėjimo kontūre 7–(7);

33.2. geofiltracijos suminis linijinis debitas $q_{s,tot}$, m^2/d , išreiškiamas formule

$$q_{s,tot} = k_s \bar{i}_s l_s, (6.12)$$

čia $\bar{i}_s$ – i_s reikšmių vidurkis, apibendrintas visam geofiltracijos tėkmės kontūro ilgiui, pvz., 6.1 pav., kontūrai nuo 7 taško iki ∞ .

Pastabos: 1. Kai $\bar{i}_s$ apibendrinimas visai atkarpai l_s sudėtingas, $q_{s,tot}$ skaičiuojamas nuosekliai sumuojant dalinius debitus pagal formulę

$$q_{s,tot} = k_s \sum (\bar{i}_s \cdot \Delta l_s). (6.12a)$$

2. Nevienalyčiame sluoksniuotame grunte reikia sumuoti ir atskirų sluoksnių debitus pagal formules:

$$q_s = \sum k_s \bar{i}_s \Delta l_s; (6.13)$$

$$q_{s,tot} = \sum k_s \bar{i}_s \Delta l_s; (6.14)$$

33.3. geofiltracijos dalinis ir (ar) suminis debitai ties b , m, pločio (matuojant skersai tėkmės) HTS išreiškiami taip:

$$Q_s = q_s \cdot b; (6.15)$$

$$Q_{s,tot} = q_{s,tot} \cdot b. (6.16)$$

Grafinis Q_s ir $Q_{s,tot}$ vaizdas pateiktas 6.1 pav., a.

Pastaba. Skaičiavimai pagal (6.11)–(6.16) formules labai supaprastėja turint geohidrodinaminį tinklą (žr. 31.3 p.), o ypač naudojantis moderniomis kompiuterių programomis;

33.4. $q_s(q_{s,tot})$ ar $Q_s(Q_{s,tot})$ reikšmės labai svarbios, nes pagal jas:

33.4.1. tikslinami hidromazgo vandens ūkio skaičiavimai; nepriimtinos didelės $Q_{s,tot}$ reikšmės gali nulemti HTS požeminio kontūro perprojektavimą – antifiltracinių elementų (prieš-slenkstės, įlaidinės sienos) ilgių padidinimą;

33.4.2. detalizuojama Q_s bei $Q_{s,tot}$ drenavimo sistema.

III SKIRSNIS. GRUNTO FILTRACINIS STIPRIS

34. Grunto filtracinis stipris nustatomas taikant sąlygą

$$i_{s,d} \leq i_{s,adm}, (6.17)$$

čia: $i_{s,d}$ ir $i_{s,adm}$ – atitinkamai skaičiuotinis ir leistinis geofiltracijos slėgio aukščio gradientai. $i_{s,adm}$ reikšmės nustatomos specialiaisiais tyrimais ir (ar) skaičiavimais tokioms galimoms GFD rūšims: sufozijai (cheminei, mechaninei), filtraciniam išspaudimui, kontaktiniam išplovimui, kontaktiniam išspaudimui, kolmatacijai.

Pastaba. Geofiltracijos slėgio aukščio gradientų įtaka betonui nustatoma vadovaujantis specialiaisiais normatyviniais dokumentais.

VII SKYRIUS. BANGŲ APKROVOS IR POVEIKIAI Į VERTIKALIOJO PROFILIO STATINIUS

I SKIRSNIS. STOVINČIŲJŲ BANGŲ APKROVOS Į VERTIKALIOJO PROFILIO STATINIUS

35. Statinių skaičiavimas atviros akvatorijos stovinčiųjų bangų poveikiui (žr. 7.1 pav.) turi būti atliekamas esant gyliui iki dugno $d_b > 1,5h$ ir gyliui virš bermos $d_{br} \geq 1,25h$; tuomet laisvojo banguotojo paviršiaus ir bangų slėgio formulėse vietoj gylio iki dugno d_b , m, būtina naudoti sąlyginį skaičiuotinį gylį d , m, apskaičiuojamą pagal formulę

$$d = d_f + k_{br}(d_b - d_f), (7.1)$$

čia: d_f – gylis virš statinio pado, m;

k_{br} – koeficientas, imamas pagal 7.2 pav.;

h – bėgančiosios bangos aukštis, m.

36. Laisvojo bangų paviršiaus pakilimas arba pažemėjimas prie vertikaliosios sienos η , m, atskaitomas nuo skaičiuotinio vandens lygio, turi būti apskaičiuojamas pagal formulę

$$\eta = -h \cos \omega t - 0,5kh^2 \cot hkd \cos^2 \omega t, (7.2)$$

čia: $\omega = 2\pi / \bar{T}$ – apskritiminis bangos dažnis;

$\bar{T}$ – vidutinis bangos periodas, s;

t – laikas, s;

$k = 2\pi / \bar{\lambda}$ – bangų skaičius;

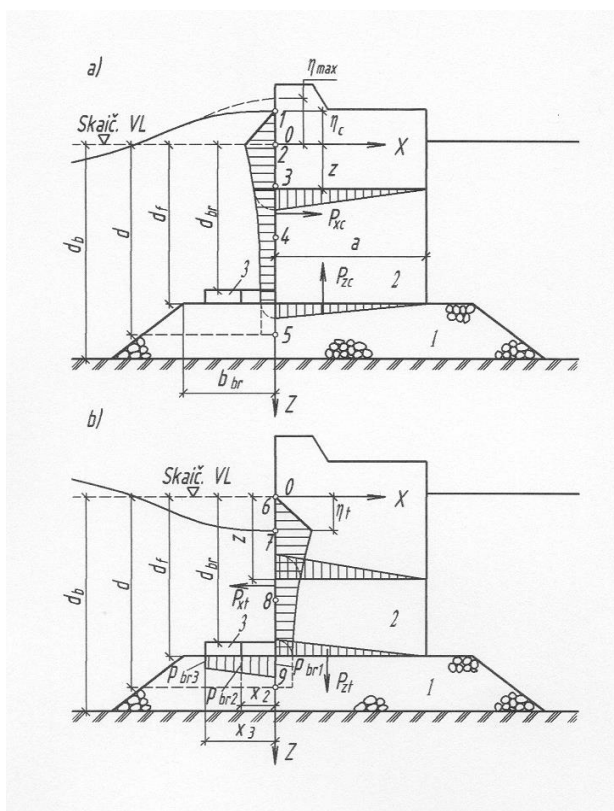
$\bar{\lambda}$ – vidutinis bangos ilgis, m.

Stovinčiajai bangai veikiant vertikaliąją sieną, būtina numatyti tris η nustatymo pagal (7.2) formulę atvejus šiems $\cos \omega t$ dydžiams:

36.1. $\cos \omega t = 1$ – artėjant prie sienos bangos keterai, pakylančiai aukščiau skaičiuotinio lygio per η_{max} , m;

36.2. $1 > \cos \omega t > 0$ – esant horizontaliosios linijinės bangų apkrovos P_{xc} , N/m, dažniausiai reikšmei, bangos keterai pakylant aukščiau skaičiuotinio lygio per η_c ; šiuo atveju $\cos \omega t$ reikšmė turi būti apskaičiuojama pagal formulę

$$\cos \omega t = \bar{\lambda}^2 / [\pi h(8\pi d - 3\bar{\lambda})]; (7.3)$$



7.1 pav. Atviros akvatorijos stovinčiųjų bangų slėgio į vertikalią sieną epiūros: a) bangos gūbrio atveju; b) bangos klonio atveju (su bermų masyvus keliančiojo bangų slėgio epiūromis); 1 – akmenų pakloda; 2 – statinys; 3 – betoninė berma

36.3. $\cos \omega t = -1$ – esant horizontaliosios bangų apkrovos P_{xt} , N/m, didžiausiai reikšmei, bangos padui esant žemiau skaičiuotinio lygio per η_t .

Pastaba. Esant $d/\lambda < 0,2$ ir visais kitais atvejais, kai pagal (7.3) formulę reikšmė $\cos \omega t > 1$, atliekant tolimesnius skaičiavimus būtina imti $\cos \omega t = 1$.

37. Giliavandenėje zonoje horizontaliąją linijinę apkrovą į vertikalią sieną P_x , N/m, stovinčiosios bangos gūbrio ar klonio atveju (žr. 7.1 pav.) reikia imti pagal bangų slėgio epiūrą; tuomet slėgis p , Pa, gylyje z , m, nustatomas pagal formulę:

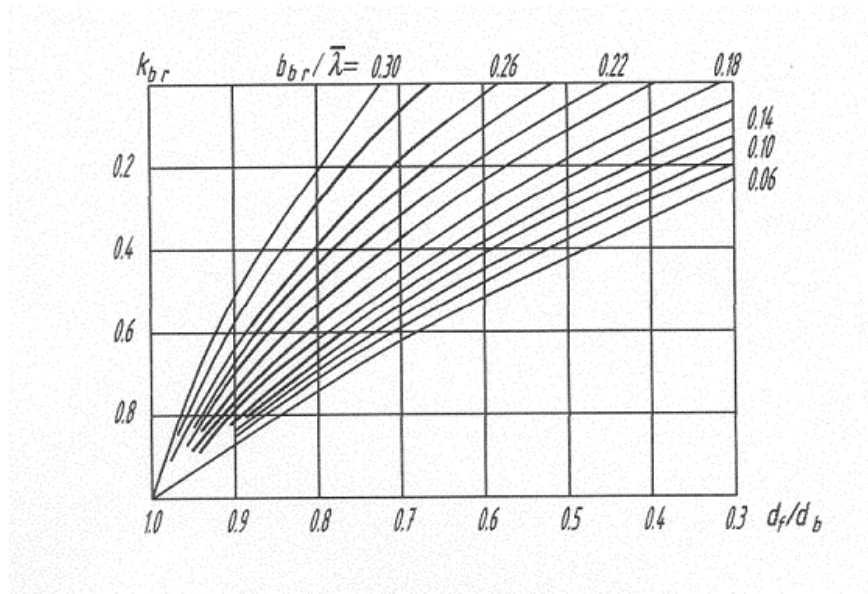
$$p = \rho g h e^{-kz} \cos \omega t - 0,5 \rho g k h^2 e^{-2kz} \cos^2 \omega t - 0,5 \rho g k h^2 (1 - e^{-2kz}) \cos 2\omega t - 0,5 k^2 h^3 \rho g e^{-3kz} \cos 2\omega t \cos \omega t, \quad (7.4)$$

čia: ρ – vandens tankis, t/m³;

g – gravitacinis pagreitis, m/s²;

z – taškų ordinatės ($z_1 = \eta_c$; $z_2 = 0$; ... $z_n = d$), m, atskaitomos nuo skaičiuotinio lygio.

Pastaba. Gūbrio atveju, kai $z_1 = -\eta_c$, o klonio atveju, kai $z_6 = 0$, reikia imti $p = 0$.



7.2 pav. Koeficiento k_{br} reikšmių grafikai

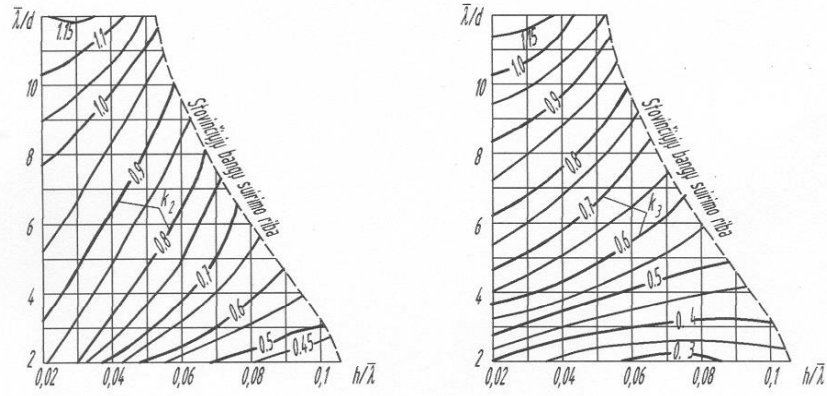
38. Sekliavandenėje zonoje horizontaliąją linijinę apkrovą P_x , N/m, į vertikaliąją sieną stovinčiosios bangos gūbrio ar klonio atveju (žr. 7.1 pav.) reikia nustatyti pagal bangų slėgio epiūrą, o slėgį p , Pa, gylyje z , m, reikia apskaičiuoti pagal 7.1 lentelėje pateiktas formules.

7.1 lentelė

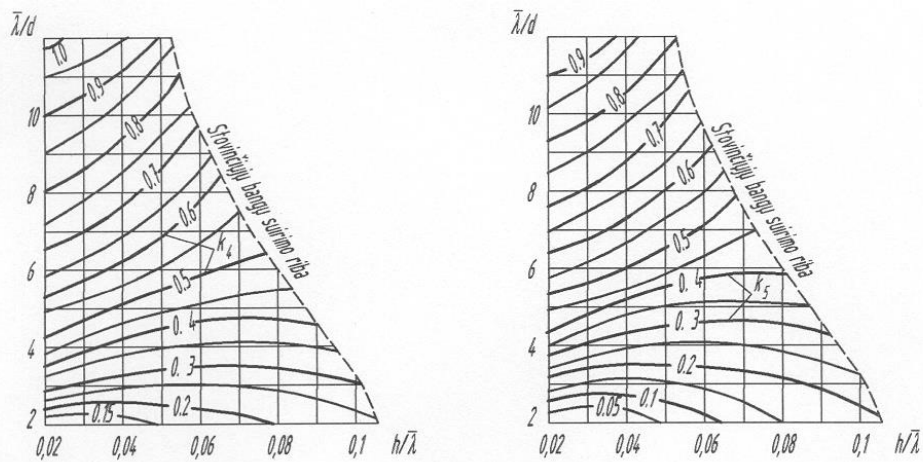
Bangų slėgiai sekliavandenėje zonoje p

Taškų Nr.	Taškų gylis z , m	Bangų slėgiai p , Pa
Kai prie sienos yra bangos ketera		
1	η_c	$p_1 = 0$
2	0	$p_2 = k_2 \rho g h$
3	$0,25 d$	$p_3 = k_3 \rho g h$
4	$0,5 d$	$p_4 = k_4 \rho g h$
5	d	$p_5 = k_5 \rho g \eta_t$
Kai prie sienos yra bangos padas		
6	0	$p_6 = 0$
7	η_t	$p_7 = -\rho g \eta_t$
8	$0,5 d$	$p_8 = -k_8 \rho g h$
9	d	$p_9 = -k_9 \rho g h$

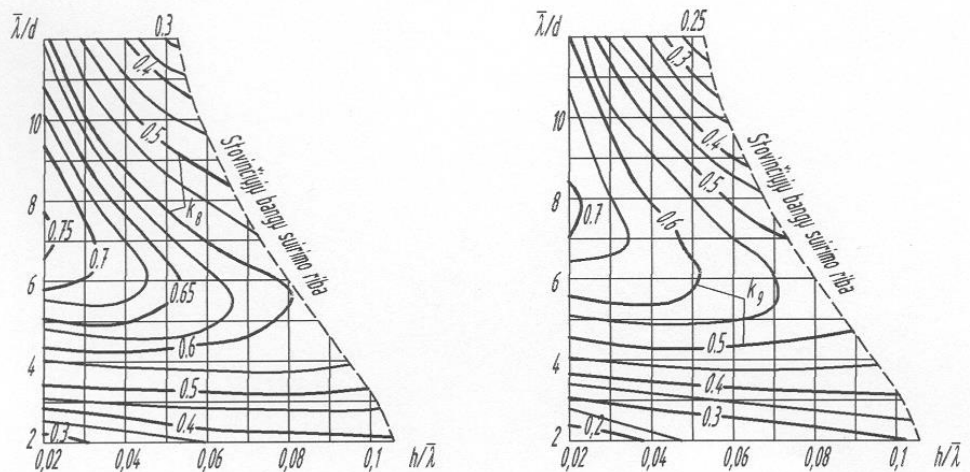
Pastaba. Koeficientai $k_2, k_3, \dots, k_9$ nustatomi pagal 7.3, 7.4 ir 7.5 pav.



7.3 pav. Koeficientų k_2 ir k_3 reikšmių grafikai



7.4 pav. Koeficientų k_4 ir k_5 reikšmių grafikai



7.5 pav. Koeficientų k_8 ir k_9 reikšmių grafikai

II SKIRSNIS. BANGŲ APKROVOS IR POVEIKIAI Į VERTIKALIOJO PROFILIO STATINIUS IR JŲ ELEMENTUS (YPATINGIEJI ATVEJAI)

39. Bangų slėgį p , Pa, į vertikalią sieną, kurios ketera yra iškilusi aukščiau skaičiuotinio vandens lygio dydžiu z_{sup} , m, mažesniu už η_{max} , m, arba yra įgilinta iki $z_{sup} = 0,5h$, m, reikia nustatyti pagal 37 ir 38 p., gautas slėgio reikšmes padauginant iš koeficiento k_c , apskaičiuojamo pagal formulę

$$k_c = 0,76 \pm (0,19z_{sup} / h), (7.5)$$

čia plusas arba minusas atitinka statinio keteros padėtį aukščiau arba žemiau skaičiuotinio vandens lygio.

Pastabos: 1. Laisvojo bangų paviršiaus pakilimas arba pažemėjimas η , nustatytas pagal 35 p., taip pat turi būti padauginamas iš koeficiento k_c .

2. Horizontalioji linijinė bangų apkrova P_{xc} , N/m, šiuo atveju turi būti nustatoma pagal bangų slėgio epiūrą vertikaliuosios sienos aukščio ribose.

40. Artėjant atviros akvatorijos bangos frontui prie statinio kampu α , laipsniais (skaičiuojant statinio pastovumą ir pagrindo gruntų stiprumą), linijinę bangų apkrovą į vertikalią sieną, nustatytą pagal 37 ir 38 p., būtina mažinti dauginant iš koeficiento k_{cs} :

α , laipsniais	45	60	75
k_{cs}	1,0	0,9	0,7

Pastaba. Bangų frontui judant išilgai sienos, t. y. kai α artimi arba lygūs 90 laipsnių, bangų apkrovą į statinio sekciją reikia nustatyti pagal 41 punktą.

41. Atitvertos akvatorijos difraguotų bangų horizontaliąją apkrovą reikia nustatyti esant statinio sekcijos sąlyginiam ilgiui $l / \bar{\lambda} < 0,8$; skaičiuotinę bangų slėgio p , Pa, epiūrą leidžiama braižyti pagal tris taškus, nagrinėjant šiuos atvejus:

41.1. bangos ketera sutampa su statinio sekcijos viduriu (žr. 7.6 pav., a):

$$z_1 = \eta_{max} = -0,5h_{dif} - 0,125kh_{dif}^2 \coth kd, \quad p_1 = 0; (7.6)$$

$$z_2 = 0, \quad p_2 = k_l \rho g (0,5h_{dif} - 0,125kh_{dif}^2 \coth kd); (7.7)$$

$$z_3 = d_f, \quad p_3 = k_l \rho g (0,5(h_{dif} / \cosh_u kd) - 0,25(kh_{dif}^2 / \sinh_u kd)); (7.8)$$

41.2. bangos padas sutampa su statinio sekcijos viduriu (žr. 7.6 pav., b):

$$z_1 = 0, \quad p_1 = 0; (7.9)$$

$$z_2 = \eta_t = 0,5h_{dif} - 0,125kh_{dif}^2 \coth kd, \quad p_2 = -k_l \rho g \eta_t; (7.10)$$

$$z_3 = d_f, \quad p_3 = -k_l \rho g (0,5(h_{dif} / \cosh_u kd) + 0,125(kh_{dif}^2 / \sinh_u kd)); (7.11)$$

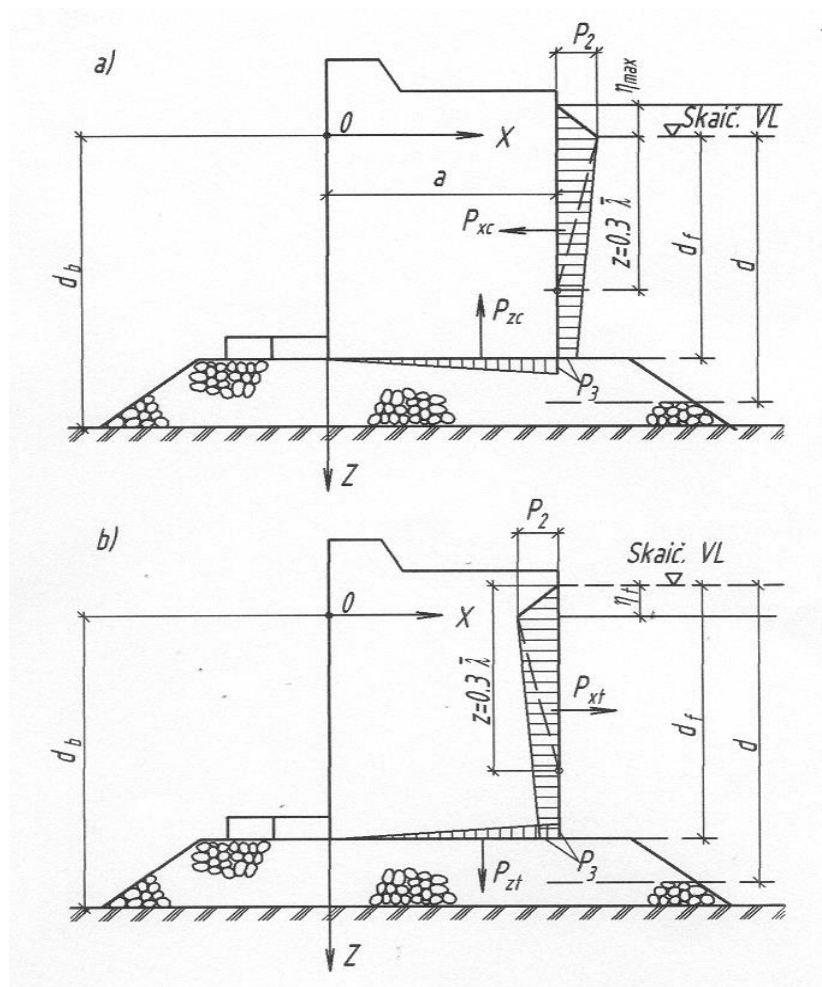
čia: h_{dif} – difraguotos bangos aukštis, m, nustatomas pagal 3 priedą;

k_l – koeficientas, kurio reikšmės tokios:

Sąlyginis sekcijos ilgis $l / \bar{\lambda}$	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8
Koeficientas k_l	0,98	0,92	0,85	0,76	0,64	0,51	0,38	0,23

Pastaba. Esant atitvertos akvatorijos gyliui $d \geq 0,3 \bar{\lambda}$, reikia braižyti trikampę bangų slėgio epiūrą, imant gylyje $z_3 = 0,3 \bar{\lambda}$ bangų slėgį lygų nuliui (žr. 7.6 pav.).

42. Keliamąją bangų slėgį masyvaus mūrinio horizontaliosios siūlės p_z ir po statinio padu p_{zc} , p_{zt} reikia imti lygų atitinkamiems horizontaliojo bangų slėgio dydžiams kraštiniuose taškuose (žr. 7.1 ir 7.6 pav.), statinio pločio ribose keičiant pagal tiesinę priklausomybę.



7.6 pav. Atitvertos akvatorijos difraguotų bangų slėgio į vertikaliają sieną epiūros: a) bangos gūbriui; b) bangos kloniui

43. Didžiausią dugninį greitį $v_{b,max}$, m/s, prieš vertikaliają sieną (nuo stovinčių bangų poveikio) $0,25\lambda$ atstumu nuo priekinės sienos briaunos reikia apskaičiuoti pagal formulę

$$v_{b,max} = 2k_{sl}\pi h / \sqrt{(\pi\lambda / g) \sinh(4\pi d_b / \lambda)}, (7.12)$$

čia: k_{sl} – koeficientas, kurio reikšmės tokios:

Bangos gultumas $\bar{\lambda}/h$	8	10	15	20	30
Koeficientas k_{sl}	0,6	0,7	0,75	0,8	

Pastaba. Leistinių neplaunamųjų dugninių greičių $v_{b,adm}$, m/s reikšmės, reikia imti iš 7.7 pav. pagal grunto dalelių skersmenį d_{10} , mm; esant $v_{b,max} > v_{b,adm}$ būtina numatyti pagrindo apsaugą nuo išplovimo.

44. Bangų priešslėgio į bermų masyvus epiūra turi būti imama trapecijos formos (žr. 7.1 pav., b), su ordinatėmis $p_{br,i}$, Pa, apskaičiuojamomis (esant $i = 1, 2$ ar 3) pagal formulę

$$p_{br,i} = k_{br}\rho gh[\cosh k(d - d_f) / \cosh kd] \cos kx_i < p_f, (7.13)$$

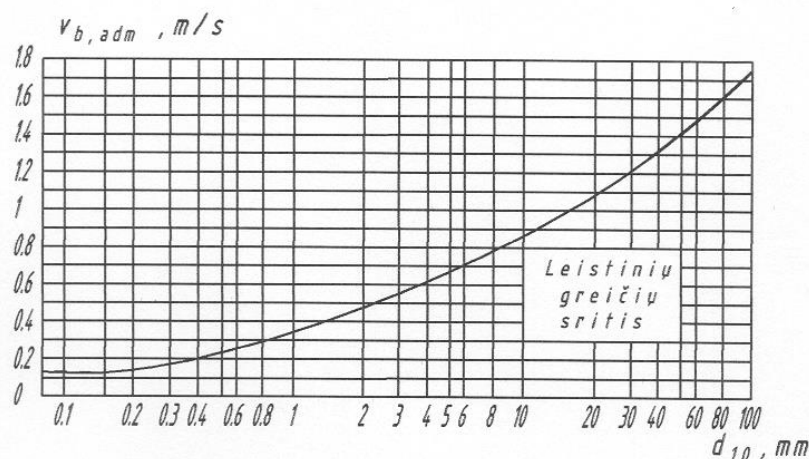
čia: x_i – atstumas nuo sienos iki atitinkamos masyvo briaunos, m;

k_{br} – koeficientas, nustatomas pagal 7.2 lentelę;

p_f – bangų slėgis statinio pado lygyje.

Koeficiento k_{br} reikšmės

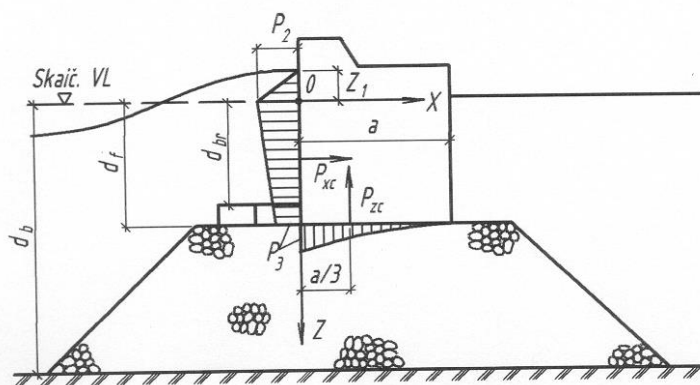
Santykinis gylis $d/\bar{\lambda}$	Koeficientas k_{br} , kai bangų gultumas $\bar{\lambda}/h$ yra	
	≤ 15	≥ 20
Mažiau kaip 0,27	0,86	0,64
Nuo 0,27 iki 0,32	0,60	0,44
Daugiau kaip 0,32	0,30	0,30



7.7 pav. Leistinių neplaunančiųjų dugninių greičių grafikas

III SKIRSNIS. DŪŽTANČIŲJŲ IR MŪŠOS BANGŲ APKROVOS
Į VERTIKALIOJO PROFILIO STATINIUS

45. Statinių skaičiavimas dūžtančiųjų bangų poveikiui iš atviros akvatorijos pusės turi būti atliekamas esant gyliui virš bermos $d_{br} < 1,25h$ ir gyliui iki dugno $d_b \geq 1,5h$ (žr. 7.8 pav.):



7.8 pav. Į vertikalią sieną dūžtančiųjų bangų slėgio epiūros

45.1. horizontaliąją linijinę dūžtančiųjų bangų apkrovą P_{xc} , N/m, reikia nustatyti pagal šoninio bangų slėgio epiūros plotą; slėgiai p , Pa, atitinkantys ordinačių reikšmes z , m, turi būti apskaičiuojami pagal formules:

$$z_1 = -h, \quad p_1 = 0; \quad (7.14)$$

$$z_2 = 0, \quad p_2 = 1,5\rho gh; \quad (7.15)$$

$$z_3 = d_f, \quad p_3 = \sigma gh / \cosh(2\pi d_f / \bar{\lambda}); \quad (7.16)$$

45.2. vertikaliąją linijinę dūžtančiųjų bangų apkrovą P_{zc} , N/m reikia imti lygią bangų priešslėgio epiūros plotui ir nustatyti pagal formulę

$$P_{zc} = 0,5\mu p_3 a, (7.17)$$

čia μ – koeficientas, kurio reikšmės tokios:

$a/(d_b - d_f)$	≤ 3	5	7	9
Koeficientas μ	0,7	0,8	0,9	1,0

45.3. didžiausiąjį vandens greitį $v_{f,max}$, m/s, virš bermos paviršiaus prieš vertikaliąją sieną dūžtančiųjų bangų atveju reikia apskaičiuoti pagal formulę

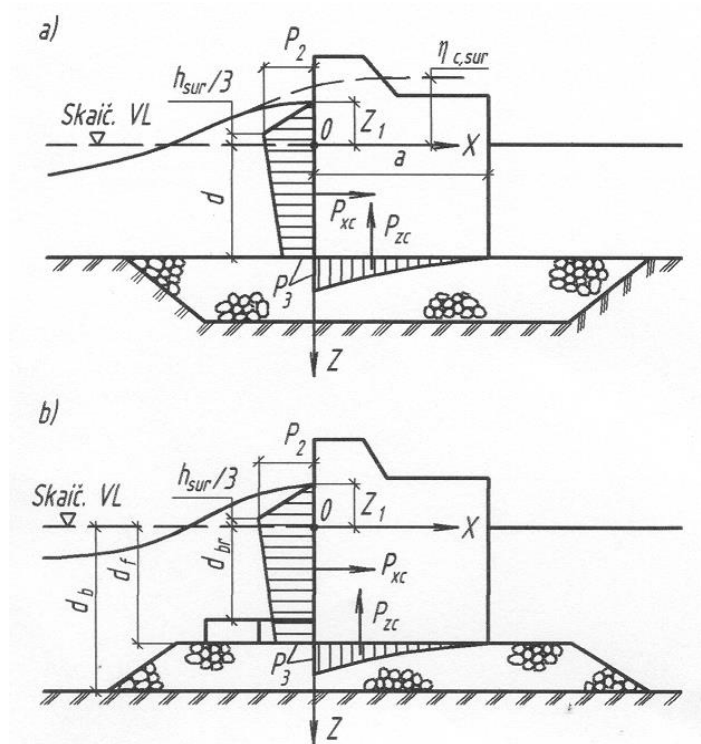
$$v_{f,max} = \sqrt{p_3 / \rho}. (7.18)$$

46. Vertikaliųjų statinių skaičiavimas atviros akvatorijos mūšos bangų poveikiui būtinas tada, kai gylis $d_b \leq d_{cr}$ ir kai tokio gylio zona prieš sieną ne trumpesnė kaip $0,5 \bar{\lambda}$, m, (žr. 7.9 pav.). Tokiu atveju didžiausiąjį mūšos bangos keteros pakilimą $\eta_{c,sur}$, m, aukščiau skaičiuotinio lygio reikia apskaičiuoti pagal formulę

$$\eta_{c,sur} = -0,5d_f - h_{sur}, (7.19)$$

čia: h_{sur} – mūšos bangos aukštis, m;

d_{cr} – kritinis gylis, m.



7.9 pav. Mūšos bangų slėgio į vertikaliąsias sienas epiūros: a) kai paklodo viršus dugno lygyje; b) kai pakloda iškilęs virš dugno

46.1. Horizontaliąją linijinę mūšos bangų apkrovą P_{xc} , N/m, reikia nustatyti pagal šoninio bangų slėgio epiūros plotą; slėgiai p , Pa, atitinkantys ordinačių reikšmes z , m , turi būti apskaičiuojami pagal formules:

$$z_1 = -h_{sur}, \quad p_1 = 0; (7.20)$$

$$z_2 = -0,33h_{sur}, \quad p_2 = 1,5\rho gh_{sur}; (7.21)$$

$$z_3 = d_f, \quad p_3 = \rho gh_{sur} / \cosh(2\pi d_f / \bar{\lambda}_{sur}), (7.22)$$

čia $\bar{\lambda}_{sur}$ – vidutinis mūšos bangos ilgis, m;

46.2. Vertikaliąją linijinę mūšos bangų apkrovą P_{zc} , N/m, reikia nustatyti pagal bangų priešslėgio epiūros plotą (su pradiniu aukščiu p_3 , žr. 7.9 pav.), apskaičiuotą pagal formulę:

$$P_{zc} = 0,35 p_3 a. (7.23)$$

46.3. Didžiausiąją mūšos bangos dugninę greitį $v_{b,max}$, m/s, prieš vertikaliąją sieną iš atviros akvatorijos pusės reikia apskaičiuoti pagal formulę

$$v_{b,max} = \sqrt{p_3 / \rho}. (7.24)$$

47. Dūžtančiųjų ir mūšos bangų apkrovų į vertikaliąją sieną (žr. 7.8 ir 7.9 pav.) nustatymą reikiamai pagrindus leidžiama atlikti dinaminiais metodais, įvertinančiais slėgio impulsus ir inercines jėgas.

VIII SKYRIUS. BANGŲ APKROVOS IR POVEIKIAI ŠLAITINIO PROFILIO STATINIAMS

8. 1 % tikimybės bangų užsiritimo ant šlaito aukštis $h_{run1\%}$, m, kai $h_{1\%}$, m, aukščio bangos atsirita statmenai į šlaitą ir kai gylis prieš statinį $d \geq 2h_{1\%}$, apskaičiuojamas pagal formulę

$$h_{run1\%} = k_{\Delta} k_{sp} k_{run} h_{1\%}, (8.1)$$

čia: k_{Δ} – koeficientas, nurodytas 8.1 lentelėje;

8.1 lentelė

Koeficiento k_{Δ} reikšmės

Šlaito dangos pobūdis	B. g. p.	Žvyras, gargždąs, akmenys, betono / gelžbetonio blokai						
		S a n t y k i n i s š i u r k š t i s $\Delta/h_{1\%}$						
		$\sim 0,001$	$\leq 0,002$	0,005	0,01	0,02	0,05	0,10
k_{Δ} reikšmės	0,90	0,90	0,85	0,78	0,72	0,56	0,45	0,35

Pastaba. B. g. p. – betono, gelžbetonio plokštės; Δ – šiurkštis (medžiagos dalelių vidutinis skersmuo arba betono/gelžbetonio blokų vidutinis matmuo), m.

k_{sp} – koeficientas, apskaičiuojamas pagal formulę

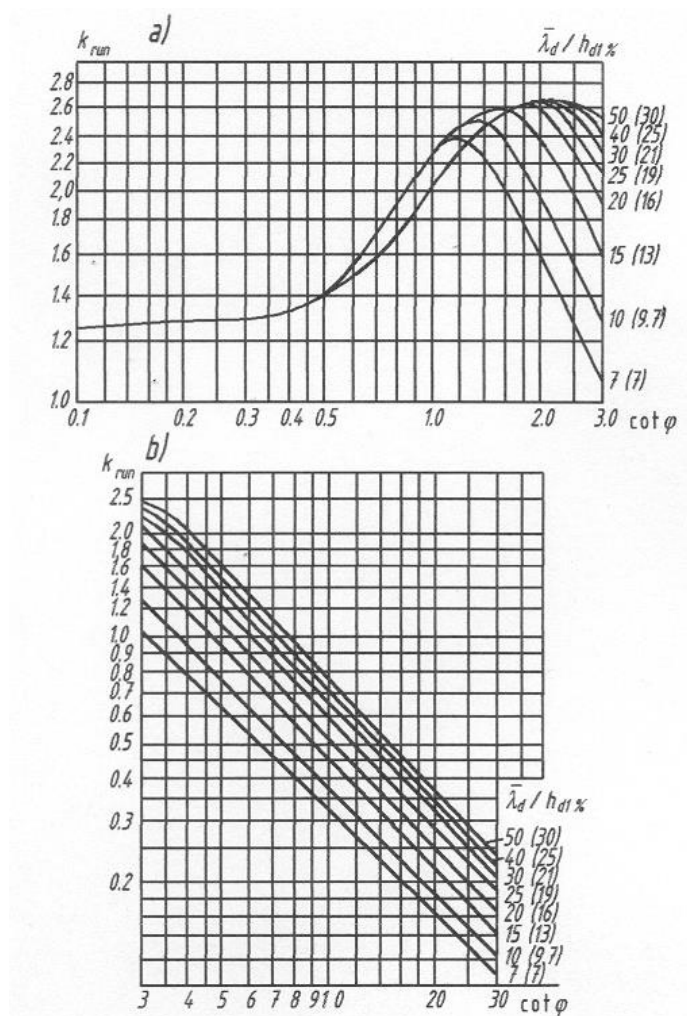
$$k_{sp} = 1,05 + 0,025 \cot \varphi + (0,02 + 0,003 \cot \varphi) \cdot (v_w - 10) \leq 0,80 + 0,04 v_w, (8.1a)$$

čia: v_w – skaičiuotinis vėjo greitis (žr. 2 priedą); kai $v_w < 10$ m/s, reikia imti $v_w = 10$ m/s; kai $v_w > 20$ m/s, reikia imti $v_w = 20$ m/s;

φ – šlaito paviršiaus kampas su horizontale ($\cot \varphi$ – tai šlaito koeficientas m , t. y. $\cot \varphi = m$);

k_{run} – koeficientas, randamas iš 8.1 pav.;

$h_{1\%}$ – bėgančiosios bangos 1 % tikimybės aukštis, m, (žr. 2 priedą).



8.1 pav. Koeficiento k_{run} reikšmių grafikas: a) kai $\cot \varphi = 0,1-3,0$; b) kai $\cot \varphi = 3-30$

Pastaba. Kai gylis prieš statinį $d < 2h_{1\%}$, koeficientas k_{run} parenkamas iš 8.1 pav. pagal bangų gūlstumo $\bar{\lambda}_d / h_{d1\%}$ reikšmę, nurodytą skliausteliuose, apskaičiuotą gyliui $d = 2h_{1\%}$.

49. i % tikimybės bangų užsiritimo ant šlaito aukštis

$$h_{runi\%} = k_i h_{run1\%}, \quad (8.2)$$

čia k_i – koeficientas, kurio reikšmės tokios:

Bangos užsiritimo aukščio tikimybė i , %	0,1	1	2	5	10	30	50
Koeficientas k_i	1,1	1,0	0,96	0,91	0,86	0,76	0,68

50. Iš atviros akvatorijos bangos frontui artinantis prie statinio kampų α , laipsniais, bangos užsiritimo ant šlaito aukštis

$$h_{run,\alpha} = k_\alpha \cdot h_{run}, \quad (8.2a)$$

čia k_α – koeficientas, kurio reikšmės tokios:

Kampas α , laipsniais	0	10	20	30	40	50	60
Koeficientas k_α	1,00	0,98	0,96	0,92	0,87	0,82	0,76

51. Apskaičiuojant bangų užsiritimo aukštį ant smėlio ar žvyro ir žvirgždo paplūdimių, reikia įvertinti kranto nuolydžio pokyčius audros metu. Reikia atsižvelgti į tai, kad:

51.1. naujoji vandens riba pasislenka į paplūdimį iki didžiausiojo bangos užsiritimo aukščio ribos;

51.2. ties buvusiaja vandens riba susidaro gylis $d = 0,3h$;

51.3. jūros dugnas priekrantėje pažemėja iki gylio $d = d_{cr}$, m, kai gruntas neatsparus išplovimui, ir iki gylio $d = d_{cr,u}$, m, kai gruntas atsparus išplovimui (čia: h – bangos aukštis, m; d_{cr} ir $d_{cr,u}$ – vandens gylis pirmojo ir paskutinio bangos gožimo vietoje, m).

52. Bangų slėgio į šlaitą, sutvirtintą monolitinėmis ar surenkamosiomis betono ar gelžbetonio plokštėmis, epiūra, kai $1,5 \leq \cot \varphi \leq 5$, turi būti sudaroma pagal 8.2 pav.; didžiausysis skaičiuotinis bangų slėgis p_d , kPa, turi būti apskaičiuojamas pagal formulę

$$p_d = k_s k_f p_{rel} \rho g h, (8.3)$$

čia: k_s – koeficientas, apskaičiuojamas pagal formulę

$$k_s \approx 0,85 + 4,8(h/\bar{\lambda}) + \cot \varphi [0,028 - 1,15(h/\bar{\lambda})]; (8.4)$$

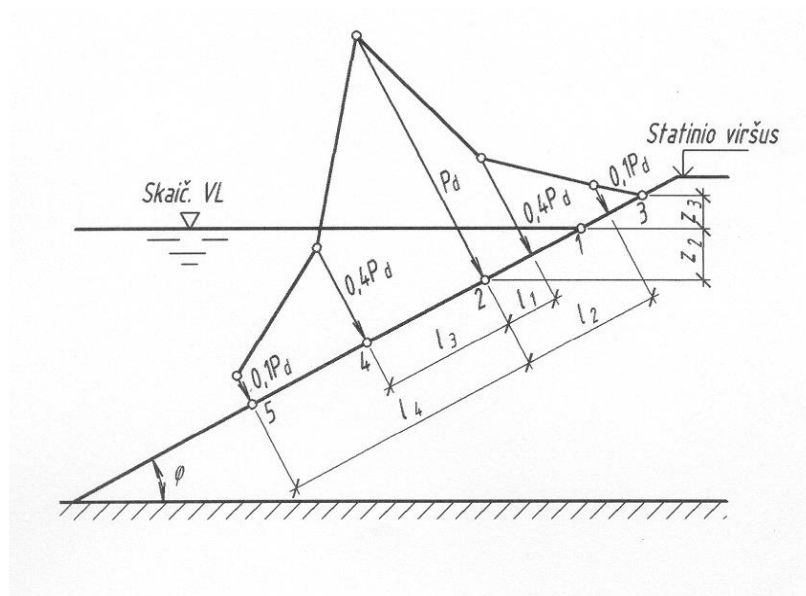
k_f – koeficientas, kurio reikšmės tokios:

Bangos gulstumas $\bar{\lambda}/h$	10	15	20	25	35
Koeficientas k_f	1,00	1,15	1,30	1,35	1,48

p_{rel} – didžiausysis santykinis bangos slėgis į šlaitą 2 taške (žr. 8.2 pav.), kurio reikšmės tokios:

Bangos aukštis h , m	0,5	1	1,5	2,0	2,5	3,0	3,5	≥ 4
Didžiausysis santykinis bangos slėgis p_{rel}	3,7	2,8	2,3	2,1	1,9	1,8	1,75	1,7

53. 2 taško (žr. 8.2 pav.), kuriame veikia didžiausysis skaičiuotinis bangų slėgis p_d , ordinatė z_2 turi būti apskaičiuojama pagal formulę



8.2 pav. Didžiausiojo skaičiuotinio bangų slėgio į šlaitą, sutvirtintą plokštėmis, epiūra

$$z_2 = A + (1/\cot^2 \varphi) (1 - \sqrt{2 \cot^2 \varphi + 1}) (A + B), (8.5)$$

čia: A ir B dydžiai, m, apskaičiuojami pagal formules:

$$A = h(0,47 + 0,023(\bar{\lambda}/h))(1 + \cot^2 \varphi)/\cot^2 \varphi; (8.6)$$

$$B = h[0,95 - (0,84 \cot \varphi - 0,25)(h/\bar{\lambda})]. (8.7)$$

54. Ordinatė z_3 , m, atitinkanti bangos užsiritimo ant šlaito aukštį, turi būti apskaičiuojama pagal 48–51 p. nurodymus.

55. Šlaito paviršiaus dalyse, esančiose aukščiau ir žemiau 2 taško (žr. 8.2 pav.), bangos slėgio p , kPa, ordinačių dydžiai imami tokie:

$$p = 0,4 p_d - \text{atstumu nuo 2 taško } l_1 = 0,0125L_\varphi \text{ ir } l_3 = 0,0265L_\varphi;$$

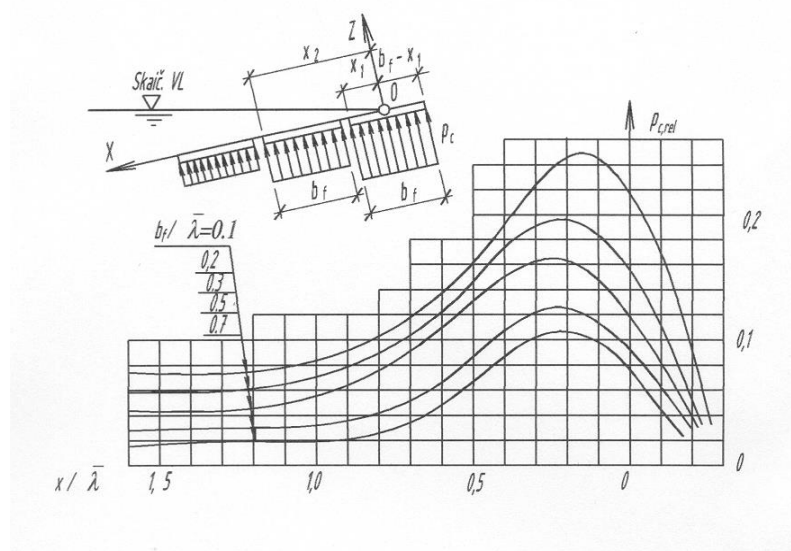
$$p = 0,1 p_d - \text{atstumu nuo 2 taško } l_2 = 0,0325L_\varphi \text{ ir } l_4 = 0,0675L_\varphi;$$

čia
$$L_\varphi = \bar{\lambda} \cot \varphi / \sqrt[4]{\cot^2 \varphi - 1}, \text{ m. (8.8)}$$

56. Bangų priešslėgio p_c , kPa, į šlaitų tvirtinimo plokštės epiūros ordinačės turi būti apskaičiuojamos pagal formulę:

$$p_c = k_s k_f p_{c,rel} \rho g h, \text{ (8.9)}$$

čia $p_{c,rel}$ – santykinis bangų priešslėgio dydis, nustatomas pagal grafiką (žr. 8.3 pav.).



8.3 pav. Bangų santykinio priešslėgio grafikas

57. Bangų apkrovas, veikiančias CC4 ir CC3 pasekmių klasių statinių šlaitus, sutvirtintus plokštelėmis, esant 1 % tikimybės bangų aukščiui, didesniai kaip 1,5 m, reikiamai pagrindus, leidžiama apskaičiuoti metodais, įvertinančiais vėjo sukeltų bangų nereguliarumą.

58. Kai šlaitai yra kintamo nuolydžio ir (ar) su bermomis, bangų apkrovos, veikiančios šių šlaitų tvirtinimą, turi būti nustatomos laboratoriniais tyrimais.

59. Projektuojant šlaitinio profilio statinius ir šlaitų tvirtinimus netaisyklingos formos akmenimis, paprastais bei fasoniniais betoniniais ar gelžbetoniniais blokais, atskiros tvirtinimo elemento masę m ar m_z , kg, atitinkančią elemento ribinį pusiausvyros būvį veikiant vėjo sukeltoms bangoms, reikia apskaičiuoti taip:

59.1. kai akmuo ar blokas yra šlaito dalyje, esančioje tarp statinio keteros ir vandens gylio, $z = 0,74 h$ – pagal formulę

$$m = \{3,16 k_{fr} \rho_m h^3 / [(\rho_m / \rho) - 1]^3\} (\bar{\lambda} / h)^{0,5}; \text{ (8.10)}$$

59.2. kai vandens gylis $z > 0,74 h$ – pagal formulę

$$m_z = m e^{-[7,5 z^2 / (h \bar{\lambda})]}, \text{ (8.11)}$$

čia k_{fr} – koeficientas, randamas 8.2 lentelėje.

8.2 lentelė

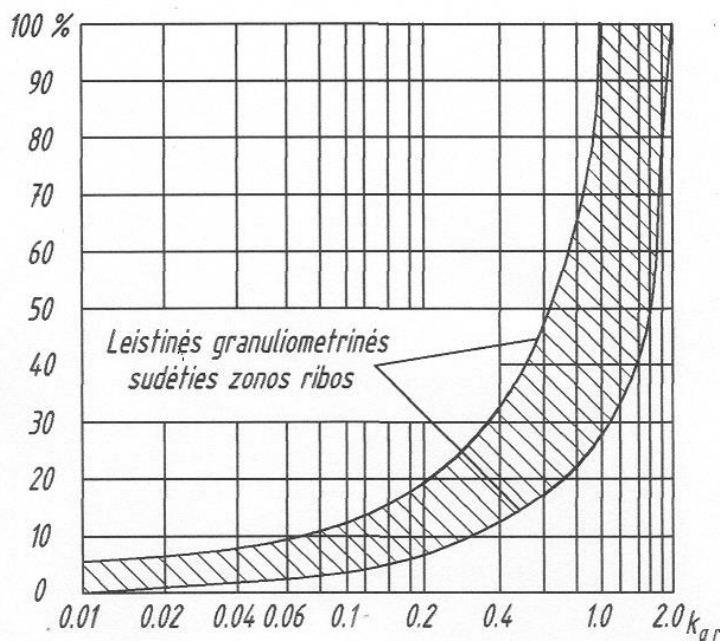
Koeficiento k_{fr} reikšmės

Tvirtinimo elementai	k_{fr} reikšmės tvirtinant	
	sumetant	suklojant
Akmenys	0,025	–

Paprasti betoniniai blokai	0,021	–
Tetrapodai	0,008	0,0058
Dipodai	0,0057	0,0049
Tribarai	0,0057	0,0034
Heksalegai, heksabitai	0,0043	0,0034
Pentapodai	0,0042	0,0034

Pastaba. Kai $\bar{\lambda}/h > 15$ ir yra berma, k_{gr} dydį leidžiama patikslinti pagal bandymų duomenis.

60. Projektuojant statinių šlaitų tvirtinimą nerūšiuotų akmenų metiniu, būtina, kad metinio granulimetrinės sudėties koeficiento k_{gr} reikšmė patektų į 8.4 pav. nurodytą užbrūkšniuotą zoną.



8.4 pav. Nerūšiuotų akmenų, skirtų šlaitams tvirtinti, granulimetrinės sudėties grafikas
Koeficiento k_{gr} dydis apskaičiuojamas pagal formulę

$$k_{gr} = (m_i / m)^{0,333} = D_{ba,i} / D_{ba}, \quad (8.12)$$

čia: m – akmens masė, kg, apskaičiuojama pagal 59 p. nurodymus;

m_i – akmens masė, kg, didesnė ar mažesnė už skaičiuojamąją;

$D_{ba,i}$ ir D_{ba} – akmenų frakcijų skersmenys, atitinkantys m_i ir m masės rutulius:

$$D_{ba,i} = 1,24(m_i / \rho_b)^{0,333}; \quad (8.12a)$$

$$D_{ba} = 1,24(m / \rho_b)^{0,333}, \quad (8.12b)$$

čia ρ_b – akmens tankis, kg/m^3 .

Pastabos: 1. 8.4 pav. nurodytos granulimetrinės sudėties akmenimis galima tvirtinti $3 \leq \cot \varphi \leq 5$ gulstumo šlaitus, kai juos veikiančių bangų skaičiuotinis aukštis ≤ 3 m.

2. Tvirtinant lėkštus šlaitus (su $\cot \varphi > 5$) nerūšiuotų įvairaus dydžio akmenų metiniu, skaičiuotinę akmens masę m , t, atitinkančią jo ribinę pusiausvyros būseną, kai veikia vėjinės bangos su $\bar{\lambda}/h \geq 10$, būtina apskaičiuoti pagal (8.10) formulę, dauginant iš koeficiento k_φ , kurio reikšmės tokios:

$\cot \varphi$	6	8	10	12	15
k_φ	0,78	0,52	0,43	0,25	0,20

D_{ba} dydžio (žr. (8.12) formulę) akmenų frakcijos mažiausi % pagal svorį nerūšiuotame įvairaus dydžio akmenų metinyje turi būti tokie:

Rūšiutumo koeficientas D_{60} / D_{10}	5	10	20	40–100
Mažiausi D_{ba} dydžio akmenų frakcijos %	50	30	25	20

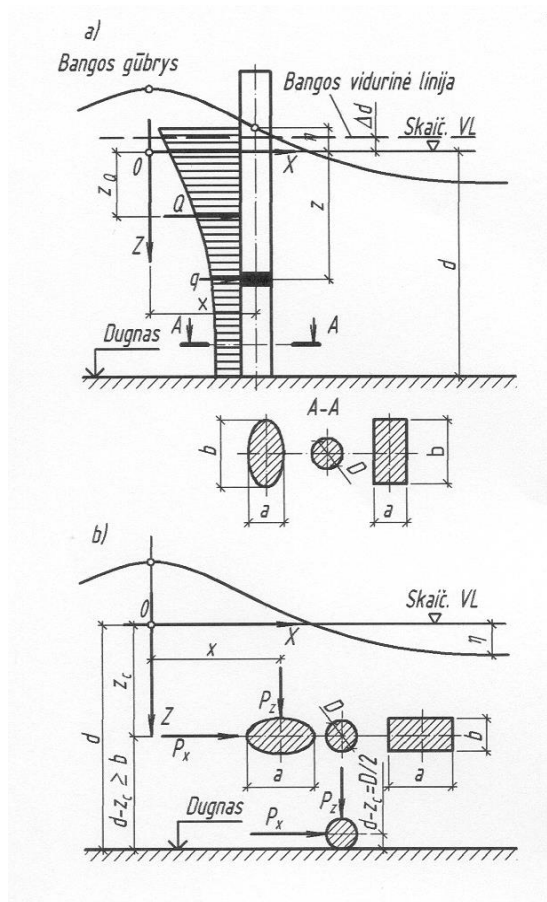
IX SKYRIUS. BANGŲ APKROVOS Į APTAKIAS KLIŪTIS IR KIAURINIUS STATINIUS

I SKIRSNIS. BANGŲ APKROVOS Į VERTIKALIAJĄ APTAKIĄ KLIŪTĮ

61. Bangų poveikio didžiausiąją jėgą $Q_{\max}$, N, veikiančią skersinių matmenų $a \leq 0,4\lambda$ ir $b \leq 0,4\lambda$ vertikalią aptakią kliūtį, esant $d > d_{cr}$ (žr. 9.1 pav., a), reikia nustatyti iš keleto reikšmių, apskaičiuotų esant įvairiems atstumams x , m, nuo bangos keteros, išreikštiems santykiu $\kappa = x/\lambda$, pagal formulę

$$Q_{\max} = Q_{i,\max} \delta_i + Q_{v,\max} \delta_v, \quad (9.1)$$

čia $Q_{i,\max}$ ir $Q_{v,\max}$ – atitinkamai bangų poveikio jėgos inercijos ir greičio dedamosios, N, apskaičiuojamos pagal formules:



9.1 pav. Bangų apkrovų, veikiančių vertikaliąsias (a) ir horizontaliąsias (b) aptakas kliūtis, apskaičiavimo schemas

$$Q_{i,\max} = 0,25 \rho g \pi b^2 h k_v \alpha_i \beta_i; \quad (9.2)$$

$$Q_{v,\max} = 0,083 \rho g b h^2 k_v^2 \alpha_v \beta_v, \quad (9.3)$$

čia: δ_i ir δ_v – bangų poveikio didžiausiosios jėgos inercijos ir greičio dedamųjų derinio koeficientai, atitinkamai nustatomi iš 9.2 pav.;

h, λ – skaičiuotinis bangos aukštis ir ilgis, nustatomi pagal 3 priedo I–III skirsnių nurodymus;

a – kliūtis matmuo bangos spindulio kryptimi, m;

b – kliūtis matmuo bangos spindulio normalės atžvilgiu, m;

k_v – koeficientas, kurio reikšmės tokios:

Santykinis užtvartos matmuo $a/\lambda, b/\lambda, D/\lambda$	0,05	0,10	0,15	0,20	0,25	0,30	0,40
Koeficientas k_v	1	0,97	0,93	0,86	0,79	0,70	0,52

α_i ir α_v – gylis inercijos ir greičio koeficientai, atitinkamai nustatomi iš 9.3 pav.

β_i ir β_v – užtvartos formos inercijos ir greičio koeficientai; skritulio, elipsės ir stačiakampio pavidalo skerspjūviui nustatomi iš 9.4 pav.

Pastabos: 1. Bangų apkrovų į atskirai stovinčias aptakas kliūtis arba kiaurinius statinius skaičiavimai atliekami atsižvelgiant į jų paviršių šiurkštumą. Turint korozijos ir jūrinių apaugų įtakos mažinimo bandymų duomenis, formos koeficientus reikia apskaičiuoti pagal formules:

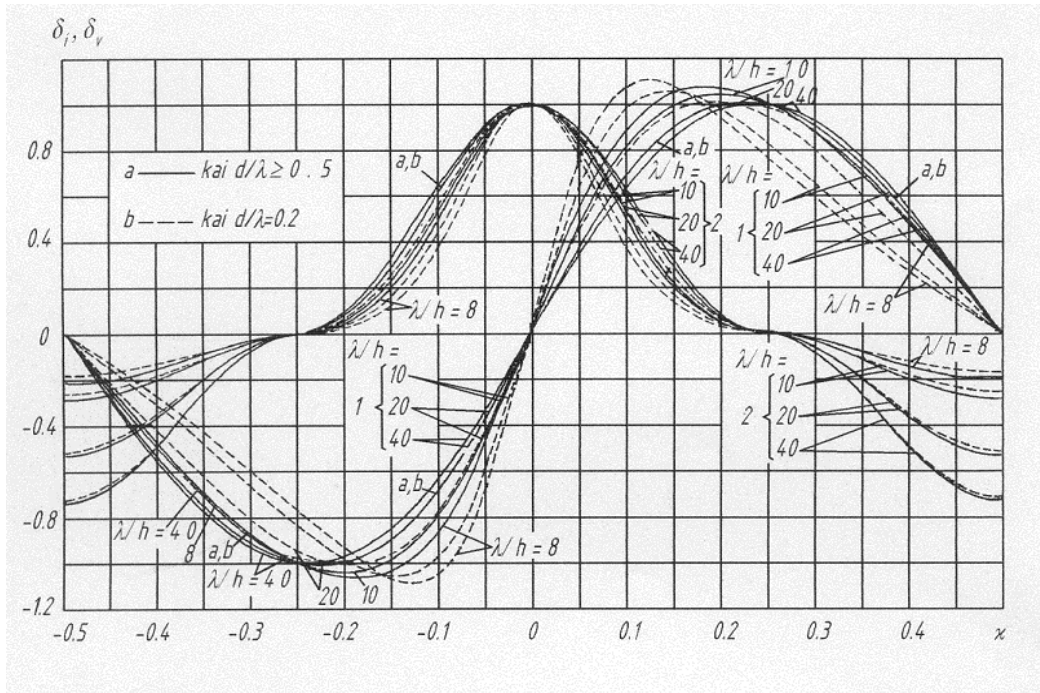
$$\beta_i = 0,5C_i(a/b), (9.4)$$

$$\beta_v = C_v, (9.5)$$

čia C_i ir C_v – bandymais patikslintos inercijos ir greičio pasipriešinimo koeficientų reikšmės.

2. Bangoms artėjant į aptaką elipsės arba stačiakampio pavidalo kliūtį kampu, formos koeficientus leidžiama nustatyti interpoliuojant tarp jų reikšmių pagrindinių ašių atžvilgiu.

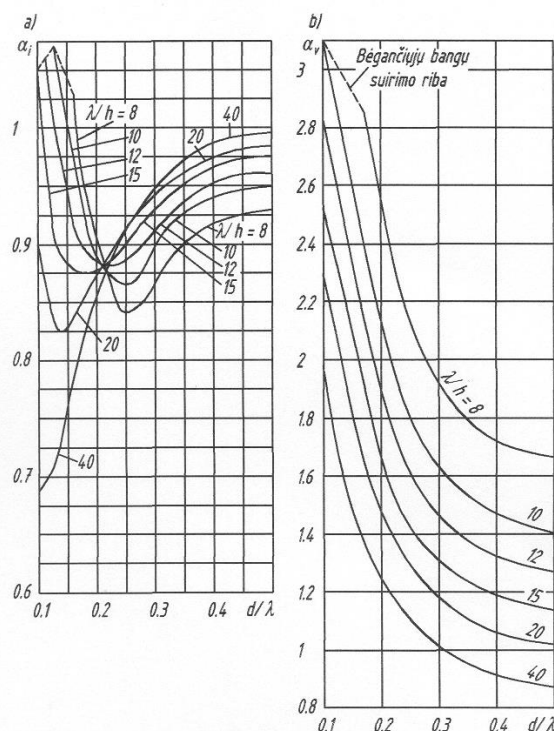
3. Bangų poveikio didžiausiąją jėgą $Q_{\max}$, N, veikiančią vertikaliąją aptaką kliūtį esant reikšmei $(Q_{i,\max}/Q_{v,\max}) \geq 2$, leidžiama imti $Q_{\max} = Q_{i,\max}$, o esant $(Q_{i,\max}/Q_{v,\max}) \leq 0,2$, imti $Q_{\max} = Q_{v,\max}$.



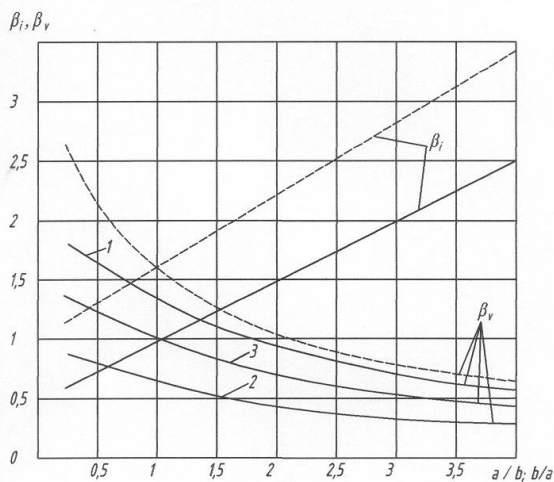
9.2 pav. Bangų poveikio jėgos inercijos δ_i (1) ir greičio δ_v (2) dedamųjų derinio koeficientai

62. Bangų linijinė apkrova q , N/m, į vertikalią aptakia kliūtį gylyje z , m, esant didžiausiai bangų poveikio jėgai $Q_{\max}$ (žr. 9.1 pav., a) apskaičiuojama pagal formulę

$$q = q_{i,\max} \delta_{xi} + q_{v,\max} \delta_{x,v}, \quad (9.6)$$



9.3 pav. Gylio inercijos α_i (a) ir greičio α_v (b) koeficientai



9.4 pav. Kliūties formos inercijos β_i ir greičio β_v koeficientai (elipsinių kliūčių – ištisinės linijos, prizminių – brūkšninės), atsižvelgiant į a/b (Q , q ir P_x reikšmėms) arba b/a (P_z reikšmei); 1– šurkščiajai elipsinei kliūčiai; 2 – lygiajai; 3 – vertikaliajai šurkščiajai kliūčiai povandeninėje ir lygiajai viršvandeninėje dalyse

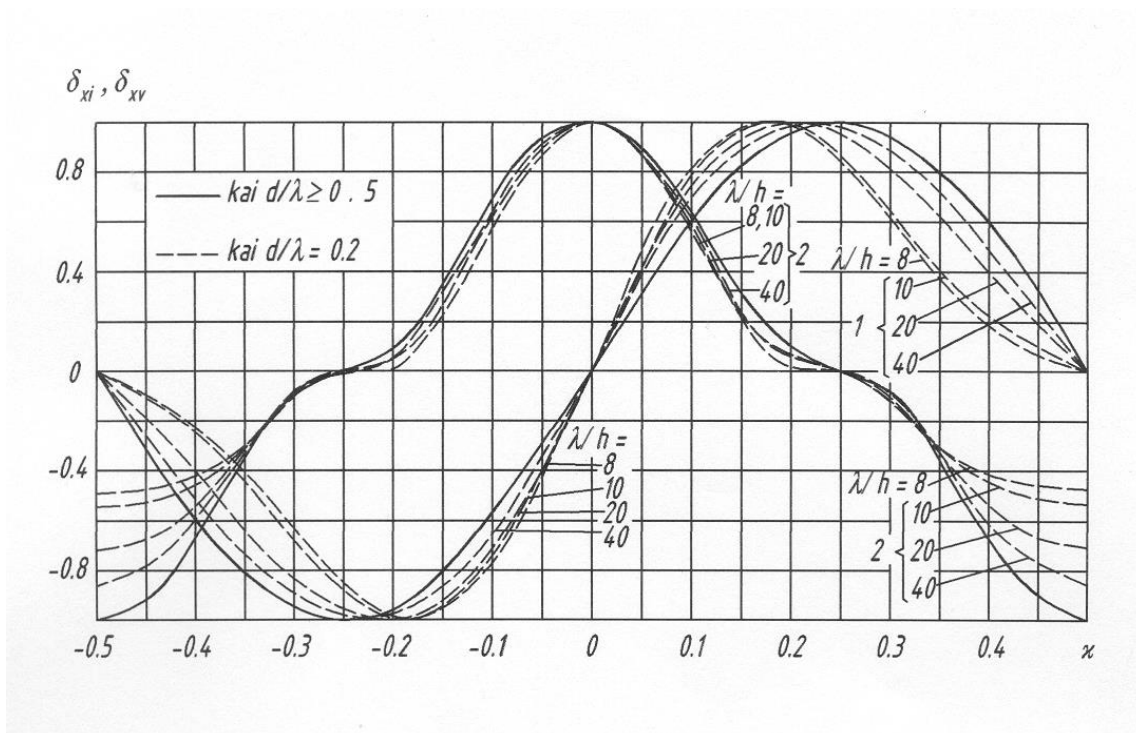
čia: $q_{i,\max}$ ir $q_{v,\max}$ – didžiausiosios bangų linijinės apkrovos, N/m, inercijos ir greičio dedamosios, apskaičiuojamos pagal formules:

$$q_{i,\max} = 0,5 \rho g \pi^2 b^2 (h/\lambda) k_v \theta_{xi} \beta_i; \quad (9.7)$$

$$q_{v,\max} = 0,67 \rho g \pi b (h^2 / \lambda) k_v^2 \theta_{xv} \beta_v; (9.8)$$

δ_{xi} ir δ_{xv} – bangų linijinės apkrovos inercijos ir greičio komponentų derinio koeficientai, atitinkamai nustatomi iš 9.5 pav., esant κ reikšmei pagal 61 p.;

θ_{xi} ir θ_{xv} – bangų linijinės apkrovos koeficientai, nustatomi iš 9.6 pav. (a ir b) pagal santykinio gylio reikšmės $z_{rel} = (d - z) / d$.



9.5 pav. Bangų horizontaliosios linijinės apkrovos inercijos δ_{xi} (1) ir greičio δ_{xv} (2) komponentų derinio koeficientai

63. Banguojančio paviršiaus iškilimą η , m, aukščiau skaičiuotinio vandens lygio reikia apskaičiuoti pagal formulę

$$\eta = \eta_{rel} h, (9.9)$$

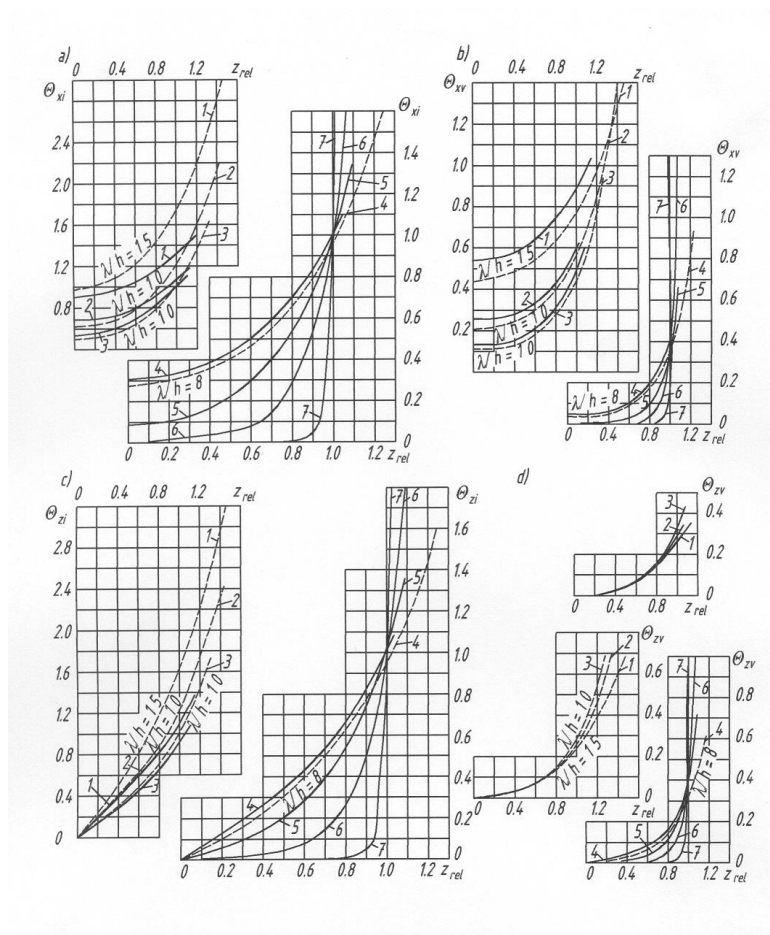
čia η_{rel} – banguojančio paviršiaus santykinis iškilimas, nustatomas pagal 9.7 pav.

Bangos vidurinės linijos iškilimą aukščiau skaičiuotinio vandens lygio Δd , m, reikia apskaičiuoti pagal formulę

$$\Delta d = (\eta_{c,rel} + 0,5) h, (9.10)$$

čia $\eta_{c,rel}$ – santykinis bangos keteros iškilimas, nustatomas pagal 9.7 pav., kai $\kappa = 0$.

64. Bangų apkrovas Q ir q , veikiančias vertikaliąją aptakią kliūtį, esant bet kuriai jos padėčiai x , m, bangos keteros atžvilgiu, reikia apskaičiuoti atitinkamai pagal (9.1) ir (9.6) formules; taip pat koeficientai δ_i ir δ_v turi būti nustatomi iš 9.2 pav., o δ_{xi} ir δ_{xv} – iš 9.5 pav. pagal konkrečią reikšmę $\kappa = x / \lambda$.



9.6 pav. Bangų linijinės apkrovos koeficientai $\theta_{xi}, \theta_{xv}, \theta_{zi}, \theta_{zv}$, esant d/λ :

1) 0,1; 2) 0,15; 3) 0,2; 4) 0,3; 5) 0,5; 6) 1; 7) 5 ir $\lambda/h = 40$ – išsitiesinės linijos, $\lambda/h = 8-15$ – brūkšninės linijos

65. Vertikalusis atstumas $z_{Q,\max}$, m, nuo skaičiuotinio vandens lygio iki vertikaliają aptakią kliūtį veikiančios didžiausiosios bangų slėgio jėgos $Q_{\max}$ pridėties taško apskaičiuojamas pagal formulę

$$z_{Q,\max} = (Q_{i,\max} \delta_i z_{Q,i} + Q_{v,\max} \delta_v z_{Q,v}) / Q_{\max}, (9.11)$$

čia: δ_i ir δ_v – koeficientai, nustatomi pagal 9.2 pav., kai κ reikšmė atitinka $Q_{\max}$;

$z_{Q,i}$ ir $z_{Q,v}$ – atitinkamai jėgų inercijos ir greičio komponentų pridėties taškų ordinatės, m, apskaičiuojamos pagal formules:

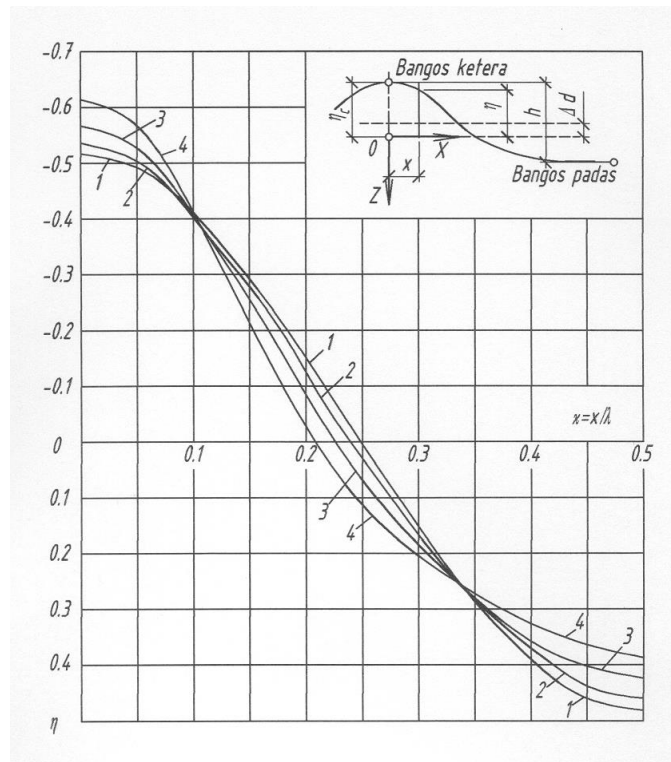
$$z_{Q,i} = \mu_i \zeta_{i,rel} \lambda; (9.12)$$

$$z_{Q,v} = \mu_v \zeta_{v,rel} \lambda, (9.13)$$

čia: $\zeta_{i,rel}$ ir $\zeta_{v,rel}$ – jėgų inercijos ir greičio komponentų pridėties taškų santykinės ordinatės, nustatomos pagal 9.8 pav.;

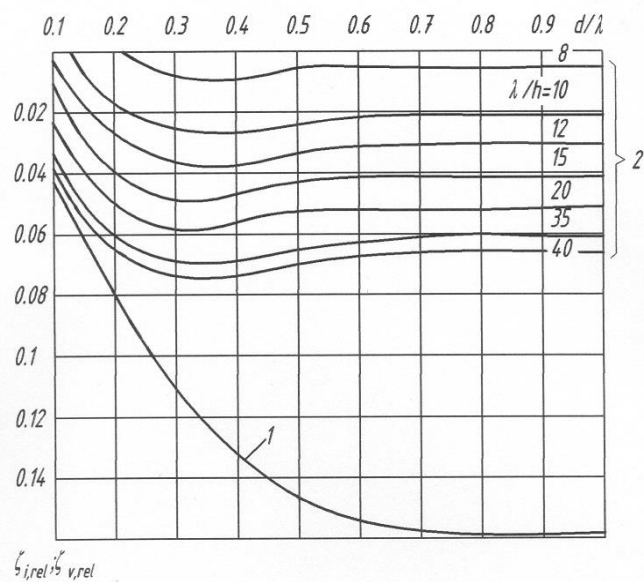
μ_i ir μ_v – fazės inercijos ir greičio koeficientai, nustatomi pagal 9.9 pav.

Vertikalųjį atstumą z_Q nuo skaičiuotinio vandens lygio iki jėgos Q pridėties taško, esant bet kuriam nuotoliui x nuo bangos keteros iki kliūties, reikia apskaičiuoti pagal (9.11) formulę, kurios koeficientai δ_i ir δ_v turi būti nustatomi pagal 9.2 pav., esant konkrečiai reikšmei $\kappa = x/\lambda$.

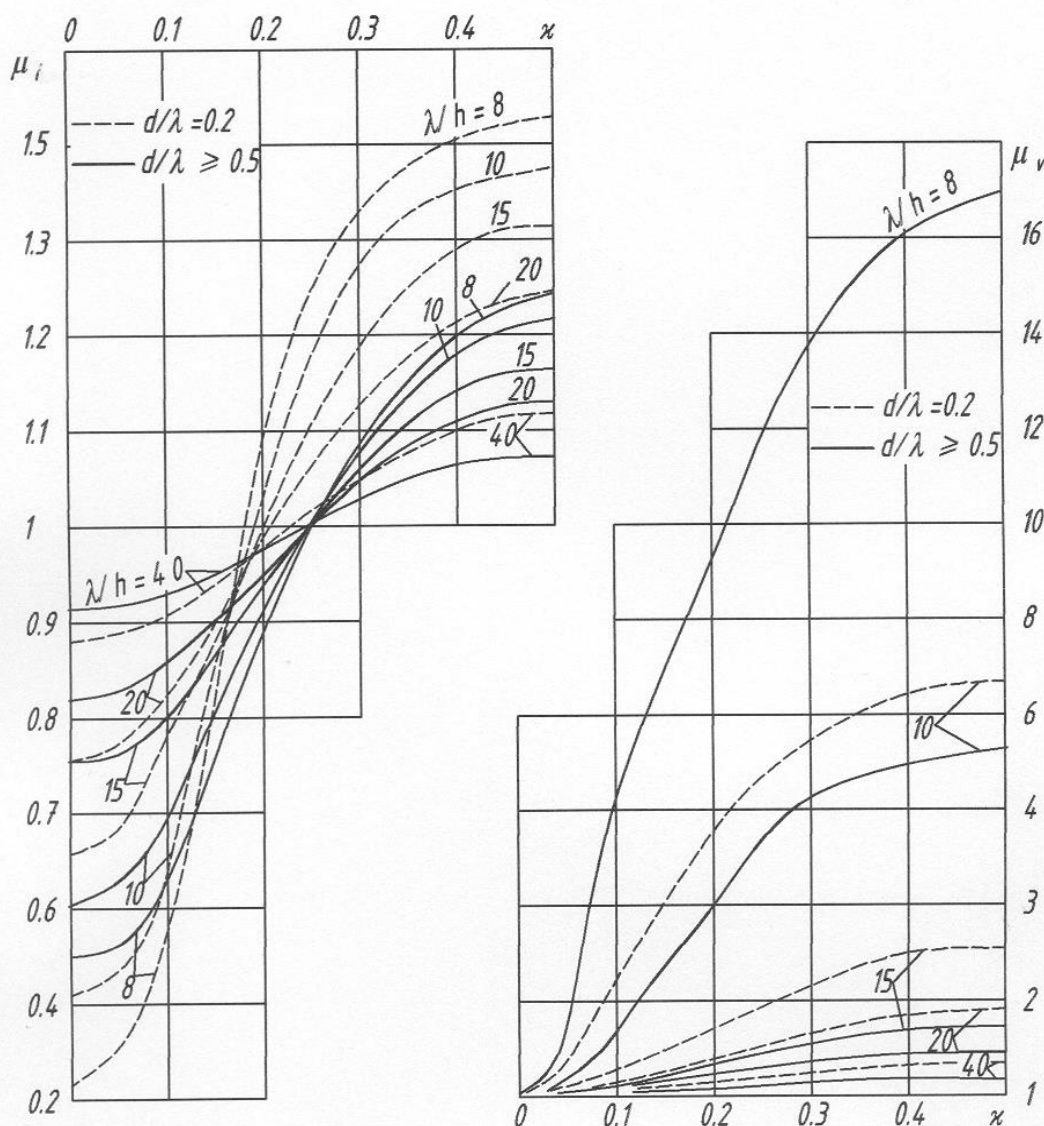


9.7 pav. Koeficiento η_{rel} reikšmės: 1 – esant $d/\lambda = 0,5$ ir $\lambda/h = 40$;

2 – esant $d/\lambda = 0,5$ ir $\lambda/h = 20$, taip pat esant $d/\lambda = 0,2$ ir $\lambda/h = 40$; 3 – esant $d/\lambda = 0,5$ ir $\lambda/h = 10$, taip pat esant $d/\lambda = 0,2$ ir $\lambda/h = 20$; 4 – esant $d/\lambda = 0,2$ ir $\lambda/h = 10$



9.8 pav. Santykinių ordinačių reikšmės: 1 – $\zeta_{i,rel}$ reikšmė; 2 – $\zeta_{v,rel}$ reikšmė



9.9 pav. Fazės inercijos μ_i ir greičio μ_v koeficientai

II SKIRSNIS. BANGŲ APKROVOS Į HORIZONTALIAJĄ APTAKIĄ KLIŪTĮ

66. Bangų linijinės apkrovos atstojamosios didžiausioji reikšmė $P_{\max}$, N/m, veikianti aptakią skersinių matmenų $a \leq 0,1\lambda$, m, ir $b \leq 0,1\lambda$, m, horizontaliąją kliūtį (žr. 9.1 pav., b), esant $z_c \geq b$, bet $(2z_c - b) > h$, ir esant $(d - z_c) \geq b$, apskaičiuojama pagal formulę

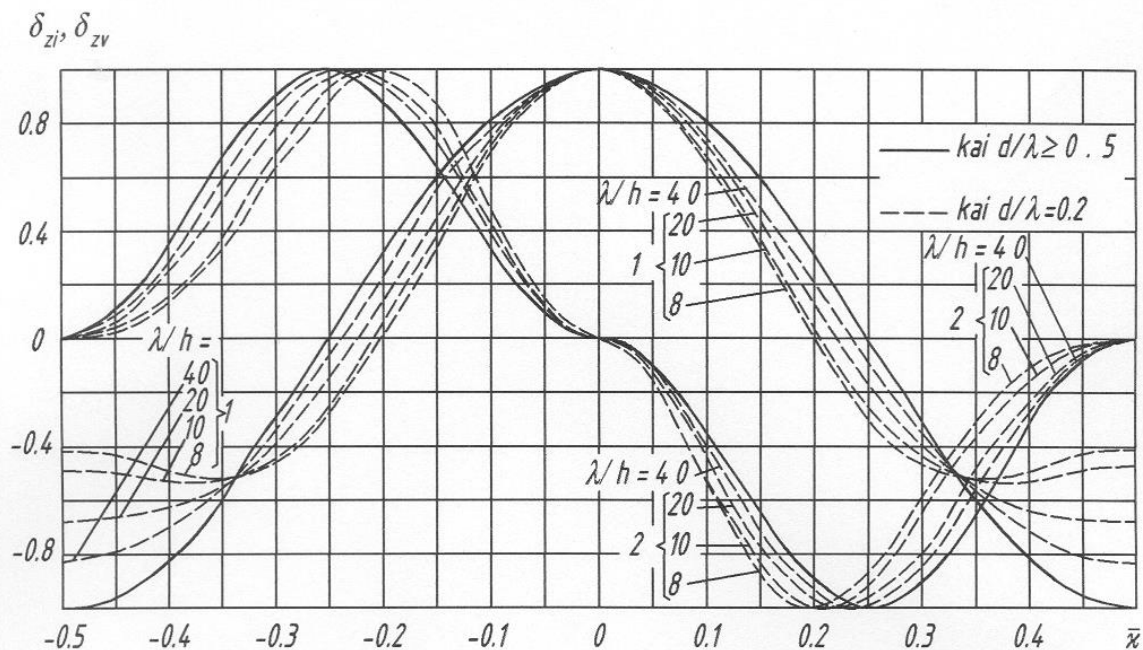
$$P_{\max} = \sqrt{P_x^2 + P_z^2}, \quad (9.14)$$

dviem atvejams:

66.1. su linijinės apkrovos didžiausiąja horizontaliąja dedamąja $P_{x,\max}$, N/m, esant atitinkamai linijinės apkrovos vertikaliosios dedamosios reikšmei P_z , N/m;

66.2. su linijinės apkrovos didžiausiąja vertikaląja dedamąja $P_{z,\max}$, N/m, esant atitinkamai linijinės apkrovos horizontalios dedamosios reikšmei P_x , N/m.

Atstumai x , m, nuo kliūties centro iki bangos keteros veikiant didžiausiosioms linijinėms apkrovoms $P_{x,\max}$ ir $P_{z,\max}$ apskaičiuojami pagal santykinį dydį $\kappa = x/\lambda$, nustatomą iš 9.5 ir 9.10 pav.



9.10 pav. Bangų vertikaliosios linijinės apkrovos inercijos δ_{zi} (1) ir greičio δ_{zv} (2) komponentų derinio koeficientai

67. Bangų linijinės apkrovos, veikiančios horizontalią aptakią kliūtį, horizontaliosios dedamosios didžiausiąją reikšmę $P_{x,\max}$ reikia nustatyti iš kelių dydžių, apskaičiuotų esant įvairioms κ reikšmėms, pagal formulę

$$P_{x,\max} = P_{xi} \delta_{xi} + P_{xv} \delta_{xv}, \quad (9.15)$$

čia: P_{xi} ir P_{xv} – bangų linijinės apkrovos horizontaliosios dedamosios inercijos ir greičio komponentai, kN/m, apskaičiuojami pagal formules:

$$P_{xi} = 0,5 \rho g \pi^2 b^2 (h/\lambda) k_v \theta_{xi} \beta_i; \quad (9.16)$$

$$P_{xv} = 0,67 \rho g \pi b (h^2/\lambda) k_v^2 \theta_{xv} \beta_v, \quad (9.17)$$

δ_{xi} ir δ_{xv} – bangų linijinės apkrovos inercijos ir greičio komponentų derinio koeficientai, nustatomi atitinkamai iš 9.5 pav., esant κ reikšmei pagal 61 p.;

θ_{xi} ir θ_{xv} – paaiškinimai tie patys kaip ir 62 p.;

β_i ir β_v – kliūties formos inercijos bei greičio koeficientai; skritulio, elipsės ir stačiakampio pavidalo skerspjūviui nustatomi iš 9.4 pav., esant reikšmėms: a/b – horizontaliajai ir b/a – vertikalijai apkrovos dedamosioms.

68. Bangų linijinės apkrovos, veikiančios aptakią horizontalią kliūtį, vertikaliosios dedamosios didžiausiąją reikšmę $P_{z,\max}$ reikia nustatyti iš kelių dydžių, apskaičiuotų esant įvairioms κ reikšmėms, pagal formulę

$$P_{z,\max} = P_{zi} \delta_{zi} + P_{zv} \delta_{zv}, \quad (9.18)$$

čia: P_{zi} ir P_{zv} – bangų linijinės apkrovos vertikaliosios dedamosios inercijos ir greičio komponentai, kN/m, apskaičiuojami pagal formules:

$$P_{zi} = 0,5\rho g\pi^2 a^2 (h/\lambda)k_v\theta_{zi}\beta_i; (9.19)$$

$$P_{zv} = 0,67\rho g\pi a(h^2/\lambda)k_v^2\theta_{zv}\beta_v; (9.20)$$

δ_{zi} ir δ_{zv} – inercijos ir greičio derinio koeficientai, nustatomi iš 9.10 pav., esant κ reikšmei pagal 61 p.;

θ_{zi} ir θ_{zv} – bangų linijinės apkrovos koeficientai, nustatomi atitinkamai iš 9.6 pav. (b ir d), esant santykinės ordinatės reikšmėms $z_{c,rel} = (d - z_c)/d$;

β_i ir β_v – paaiškinimai tie patys kaip ir 67 p.

69. Bangų linijinės apkrovos, veikiančios horizontaliąją aptakią kliūtį, horizontaliosios P_x , N/m, arba vertikaliosios P_z , N/m, dedamųjų reikšmę esant bet kuriai jos padėčiai x bangos keteros atžvilgiu reikia apskaičiuoti atitinkamai pagal (9.15) arba (9.18) formulę; derinio koeficientai δ_{xi} , δ_{xv} arba δ_{zi} , δ_{zv} turi būti nustatomi iš 9.5 ir 9.10 pav. pagal konkrečią reikšmę $\kappa = x/\lambda$.

70. Bangų linijinės apkrovos, veikiančios ant dugno gulinčią cilindrinę kliūtį (žr. 9.1 pav., b), kurios skersmuo $D \leq 0,1\lambda$, m, ir $D \leq 0,1d$, m, atstojamosios didžiausiąją reikšmę $P_{\max}$, N/m, reikia apskaičiuoti pagal (9.14) formulę dviem atvejams:

70.1. su linijinės apkrovos didžiausiąją horizontaliąją dedamąją $P_{x,\max}$, N/m, esant atitinkamai linijinės apkrovos vertikaliosios dedamosios reikšmei P_z , N/m;

70.2. su linijinės apkrovos didžiausiąją vertikaliosią dedamąją $P_{z,\max}$, N/m, esant atitinkamai linijinės apkrovos horizontaliosios dedamosios reikšmei P_x , N/m.

71. Bangų linijinės apkrovos, veikiančios ant dugno gulinčią cilindrinę kliūtį, didžiausiąją horizontaliąją $P_{x,\max}$, N/m, ir atitinkamą vertikaliosią P_z , N/m, projekcijas reikia apskaičiuoti pagal formules:

$$P_{x,\max} = P_{xi}\delta_{xi} + P_{xv}\delta_{xv}; (9.21)$$

$$P_z = -1,8P_{xv}\delta_{xv}; (9.22)$$

čia P_{xi} ir P_{xv} – atitinkamai bangų linijinės apkrovos horizontaliosios dedamosios inercijos ir greičio dedamosios, N/m, apskaičiuojamos pagal formules:

$$P_{xi} = 0,75\rho g\pi^2 D^2 (h/\lambda)\theta_{xi}; (9.23)$$

$$P_{xv} = \rho g\pi D(h^2/\lambda)\theta_{xv}; (9.24)$$

čia δ_{xi} ir δ_{xv} , θ_{xi} ir θ_{xv} – paaiškinimai tie patys kaip ir 67 p.

Pastaba. Bangų linijinės apkrovos didžiausioji vertikalioji $P_{z,\max}$, N/m, ir atitinkamai horizontalioji P_x , N/m, projekcijos imamos tokios: $P_{z,\max} = -1,8P_{xv}$ ir $P_x = P_{xv}$.

III SKIRSNIS. GOŽTANČIŲJŲ BANGŲ APKROVOS Į VERTIKALIAJĄ APTAKIĄ KLIŪTĮ

72. Gožtančiųjų bangų poveikio į vertikaliosią cilindrinę kliūtį, kurios skersmuo $D \leq 0,4d_{cr}$, m, didžiausiąją jėgą $Q_{cr,\max}$, N, reikia nustatyti pagal bangų poveikio jėgos Q_{cr} , N, atskiras reikšmes, gautas kelioms kliūties padėtimis bangos keteros atžvilgiu (9.11 pav., a) intervalais $0,1x/d_t$, pradedant nuo $0,1x/d_t = 0$ (čia: x – atstumas, m, nuo gožtančiosios bangos keteros iki vertikaliosios cilindrinės kliūties ašies; d_t – gylis po bangos padu).

73. Į vertikaliąją cilindrinę kliūtį gožtančiųjų bangų linijinę apkrovą q_{cr} , N/m, gylyje z , m, nuo skaičiuotinio vandens lygio (žr. 9.11 pav., a), esant santykiniam kliūties ašies nuotoliui nuo bangos keteros x/d_t , reikia apskaičiuoti pagal formulę

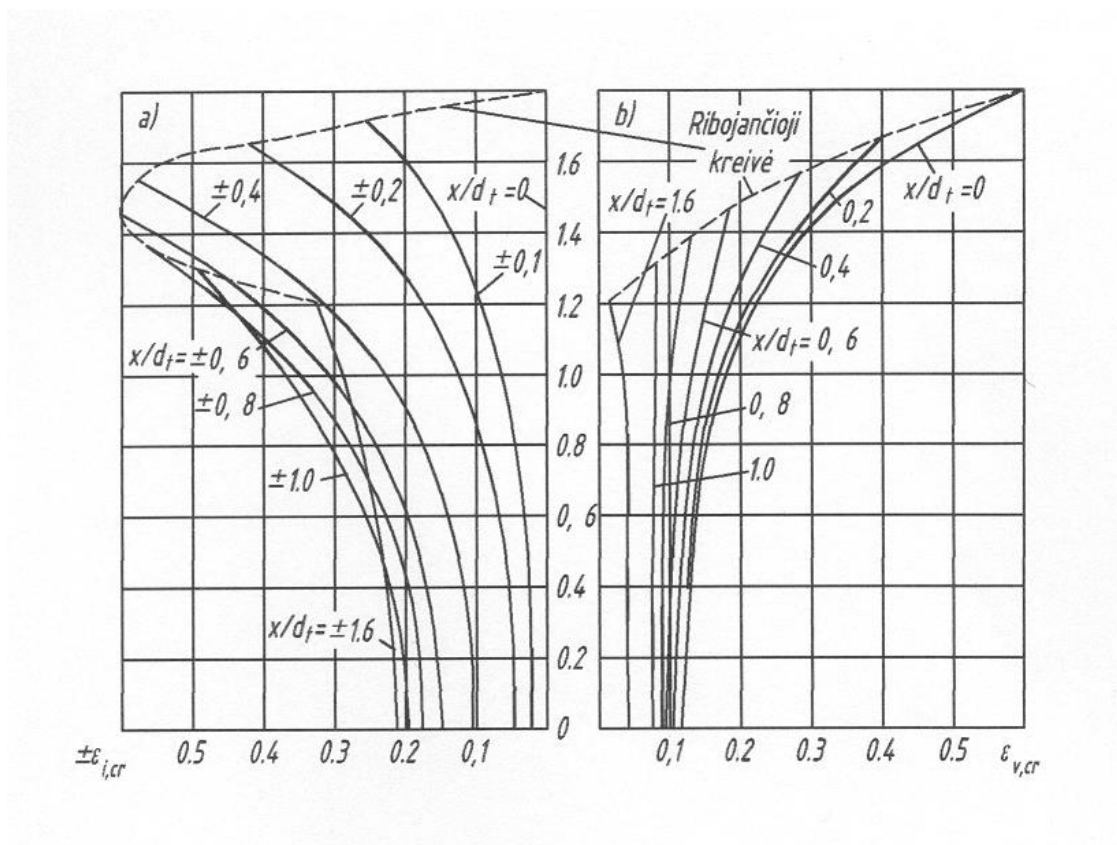
$$q_{cr} = q_{i,cr} + q_{v,cr}, (9.29)$$

čia: $q_{i,cr}$ ir $q_{v,cr}$ – į vertikaliąją kliūtį gožtančiųjų bangų linijinės apkrovos, N/m, inercijos ir greičio dedamosios, apskaičiuojamos pagal formules:

$$q_{i,cr} = 0,5\rho g\pi D^2 \varepsilon_{i,cr}; (9.30)$$

$$q_{v,cr} = 0,4\rho gD(d + \eta_{c,cr})\varepsilon_{v,cr}; (9.31)$$

$\varepsilon_{i,cr}$ ir $\varepsilon_{v,cr}$ – inercijos ir greičio koeficientai, nustatomi atitinkamai pagal 9.12 pav. (a ir b), esant santykinio gylio reikšmėms $z_{rel} = (d - z)/d_t$.



9.12 pav. Inercijos $\varepsilon_{i,cr}$ (a) ir greičio $\varepsilon_{v,cr}$ (b) koeficientų reikšmės

IV SKIRSNIS. BANGŲ APKROVOS Į KIAURINĮ APTAKIŲ ELEMENTŲ STATINĮ

74. Bangų apkrovą į strypinės sistemos kiaurinį statinį reikia nustatyti sumuojant apkrovas, apskaičiuotas pagal 61–69 p., kaip į atskirai stovinčias kliūtis, atsižvelgiant į kiekvieno elemento padėtį skaičiuotinės bangos profilio atžvilgiu. Statinio elementus reikia vertinti kaip atskirai stovinčias aptakas kliūtis, esant atstumams tarp jų ašių l , m, ne mažesniems kaip trys skersmenys D , m ($l \geq 3D$). Esant $l < 3D$ (čia D – didžiausias elemento skersmuo), bangų apkrovą, nustatytą atskirai stovinčiam statinio elementui, reikia dauginti iš suartėjimo koeficientų pagal bangų frontą ψ_t ir spindulį ψ_l , parenkamų iš 9.1 lentelės.

9.1 lentelė

Suartėjimo koeficiento reikšmės

Santykinis atstumas tarp kliūčių ašių l/D	Suartėjimo koeficientai ψ_t ir ψ_l , esant santykinų skersmenų D/λ reikšmėms			
	ψ_t		ψ_l	
	$D/\lambda = 0,1$	$D/\lambda = 0,05$	$D/\lambda = 0,1$	$D/\lambda = 0,05$
3	1	1	1	1
2,5	1	1,05	1	0,98
2	1,04	1,15	0,97	0,92
1,5	1,2	1,4	0,87	0,8
1,25	1,4	1,65	0,72	0,68

75. Bangų apkrovas į kiaurinio statinio pasvirusį elementą reikia nustatyti pagal apkrovos horizontaliosios ir vertikaliosios dedamųjų epiūras, kurių ordinatės turi būti apskaičiuotos pagal 69 p., atsižvelgiant į elemento atskirų ruožų panirimą žemiau skaičiuotinio lygio ir nuotolį nuo skaičiuotinės bangos keteros.

Pastaba. Bangų apkrovas į statinio elementus, pasvirusius į horizontalę arba vertikalę mažesniu nei 25 laipsnių kampą, leidžiama apskaičiuoti atitinkamai pagal 64 ir 69 p., kaip į vertikaliąją arba į horizontaliąją aptakią kliūtį.

76. Nereguliariųjų vėjo bangų dinaminę apkrovą į kiaurinį aptakių elementų statinį reikia apskaičiuoti dauginant statinės apkrovos reikšmę, nustatytą pagal 74 ir 75 p. vidutinio ilgio ir skaičiuotinės tikimybės aukščio sisteminei bangai, iš dinaminio koeficiento k_d , kurio reikšmės tokios:

Periodų santykis $T_s / \bar{T}$	0,01	0,1	0,2	0,3
Dinaminis koeficientas k_d	1	1,15	1,2	1,3

Pastabos: 1. T_s ir $\bar{T}$ – atitinkamai statinio savųjų svyravimų ir vidutinis bangų periodai, s.

2. Kai $T_s / \bar{T} > 0,3$, reikia atlikti statinio dinaminis skaičiavimus.

V SKIRSNIS. BANGŲ APKROVOS Į VERTIKALIUOSIUS DIDELIŲ SKERSMENŲ CILINDRUS

77. Didžiausias vertimo momentas $M_{z,por}$, kNm, susidarantis nuo bangų slėgio į vertikaliosios apvalios cilindrinės kliūties ištisinį dugną, besiremiantį į žvyro ir gargždo ar akmenų metinio pagrindą, dugno centro atžvilgiu turi būti apskaičiuotas pagal formulę

$$M_{z,por} = 0,0625 \rho g h D^3 \beta_{por}, \quad (9.32)$$

čia β_{por} – koeficientas, įvertinantis pagrindo porėtumą (žr. 9.2 lentelę).

KOEFICIENTO β_{por} REIKŠMĖS

d / λ	S a n t y k i s D / λ			
	0,20	0,25	0,30	0,40
0,12	0,67	0,76	0,82	0,81
0,15	0,59	0,68	0,73	0,73
0,20	0,46	0,52	0,57	0,56
0,25	0,35	0,42	0,44	0,42
0,30	0,26	0,29	0,32	0,32
0,40	0,14	0,15	0,17	0,17
0,50	0,07	0,08	0,09	0,09

Pastaba. Visas didžiausiasis vertimo momentas, veikiantis kliūtį, yra suma dviejų momentų: 1) momento didžiausiosios jėgos $Q_{\max}$, lygaus šios jėgos, nustatytos pagal 61 p., ir jos peties, nustatyto pagal 65 p., sandaugai, ir 2) didžiausiojo momento, nustatyto pagal (9.32) formulę ir sutampančio pagal fazę su $Q_{\max}$.

78. Bangos slėgis p , kPa, vertikaliosios apvalios cilindrinės kliūties paviršiaus taške gylyje $z \geq 0$ horizontaliosios jėgos $Q_{\max}$ didžiausiuoju momentu turi būti nustatytas pagal formulę

$$p = \rho g h \chi \cosh[k(d - z)] / (\cosh kd), (9.33)$$

čia χ – slėgio pasiskirstymo koeficientas (žr. 9.3 lentelę).

Koeficiento χ reikšmės

θ , laipsniai	S a n t y k i s D / λ		
	0,2	0,3	0,4
0	0,73	0,85	0,86
15	0,70	0,83	0,85
30	0,68	0,81	0,84
45	0,60	0,74	0,80
60	0,50	0,65	0,70
75	0,35	0,51	0,55
90	0,22	0,34	0,34
105	0,03	0,11	0,10
120	– 0,09	– 0,08	– 0,10
135	– 0,23	– 0,23	– 0,23
150	– 0,32	– 0,36	– 0,33
165	– 0,37	– 0,42	– 0,38
180	– 0,41	– 0,45	– 0,40

Pastabos: 1. θ – kampas tarp atbėgančiosios bangos spindulio ir krypties, žiūrint į nagrinėjamą tašką iš kliūties paviršiaus centro.

2. Slėgis p taškuose, esančiuose aukščiau skaičiuotinio vandens lygio ($z < 0$), nustatomas: 1) pagal tiesinę pereinamąją tarp p ties lygiu $z = 0$, apskaičiuojamo pagal (9.33) formulę, ir $p = 0$ ties lygiu $z = -\chi h$; 2) kai $\chi < 0$, taškams gylyje $0 \leq z \leq -\chi h$, taip pat pagal tiesinę pereinamąją tarp $p = 0$ (kai $z = 0$) ir p , apskaičiuojamo pagal (9.33) formulę, imant $z = -\chi h$.

79. Didžiausiąjį dugninį greitį $v_{b, \max}$, m/s, taškuose, esančiuose kliūties kontūre, kai $\theta = 90^\circ$ ir 270° , ir priešais kliūtį ($\theta = 0^\circ$) per $0,25 \lambda$ nuo kliūties kontūro, reikia nustatyti pagal formulę

$$v_{b, \max} = 2\varphi_v \pi h / [T \sin h(kd)], (9.34)$$

čia φ_v – koeficientas, kurio reikšmės tokios:

Skaiciuotinių taškų padėtys	Santykis D/λ		
	0,20	0,30	0,40
Kliūtės kontūre	0,98	0,87	0,77
Priešais kliūtį	0,67	0,75	0,75

X SKYRIUS. VĖJINIŲ BANGŲ APKROVOS Į KRANTOSAUGOS STATINIUS IR LAIVINIŲ BANGŲ APKROVOS Į KANALŲ ŠLAITŲ TVIRTINIMUS

i SKIRSNIS. VĖJINIŲ BANGŲ APKROVOS Į KRANTOSAUGOS STATINIUS

80. Vėjinių bangų linijinės apkrovos į povandeninį bangolaužį, kai prie jo yra bangos klonis, atstojamosios projekcijų – horizontaliosios P_x , – N, ir vertikaliųjų P_z ir P_c , N, – didžiausias reikšmės reikia apskaičiuoti pagal bangų šoninio slėgio ir bangų priešslėgio epiūras (žr. 10.1 pav.). Jose parodyto slėgio p , Pa, reikšmės, įvertinant dugno nuolydį i , turi būti apskaičiuojamos pagal tokias formules:

80.1. kai dugno nuolydis $i \leq 0,04$ ir kai z , m, reikšmės yra tokios:

1) $z = z_1$ ir jeigu $z_1 < z_2$, tai $p_1 = \rho g(z_1 - z_4)$, (10.1)

o jeigu $z_1 \geq z_2$, tai $p_1 = p_2$; (10.2)

2) $z = z_2$, tai $p_2 = \rho g h (0,015 \frac{\bar{\lambda}}{d} + 0,23 \frac{d - z_1}{d}) - \rho g z_4$; (10.3)

3) $z = z_3 = d$, tai $p_3 = k_\omega p_2$; (10.4)

80.2. kai dugno nuolydis $i > 0,04$ ir kai z , m, reikšmės yra tokios:

1) $z = z_1$, tai p_1 apskaičiuojamas pagal (10.1) ir (10.2) formules,

2) $z = z_2$, tai $p_2 = \rho g(z_2 - z_4)$, (10.5)

3) $z = z_3 = d$, tai $p_3 = p_2$, (10.6)

čia (80.1, 80.2 p.): z_1 – atstumas nuo statinio keteros iki skaičiuotinio vandens lygio, m;

z_2 – atstumas nuo skaičiuotinio vandens lygio iki bangos pado, m, apskaičiuojamas pagal z_2/d , priklausantį nuo h/d (žr. 10.1 lentelę: $z_2 = (z_2/d)d$);

k_ω – koeficientas, kurio reikšmės tokios:

Bangos gultumas λ/h	8	10	15	20	25	30	35
Koeficientas k_ω	0,73	0,75	0,80	0,85	0,90	0,95	1

z_4 – atstumas nuo vandens lygio už povandeninio bangolaužio iki skaičiuotinio vandens lygio, m, apskaičiuojamas pagal formulę

$$z_4 = -k_r(z_1 - z_5) - z_1; (10.7)$$

k_r – koeficientas, nustatomas iš 10.1 lentelės;

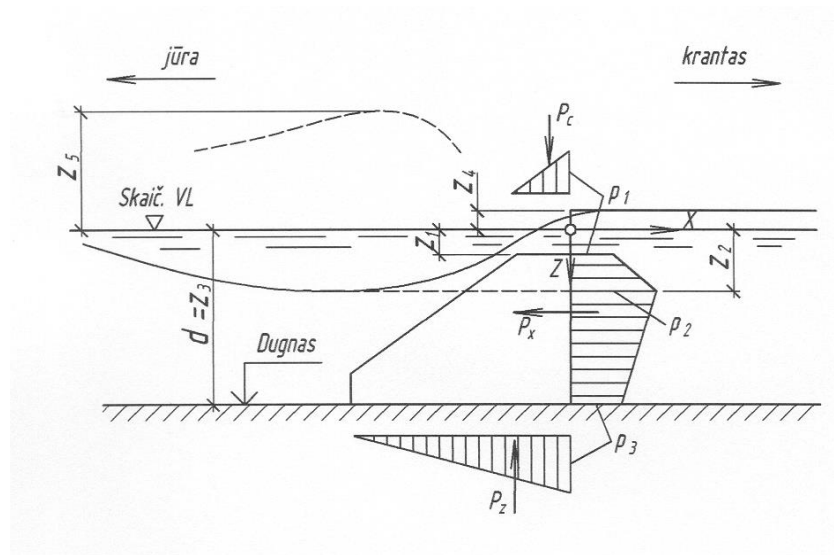
z_5 – vidutinis atstumas nuo bangos keteros prieš povandeninį bangolaužį iki skaičiuotinio vandens lygio, m, nustatomas pagal santykinį bangos keteros iškilimą z_5/d iš 10.1 lentelės.

Koeficiento k_r reikšmės

Santykinis bangos aukštis h/d	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1
Santykinis bangos pado pažemėjimas z_2/d	0,14	0,17	0,20	0,22	0,24	0,26	0,28
Santykinis bangos keteros iškilimas z_5/d	-0,13	-0,16	-0,20	-0,24	-0,28	-0,32	-0,37
Koeficientas k_r	0,76	0,73	0,69	0,66	0,63	0,60	0,57

81. Didžiausias dugninis vandens tėkmės greitis $v_{b,max}$, m/s, prieš krantosaugos statinį apskaičiuojamas pagal (7.12) formulę. Koeficientas k_{sl} nustatomas: vertikaliajai ir apystatei sienai pagal 43 p.; povandeniniam bangolaužiui koeficiento k_{sl} reikšmės tokios:

Santykinis bangos ilgis $\bar{\lambda}/d$	≥ 5	10	15	$20 \leq$
Koeficientas k_{sl}	0,50	0,70	0,90	1,10



10.1 pav. Bangų slėgio į povandeninį bangolaužį epiūros

82. Didžiausias dugninis greitis $v_{b,max}$, m/s, prieš krantosaugos statinį esant gožtančiosioms ir mūšos bangoms, apskaičiuojamas pagal (7.18) ir (7.24) formules.

83. Didžiausiųjų neplaunamųjų dugninių greičių reikšmės nustatomos pagal 43 p.

84. Vėjinių gožtančiųjų bangų linijinės apkrovos į vertikalią krantosaugos sieną, kai už jos (nuo kranto pusės) nėra grunto sampylos, atstojamosios projekcijų – horizontaliosios P_x –N, ir vertikaliosios P_z , N, – didžiausias reikšmės, reikia apskaičiuoti pagal bangų šoninio slėgio ir bangų priešslėgio epiūras (žr. 10.2 pav.). Jose parodytų dydžių p , Pa, ir η_c , m, reikšmės turi būti apskaičiuojamos atsižvelgiant į statinio vietą:

84.1. kai statinys yra mūšos bangos paskutinio sugožimo pjūvyje (žr. 10.2 pav., a), pagal formules:

$$p_u = \rho g h_{br} [(0,033\bar{\lambda}/d) + 0,75], (10.8)$$

$$\eta_c = -p_u / \rho g; (10.9)$$

84.2. kai statinys yra priekrantės zonoje (žr. 10.2 pav., b), pagal formules:

$$p_i = [1 - 0,3(a_i/a_n)]p_u, (10.10)$$

$$\eta_c = -p_i / (\rho g); (10.11)$$

84.3. kai statinys yra ant kranto, už vandens ribos linijos (bangos užsiritimo zonoje) (žr. 10.2 pav., c), pagal formules:

$$p_l = 0,7[1 - (a_i / a_r)]p_u; \quad (10.12)$$

$$\eta_c = -p_i / (\rho g), \quad (10.13)$$

čia (84.1, 84.2, 84.3 p.): η_c – bangos keteros iškilimas aukščiau skaičiuotinio lygio

krantosaugos statinio pjūvyje, m;

h_{br} – gožtančiųjų bangų aukštis, m;

a_n – atstumas nuo mūšos bangų paskutiniojo gožimo pjūvio iki vandens ribos linijos, m;

a_i – atstumas nuo mūšos bangų paskutiniojo gožimo pjūvio iki statinio, m;

a_l – atstumas nuo vandens ribos linijos iki statinio, m;

a_r – atstumas nuo vandens ribos linijos iki sugožusių bangų užsiritimo ant kranto ribos linijos (jeigu statinio nebūtų), m, apskaičiuojamas pagal formulę

$$a_r = h_{run1\%} \cot \varphi; \quad (10.14)$$

$h_{run1\%}$ – bangų užsiritimo ant kranto aukštis, m, nustatomas pagal 48 p.;

φ – kampas tarp horizontalės ir kranto paviršiaus linijos.

Pastabos: 1. Jeigu atstumas nuo statinio viršaus iki skaičiuotinio vandens lygio $z_1 \geq -0,3h$, m, tai bangų slėgio reikšmės, apskaičiuotas pagal (10.8), (10.10) ir (10.12) formules, reikia padauginti iš koeficiento k_z , kurio reikšmės tokios:

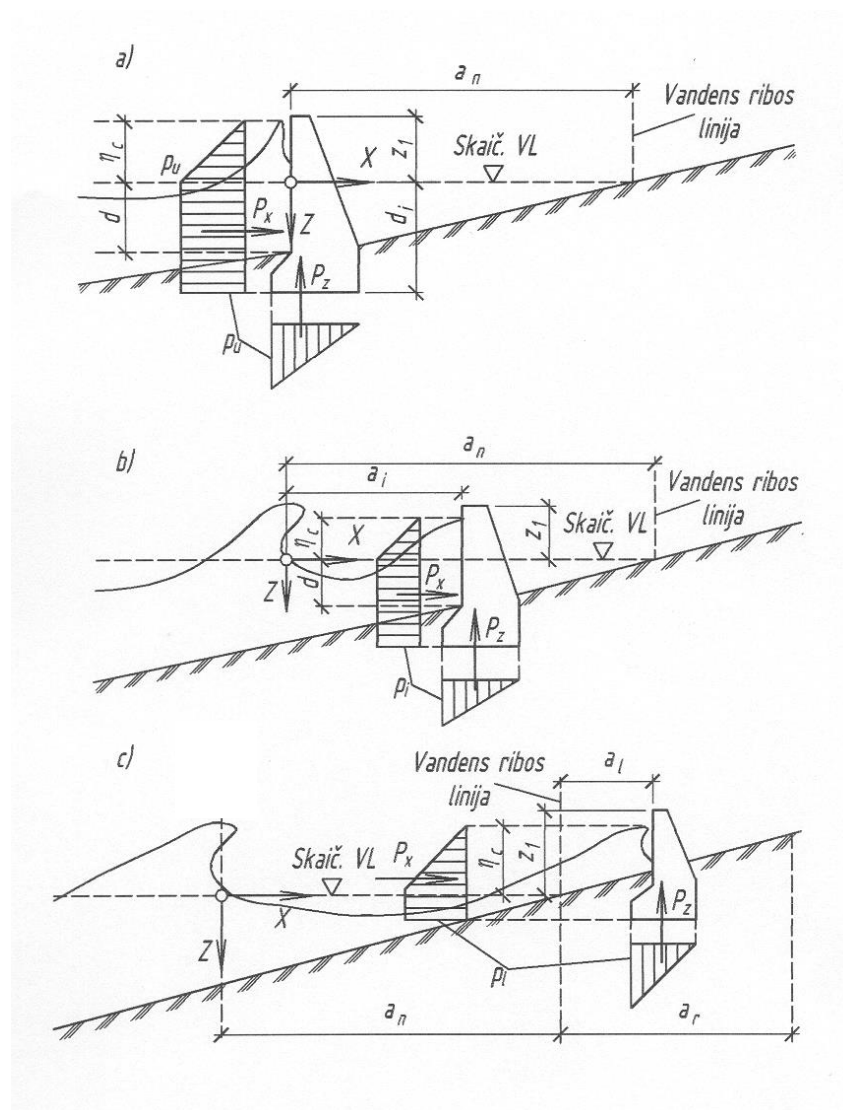
Atstumas nuo statinio viršaus iki skaičiuotinio vandens lygio z_1 , m	-0,3h	0,0	+0,3h	+0,65h
Koeficientas k_z	0,95	0,85	0,80	0,50

2. Apkrovos į krantosaugos statinius, susidarančios nuo mūšos bangų poveikio, kai tokie statiniai yra mūšos zonoje, nustatomos pagal 46 p.

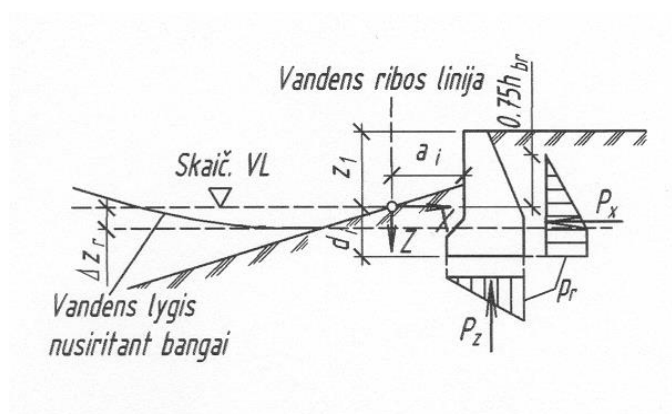
85. Vėjinių sugožusių bangų linijinės apkrovos į vertikaliąją krantosaugos sieną, kai už jos (nuo kranto pusės) yra grunto sampyla ir kai bangos nusirita, atstojamosios projekcijų – horizontaliosios P_x , N, ir vertikaliosios P_z , N, – didžiausiosios reikšmės turi būti nustatytos pagal bangų šoninio slėgio ir bangų priešslėgio epiūras (žr. 10.3 pav.). Jose parodyta slėgio p_r , P_a , reikšmė turi būti apskaičiuojama pagal formulę

$$p_r = \rho g (\Delta z_r - 0,75h_{br}), \quad (10.15)$$

čia Δz_r – vandens lygio pažemėjimas nuo skaičiuotinio vandens lygio prieš vertikaliąją sieną, nusiritant bangai, m. Jis priklauso nuo atstumo tarp statinio ir vandens ribos linijos: $\Delta z_r = 0$, kai $a_l \geq 3h_{br}$, ir $\Delta z_r = 0,25 h_{br}$, kai $a_l < 3h_{br}$.



10.2 pav. Bangų slėgio į vertikaliąją krantosaugos sieną epiūros



10.3 pav. Bangų slėgio į vertikaliąją krantosaugos sieną nusiritant bangai epiūros

86. Bangų slėgį p , P_a , į kreivinės sienos dalį reikia nustatyti pagal bangų slėgio į vertikaliąją sieną epiūrą (žr. 84 p.), brėžiant ją statmenai kreiviniam paviršiui (žr. 10.4 pav.).

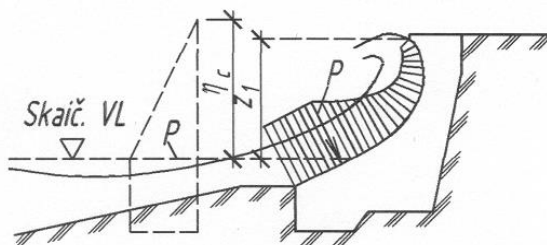
87. Vėjinių bangų linijinės apkrovos į būnės elementą atstojamosios projekcijų – horizontaliųjų $P_{x,ext}$, $P_{x,int}$, N , ir vertikaliosios P_z , N , – didžiausiąsias reikšmes reikia nustatyti pagal bangų šoninio ir keliamojo slėgių epiūras (žr. 10.5 pav.). Jose parodytų bangų slėgio į išorinę p_{ext} ,

N, ir šešėlinę p_{int} , N, būnės puses reikšmės ir atitinkami bangos keteros iškilimai η_{ext} , m, ir η_{int} , m, turi būti apskaičiuojami pagal formules:

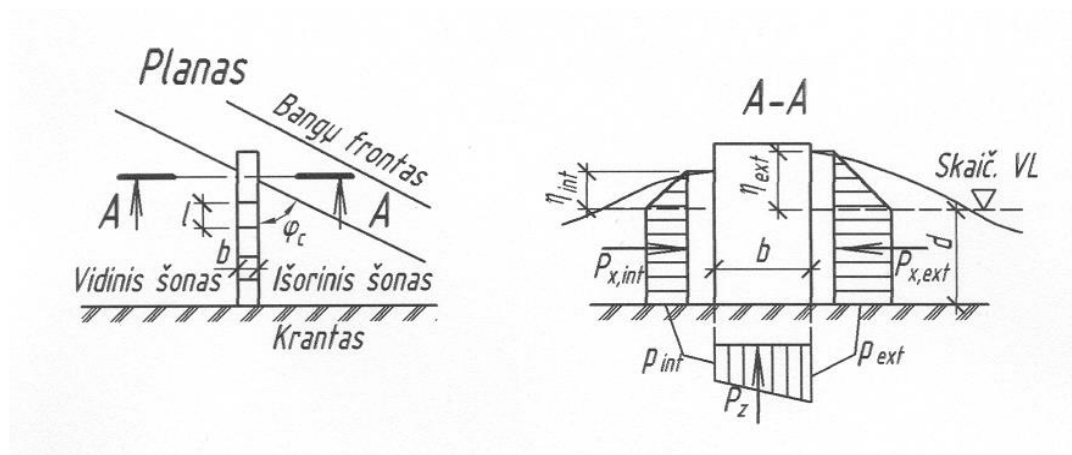
$$p_{ext(int)} = 0,75k_l \rho h(1 + \cos^2 \varphi_c); (10.16)$$

$$\eta_{ext} = p_{ext} / (\rho g), \quad \eta_{int} = p_{int} / (\rho g), (10.17)$$

čia: k_l – koeficientas, parenkamas iš 10.2 lentelės, atsižvelgiant į bangų frontą būnės krypties kampą φ_c , būnės plotį b ir jos elemento ilgį l .



10.4 pav. Bangų slėgio į apsauginės sienos kreivinę dalį epiūra



10.5 pav. Bangų slėgio į būnę epiūros

10.2 lentelė

Koeficiento k_l reikšmės

Būnės šonas	$b \cot \varphi_c$, m	Koeficientas k_l , kai $l/\bar{\lambda}$ reikšmės			
		$\leq 0,03$	0,05	0,1	$\geq 0,2$
Išorinis	–	1	0,75	0,65	0,60
Vidinis	0	0,70	0,65	0,60	0,55
	0,5	0,45	0,45	0,45	0,45
	1,2	0,18	0,22	0,30	0,35
	2,5	0	0	0	0

II SKIRSNIS. LAIVINIŲ BANGŲ APKROVOS Į KANALŲ ŠLAITŲ TVIRTINIMUS

88. Laivinių bangų aukštis h_{sh} , m, apskaičiuojamas pagal formulę

$$h_{sh} = 2(v_{adm}^2 / g) \sqrt{\delta d_s / l_u}, (10.18)$$

čia: d_s ir l_u – atitinkamai laivo grimzlė ir jo ilgis, m;

δ – laivo vandentalpos pilnatvės koeficientas;

v_{adm} – laivo leistinis greitis, m/s, pagal naudojimo reikalavimus imamas $v_{adm} = 0,9v_{cr}$,
čia

$$v_{cr} = 0,9 \sqrt{[6 \cos \frac{\pi + \arccos(1 - k_a)}{3} - 2(1 - k_a)] g \frac{A}{b}}; (10.19)$$

k_a – laivo skerspjūvio ploto A_s , m² santykis su kanalo vandens skerspjūvio plotu A , m²;
 b – kanalo plotis ties vandens ribos linija, m.

89. Bangos užsiritimo ant šlaito aukštis h_{rsh} , m, apskaičiuojamas pagal formulę

$$h_{rsh} = -\beta_{sl} \frac{0,5h_{sh} + 0,1 \cot \varphi}{1 - 0,05 \cot \varphi}; (10.20)$$

čia β_{sl} – koeficientas, kurio reikšmės priklauso nuo šlaitų tvirtinimo tipo: šlaitams, ištaisai sutvirtintiems plokštėmis, $\beta_{sl} = 1,4$; šlaitams, sutvirtintiems akmenų grindiniu, $\beta_{sl} = 1,0$; šlaitams, sutvirtintiems akmenų metiniu, $\beta_{sl} = 0,8$.

90. Laivinių bangų linijinės apkrovos į kanalų šlaitų tvirtinimus didžiausioji reikšmė P , N/m, turi būti nustatoma pagal bangų slėgio epiūras (žr. 10.6 pav.). Jose parodytų slėgių p , Pa, reikšmės turi būti apskaičiuojamos pagal šias formules:

90.1. bangų užsiritimo ant šlaito, sutvirtinto plokštėmis, atveju (žr. 10.6 pav., a), kai z , m, reikšmės yra tokios:

$$1) z = z_1 = -h_{rsh}, \text{ tai } p_i = 0; (10.21)$$

$$2) z = z_2 = 0, \text{ tai } p_2 = 1,34 \rho g h_{sh}; (10.22)$$

$$3) z = z_3 = 1,5 h_{sh} \sqrt{1 + \cot^2 \varphi}, \text{ tai } p_3 = 0,5 \rho g h_{sh}; (10.23)$$

90.2. bangų nusiritimo nuo šlaito, sutvirtinto plokštėmis, atveju (žr. 10.6 pav., b) kai z , m, reikšmės yra tokios:

$$1) z = z_1 = \Delta z_f, \text{ tai } p_1 = 0; (10.24)$$

$$2) z = z_2 = 0,5 h_{sh}, \text{ tai } p_2 = -\rho g (0,5 h_{sh} - \Delta z_f); (10.25)$$

$$3) z = z_3 = d_{inf}, \text{ tai } p_3 = p_2; (10.26)$$

90.3. bangos klonio prie vertikaliosios sienos atveju (žr. 10.6 pav., c), kai z , m, reikšmės yra tokios:

$$1) z = z_1 = \Delta z_f, \text{ tai } p_1 = 0; (10.27)$$

$$2) z = z_2 = 0,5 h_{sh}, \text{ tai } p_2 = -\rho g (0,5 h_{sh} - \Delta z_f); (10.28)$$

$$3) z = z_3 = d_{sh}, \text{ tai } p_3 = p_2; (10.29)$$

$$4) z = z_4 = d_{sh} + d_h, \text{ tai } p_4 = 0, (10.30)$$

čia: d_{inf} – šlaito tvirtinimo apačios gylis, m;

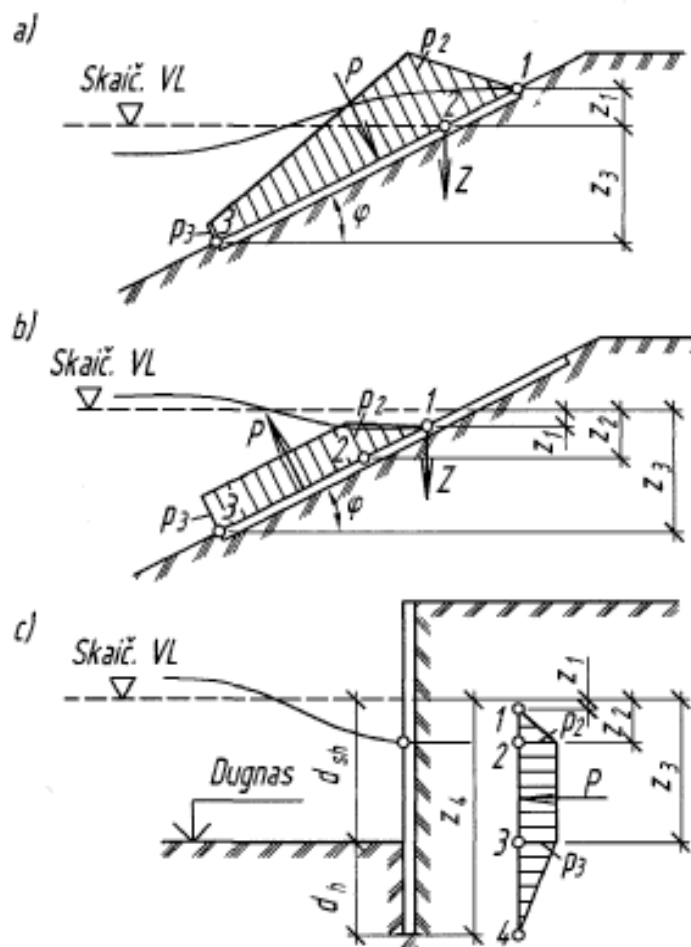
d_h – įlaidinės sienos įkalimo gylis matuojant nuo dugno, m;

Δz_f – vandens lygio pažemėjimas, m, dėl vandens geofiltracijos po kanalo šlaitų tvirtinimu, kuris būna toks:

1) $0,25 h_{sh}$ – kai vandeniui nelaidus šlaito tvirtinimas remiasi į vandeniui nelaidžią atramą, jo ilgis, matuojant pagal šlaitą nuo vandens lygio, mažesnis nei 4 m;

2) $0,2 h_{sh}$ – kai vandeniui nelaidus šlaito tvirtinimas remiasi į akmenų prizmę, o jo ilgis, matuojant pagal šlaitą nuo vandens lygio, didesnis nei 4 m;

3) $0,1 h_{sh}$ – kai yra vertikali įlaidinė antifiltracinė siena.



10.6 pav. Laivinių bangų slėgio į kanalų šlaitų tvirtinimus epiūros: a) bangos užsiritimo ant šlaito atveju; b) bangos nusiritimo nuo šlaito atveju; c) bangos klonio prie vertikaliosios sienos atveju

XI SKYRIUS. LEDO APKROVOS IR POVEIKIAI HTS

I SKIRSNIS. BENDRIEJI DUOMENYS

91. Ledo apkrovos į HTS, imamos pagal ledą ardančias ribines įrašas, turi būti nustatytos remiantis išeities duomenimis statinio rajone didžiausiųjų ledo poveikių laikotarpiu.

92. Ledo apkrovos ir poveikiai HTS, nurodyti Reglamente, galioja, kai ledo storis $\leq 1,5$ m.

93. Normatyviniai ledo stipriai gniuždant R_c , MPa, lenkiant R_f , MPa, ir glemžiant R_b , MPa, turi būti nustatyti iš bandymų duomenų. Jų nesant, leidžiama:

93.1. R_c nustatyti pagal 11.1 lentelę.

93.2. R_f apskaičiuoti pagal formules:

– gėlajam ledui

$$R_f = 0,75R_c, \quad (11.1)$$

– jūriniam ledui

$$R_f = 0,5R_c. \quad (11.2)$$

Normatyviniai ledo gniuždymo stipriai

Ledo druskingumas S_0 , ‰	Normatyvinės $R_{c,}$ MPa, reikšmės, kai oro temperatūra t_a , °C			
	0	-3	-15	-30
< 1 (gėlas ledas)	0,45	0,75	1,20	1,50
1–2	0,40	0,65	1,05	1,35
3–6	0,30	0,50	0,85	1,05

Pastabos: 1. Ledo druskingumas S , ‰, imamas toks: 0,20 vandens druskingumo, kai ledo amžius < 2 mėnesiai, 0,15 vandens druskingumo, kai ledo amžius > 2 mėnesiai.

2. Oro temperatūra t_a , °C, imama tokia: vidutinė 3 parų prieš ledo poveikį, kai ledo storis ≤ 0,5 m, vidutinė 6 parų prieš ledo poveikį, kai ledo storis > 0,5 m.

93.3. R_b apskaičiuoti pagal formulę

$$R_b = k_b R_c, (11.3)$$

čia k_b – koeficientas, kurio reikšmės tokios:

Santykis b/h_d	1	3	10	20	≥ 30
k_b reikšmės	2,5	2,0	1,5	1,2	1,0

Pastabos: 1. b – statinio (atramos ar sekcijos) plotis tėkmei statmena kryptimi ledo poveikių lygyje, m.

2. h_d – skaičiuotinis ledo storis, m, imamas toks: upėms – 0,8 didžiausiojo 1 % tikimybės žiemos meto ledo storio; jūroms – didžiausias 1 % tikimybės ledo storis.

3. Ledo gniuždymo normatyvinius stiprius leidžiama imti tokius: ledonešio upėse pradžioje $R_c = 0,45$ MPa, ledonešio metu $R_c = 0,3$ MPa.

4. Ledo glemžimo normatyvinį stiprį leidžiama imti apskaičiuotą pagal (11.3) formulę, bet ne didesnę už $R_b = 0,75$ MPa ledonešio pradžioje ir ne didesnę už $R_c = 0,45$ MPa ledonešio metu.

5. 1 ir 2 pastabų reikalavimai taikomi gėlavandeniam ir vienmečiam jūros ledui.

6.11.1 lentelės duomenis ir k_b reikšmes galima taikyti, kai ledo judėjimo greitis ≥ 0,5 m/s.

94. Ledo apkrovos atstojamosios pridėties tašką reikia imti $0,3h_d$, m, žemiau skaičiuotinio vandens lygio.

II SKIRSNIS. JUDANČIŲJŲ LEDO LAUKŲ APKROVOS Į STATINIUS

95. Judančiųjų ledo laukų poveikio jėgą statiniui su vertikaliąja priekine briauna reikia nustatyti taip:

95.1. atskirai stovinčiai atramai su priekine trikampe briauna, kai ji:

95.1.1. perrėžia ledą

$$F_{b,p} = m R_b b h_d, \text{ MN}; (11.4)$$

95.1.2. sulaiko ledo lauką

$$F_{c,r} = 0,04 v h_d \sqrt{m_2 A R_b}, \text{ MN}; (11.5)$$

95.2. atskirai stovinčiai atramai su bet kokios formos priekine briauna, kai ji perrėžia ledą, pagal 11.4 formulę;

95.3. statinio sekcijai – pagal mažesniąją, apskaičiuotą taikant formules:

95.3.1. kai į ją atsitrenkia atskiros lytys:

$$F_{c,w} = 0,07 v h_d \sqrt{A R_c}, \text{ MN}; (11.6)$$

95.3.2. kai ledas suyra:

$$F_{b,w} = 0,5 R_c b h_d, \text{ MN}; (11.7)$$

čia: m – atramos formos plane koeficientas, nustatomas pagal 11.2 lentelę;

v – ledų lauko judėjimo greitis, m/s, nustatomas pagal natūrinius stebėjimus, o jų nesant, taip:

upėms ir potvynių veikiamiems jūrų ruožams – laikant lygiu vandens tėkmės greičiui; vandens saugykloms ir jūroms – laikant lygiu 0,03 vėjo greičio, nustatyto ledonešio metu su 1 % tikimybe;

A – ledų lauko plotas, m^2 , nustatytas natūriniais stebėjimais nagrinėjamame ar artimame

vandens objekto ruože;
 R_b, R_c, b, h_d – žr. 93 p.

11.2 lentelė

Koeficiento m reikšmės

Koeficientas	Atramos priekinės briaunos forma							
	Daugiakampis, pusapskritimis	Stačiakampis	Trikampis su smaigalio kampu, 2γ , laipsniais					
			45	60	75	90	120	150
m	0,90	1,00	0,54	0,59	0,64	0,69	0,77	1,00

96. Judančiojo ledo lauko poveikio jėgą šlaitinio profilio statiniui arba atskirai atramai su pasviru paviršiumi ledo veikimo zonoje reikia apskaičiuoti taikant formules:

96.1. šlaitinio profilio statiniui:

96.1.1. horizontaliajai jėgos dedamajai F_h , MH, – kaip mažiausiąją iš reikšmių, gautų pagal (11.7) formulę arba pagal formulę

$$F_h = k_\beta m_t R_f h_d^2; (11.8)$$

96.1.2. vertikaliajai jėgos dedamajai F_v , MN, pagal formulę

$$F_v = F_h / k_\beta, (11.9)$$

čia k_β – koeficientas, kurio reikšmės tokios:

Paviršiaus kampas su horizontu, β°	15	30	45	60	75	80	85
Koeficiento k_β reikšmės	0,3	0,6	1	1,7	3,7	5,7	18

Pastaba. Kai paviršius apledėja, kampą β galima padidinti ($< 20^\circ$), atsižvelgiant į naudojimo patirtį;

m_t – koeficientas, nustatomas pagal 11.3 lentelę;

11.3 lentelė

Koeficiento m_t reikšmės

Kliūtis ar statinio forma	Stačiakampio skerspjūvio atrama, b/h_d reikšmės		Kūginė atrama	Šlaitinis statinys
	< 5	> 5		
Koeficientas m_t	1,0	0,2 b/h_d	$1 + 0,05 b/h_d$	0,1b

96.2. atskirai atramai su pasvira priekine briauna:

96.2.1. horizontaliajai jėgos dedamajai $F_{h,p}$, MN, – kaip mažiausiąją iš reikšmių, gautų pagal (11.7) formulę, arba pagal formulę

$$F_{h,p} = k_\beta m_t R_f h_d^2, (11.10)$$

96.2.2. vertikaliajai jėgos dedamajai $F_{v,p}$, MN, pagal formulę

$$F_{v,p} = F_{h,p} / k_\beta. (11.11)$$

97. Judančiojo ledo lauko poveikio jėgą F_p , MN, statiniui iš eilės vertikalių atramų, esančių atstumu l , m, viena nuo kitos, kai $l/b = 0,1-0,9$, reikia imti kaip mažiausiąją, apskaičiuotą pagal (11.4) ir (11.5) formules ir pagal formulę

$$F_p = \left[(b/l)(1 - 2m k_b) + 2m k_b \right] \cdot F_{b,w}. (11.12)$$

98. Judančiojo ledo lauko poveikio jėgą F_δ , MN, taip pat pasislenkančiai atramai reikia imti kaip mažiausiąją, apskaičiuotą pagal (11.4) ir (11.5) formules ir pagal formulę

$$F_\delta = 0,03 v h_d \sqrt{A} / \sqrt{\delta h_d + 0,2 / (R_c m)}, (11.13)$$

čia: δ – atramos tampraus poslinkio koeficientas, m/MN, nustatomas statybinės mechanikos metodais;

$R_c, m_1, v, b, m_2, h_d, A, k_b$ – žr. 93 ir 95 punktus.

99. Sustojusiojo ledo lauko, atsirėmusio į statinį ir veikiamo tėkmės ir vėjo, poveikio jėgą F_s , MN, reikia apskaičiuoti pagal formulę

$$F_s = (p_\mu + p_v + p_i + p_{\mu,a})A, \quad (11.14)$$

čia: p_μ, p_v, p_i ir $p_{\mu,a}$ – būdingieji slėgiai:

$$p_\mu = 5 \cdot 10^{-6} v_{\max}^2; \quad (11.15)$$

$$p_v = 5 \cdot 10^{-4} h_d v_{\max}^2 / L_m; \quad (11.16)$$

$$p_i = 9,2 \cdot 10^{-3} h_d i; \quad (11.17)$$

$$p_{\mu,a} = 2 \cdot 10^{-8} v_{w,\max}^2, \quad (11.18)$$

čia: $v_{\max}$ – didžiausias 1 % tikimybės vandens tekėjimo po ledu greitis, m/s, ledonešio metu;

$v_{w,\max}$ – didžiausias 1 % tikimybės vėjo greitis, m/s, ledonešio metu;

L_m – vidutinis ledo lauko ilgis tėkmės kryptimi, imamas pagal natūrinių stebėjimų duomenis; kai jų nėra, upėms leidžiama imti $L_m = 3B_r$; čia B_r – upės plotis, m;

h_d ir A – žr. 93 ir 95 p.

III SKIRSNIS. APKROVOS IR POVEIKIAI STATINIAMS DĖL IŠTISINĖS LEDO DANGOS TEMPERATŪRINIO PLĖTIMOSI

100. Ištisinės ledo dangos, turinčios < 2‰ druskingumą, temperatūrinio plėtimosi linijinę apkrovą q , MN/m, reikia apskaičiuoti pagal formulę

$$q = h_{\max} k_l p_t, \quad (11.19)$$

čia: $h_{\max}$ – didžiausias 1% tikimybės ledo dangos storis;

k_l – koeficientas, kurio reikšmės tokios:

Ledo dangos ilgis L , m	≤ 50	70	90	120	≥ 150
Koeficientas k_l	1,0	0,9	0,8	0,7	0,6

p_t – ledo deformacijų slėgis, MPa, jam plečiantis dėl temperatūros pokyčių:

$$p_t = 0,05 + 11 \cdot 10^{-5} v_{t,a} \eta_i \mu, \quad (11.20)$$

čia: $v_{t,a}$ – oro temperatūros pakilimo didžiausias greitis, °C/h (iš 6 valandų 4 terminuotų stebėjimų);

η_i – ledo valkšnumo koeficientas, MPa · h, apskaičiuojamas pagal formules:

$$\text{kai } t_i \geq -20 \text{ } ^\circ\text{C}, \eta_i = (3,3 - 0,28 t_i + 0,083 t_i^2) 10^2; \quad (11.21)$$

$$\text{kai } t_i < -20 \text{ } ^\circ\text{C}, \eta_i = (3,3 - 1,85 t_i) 10^2; \quad (11.22)$$

t_i – ledo temperatūra, °C, apskaičiuojama pagal formulę

$$t_i = t_b h_{rel} + 0,5 v_{t,a} \cdot t \cdot \psi, \quad (11.23)$$

čia: t_b – pradinė oro temperatūra, nuo kurios prasideda temperatūros kilimas;

h_{rel} – ledo dangos santykinis storis, įvertinant sniego įtaką:

$$h_{rel} = h_{\max} / h_{red}, \quad (11.24)$$

čia h_{red} – ledo dangos redukuotas storis:

$$h_{red} = h_{\max} + 1,43 h_{s,\min} + 2,3 / \alpha, \quad (11.25)$$

čia: $h_{s,\min}$ – skaičiuotinio laikotarpio sniego dangos mažiausias storis, nustatomas natūriniais stebėjimais; jei jų nėra, imama $h_{s,\min} = 0$;

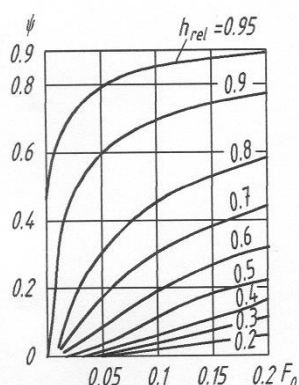
α – oro ir sniego dangos šilumos atidavimo koeficientas, W/m²:

$$\text{kai sniego yra, } \alpha = 23 \sqrt{v_{w,m}} + 0,3; \quad (11.26)$$

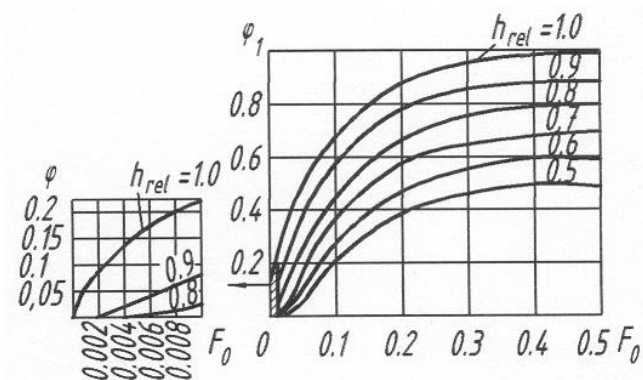
$$\text{kai sniego nėra, } \alpha = 6\sqrt{v_{w,m}} + 0,3, (11.27)$$

čia: $v_{w,m}$ – vidutinis vėjo greitis, m/s;

ψ ir φ – bedimensiniai koeficientai, nustatomi iš 11.1 ir 11.2 pav. pagal h_{rel} ir bedimensinį parametą $F_0 = 4 \cdot 10^3 t / h_{red}^2$.



11.1 pav. Koeficiento ψ reikšmės



11.2 pav. Koeficiento φ reikšmės

101. Nustatant linijinę apkrovą q , MN/m, tenkančią statiniams dėl ištisinės ledo dangos temperatūrinio plėtimosi poveikio, reikia atsižvelgti į tokius reikalavimus:

101.1. skaičiuotinę linijinę apkrovą reikia imti didžiausiąją, apskaičiuotą pagal 98 p., iš oro temperatūros stebėjimų išskiriant du būdingiausiuosius laikotarpius:

101.1.1. su žemiausiaja temperatūra ir atitinkamu jos kitimo greičiu $v_{t,a}$, arba

101.1.2. su didžiausiuoju temperatūros kitimo greičiu $v_{t,a}$ ir atitinkama oro temperatūra;

101.2. kai ledo druskingumas $S \geq 2$ ‰, linijinė apkrova q , MN/m, apskaičiuojama pagal (11.19) formulę, bet imant $p_t = 0,1$ MPa; taigi šiuo atveju

$$q = 0,1 h_{\max} k_l, (11.28)$$

čia $h_{\max}$ ir k_l – dydžiai, aptarti 100 p.;

101.3. kai statinio paviršiaus kampas su horizontale mažesnis nei 40 laipsnių, į linijinę apkrovą q dėl ištisinės ledo dangos temperatūrinio plėtimosi galima neatsižvelgti.

IV SKIRSNIS. LEDOKAMŠŲ IR LEDOGRŪDŲ APKROVOS Į STATINIUS

102. Jėgą $F_{b,j}$, MN, susidarančią atramai prarėžiant ledokamšą, reikia apskaičiuoti pagal formulę

$$F_{b,j} = mbh_j R_{b,j}, (11.29)$$

čia: m ir b – žr. 93 ir 95 p.;

h_j – skaičiuotinis ledokamšos storis, nustatomas natūriniais stebėjimais. Galima h_j imti pagal gretimų upės ruožų ledų terminį režimą, bet ne daugiau kaip 0,8 vidutinio tėkmės gylio ledokamšų metu;

$R_{b,j}$ – normatyvinis ledokamšos glemžimo stipris, MPa, nustatomas bandymais; jei jų nėra, imama $R_{b,j} = 0,12$ MPa;

103. Jėgą $F_{s,j}$, MN, susidarančią dėl ledokamšos atsirėmimo į statinį statmenai jo frontui, reikia apskaičiuoti pagal formulę

$$F_{s,j} = l L_j (4p_{\mu} + p_v + p_i + p_{\mu,a}), (11.30)$$

čia: l – statinio ruožo ilgis ledokamšos veikimo lygyje;

L_j – ledokamšos ruožo ilgis; $L \approx 1,5 B_r$ (čia B_r – upės plotis ties statiniu);

p_{μ} , p_v , p_i ir $p_{\mu,a}$ – ledo slėgiai, apskaičiuojami pagal (11.15)–(11.18) formules, imant ledokamšos storį pagal 102 p. Vandens tėkmės greitis ir vandens paviršiaus nuolydis turi būti nustatyti natūriniais stebėjimais arba pagal analogus.

104. Linijinę apkrovą q_i , N/m, atsirandančią dėl ledokamšos atsirėmimo į statinį, lygiagrečių tėkmės kryptimi (taip pat ir į krantą), reikia apskaičiuoti pagal formulę

$$q_j = \xi F_{s,j} / l, (11.31)$$

čia: ξ – koeficientas: smėliniam krantui $\xi = 0,8$; uoliniam krantui ir vertikaliosioms sienoms

$$\xi = 0,9; F_{s,j} \text{ ir } l - \text{žr. 103 p.}$$

105. Jėgą $F_{b,i}$, MN, kuria atrama pjauna ledogrūda, reikia apskaičiuoti pagal formulę

$$F_{b,i} = 0,5mR_{b,i}bh_{b,i}, (11.32)$$

čia: $R_{b,i}$ – normatyvinis ledogrūdės stipris glemžiant; $R_{b,i} = 0,25 \text{ MPa}$;

$h_{b,i}$ – skaičiuotinis ledogrūdės storis, nustatomas natūriniais stebėjimais, o jų nesant, – pagal formulę

$$h_{b,i} = aH_{b,i}, (11.33)$$

čia: a – koeficientas, kurio reikšmės tokios:

$H_{b,i}$, m	3	5	10	15	20	25
a	0,85	0,75	0,45	0,40	0,35	0,28

$H_{b,i}$ – vidutinis upės gylis aukščiau ledogrūdės, esant didžiausiam debitui.

V SKIRSNIS. PRIE STATINIO PRIŠALUSIOS LEDO DANGOS APKROVOS KINTANT VANDENS LYGIUI

106. Prie statinio prišalusios ledo dangos vertikaliąją jėgą F_d , MN, kintant vandens lygiui (žr. 11.3 pav.) reikia apskaičiuoti pagal formulę

$$F_d = 0,2lv_d t_d (h_{\max}^3 / \Phi)^{0,25}, (11.34)$$

čia: l – statinio ruožo ilgis ledo poveikio lygyje, m;

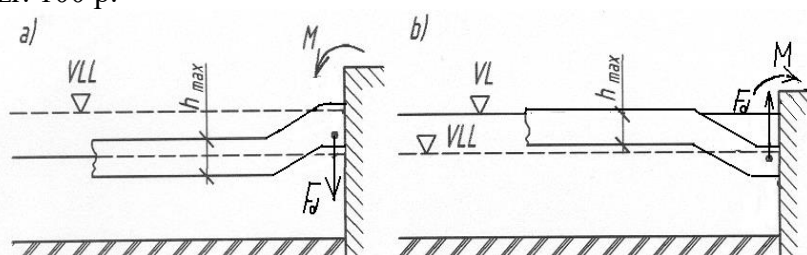
v_d – vandens lygio pakilimo ar pažemėjimo greitis, m/h;

t_d – laikas, h , per kurį įvyksta ledo dangos deformacija kintant vandens lygiui;

Φ – bedimensė laiko funkcija, išreikšta formule

$$\Phi = 1 + 300[t_d + 50(1 - e^{-0,4t_d})]/\eta_i; (10.35)$$

$h_{\max}$ ir η_i – žr. 100 p.



11.3 pav. Prie statinio prišalusio ledo apkrovų, kintant vandens lygiui (VL) skaičiavimų schemas: a – žemėjant VL, b – kylant VL; VLL – vandens lygis ledui stovint

107. Jėgos momentą M , MN·m, kuri perima statinys nuo prišalusio ledo dangos pakylant ar pažemėjant vandens lygiui (žr. 11.3 pav.), reikia apskaičiuoti pagal formulę

$$M = 2lv_d t_d \sqrt{h_{\max}^3 / \Phi}, (11.36)$$

čia: l , v_d , t_d , $h_{\max}$ – žr. 103 p.

Pastaba. Ribinis jėgos momentas M_{lim} , MN·m, negali būti didesnis, negu apskaičiuotasis pagal formulę

$$M_{\lim} = 0,167 h_{\max}^2 R_t R_c (1 + 2k_e) / (R_t + R_c), \quad (11.37)$$

čia R_t ir R_c – ledo dangos stipriai tempiant ir gniuždant, MPa, apskaičiuojami pagal formules

$$R_t = R_{t,y} \cdot e^{-400t_{cal}/\eta}; \quad (11.38)$$

$$R_c = R_{c,y} \cdot e^{-400t_{cal}/\eta}, \quad (11.39)$$

čia: $R_{t,y}$ ir $R_{c,y}$ – ledo takumo ribos vidutinės reikšmės tempiant ir gniuždant, Pa, nustatomos pagal bandymų duomenis; jų nesant, leidžiama naudotis 11.4 lentelės duomenimis.

11.4 lentelė

Ledo takumo ribos

Ledo temperatūra $t_i, ^\circ\text{C}$	$R_{t,y}$ MPa		$R_{c,y}$ MPa	
	viršaus	apačios	viršaus	apačios
Nuo 0 iki – 2	0,7	0,5	1,8	1,2
Nuo – 3 iki – 10	0,8	0,5	2,5	1,2
Nuo – 11 iki – 20	1,0	0,5	2,8	1,2

Pastaba. t_i nustatoma pagal 100 p.

t_{cal} – laikas, h, per kurį vandens lygis pakinta dydžiu, lygiu ledo storiui;

k_e – koeficientas, kurio reikšmės tokios:

$e^{-400t_{cal}/\eta}$	0,8	0,85	$\geq 0,90$
k_e	1,0	1,5	2,0

H_{max} , η_i ir l – žr. 100 ir 106 p.

108. Vertikaliąją jėgą $F_{d,p}$, MN, veikiančią atskirai stovinčią atramą (ar polių krūmą), kurios (-io) skersmuo D , m, nuo prišalusios ledo dangos, pakylant ar pažemėjant vandens lygiui, reikia apskaičiuoti pagal formulę

$$F_{d,p} = k_f R_f h_{\max}^2, \quad (11.40)$$

čia: R_f ir $h_{\max}$ – žr. 88 ir 98 p.;

k_f – bedimensis koeficientas, kurio reikšmės tokios:

$d/h_{\max}$	0,1	0,2	0,5	1	2	3	5	10	20
k_f	0,16	0,18	0,22	0,26	0,31	0,36	0,43	0,63	1,11

Pastaba. Plane stačiakampės atramos su kraštinėmis a ir b skaičiuotinis skersmuo $d = \sqrt{a \cdot b}$, m.

109. Kai atstumas tarp atramų mažesnis nei $20 h_{\max}$, jėgą nuo prišalusios ledo dangos, kintant vandens lygiui, reikia apskaičiuoti pagal 101 ir 102 p.

XII SKYRIUS. LAIVŲ (PLŪDURIUOJANČIŲ OBJEKTŲ) APKROVOS Į HTS

I SKIRSNIS. BENDROSIOS PASTABOS

110. Skaičiuojant laivų (plūduriuojančių objektų) apkrovas į HTS reikia nustatyti:

110.1. vėjo, vandens tėkmės ir bangų apkrovas į plūduriuojančius objektus pagal 111–113 p.;

110.2. priešvartuoto laivo atsirėmimo į krantinę apkrovas, veikiant vėjui ir vandens tėkmei, pagal 116 p.;

110.3. laivo atsirėmimo, priplaukiant prie laivo krantinės, apkrovas pagal 117–119 p.;

110.4. švartavimo lynų įtempimo, kai laivą veikia vėjas ir vandens tėkmė, apkrovas pagal 120 ir 124 p.

Pastaba. Nustatant prišvartuoto laivo atsirėmimo į krantinę apkrovą, reikia įvertinti poveikius bangų, kurių elementai yra didesni už leistinas reikšmes.

II SKIRSNIS. VĖJO, TĖKMĖS IR BANGŲ APKROVOS Į PLŪDURIUOJANČIUS OBJEKTUS

111. *Vėjo poveikių* plūduriuojantiems objektams jėgų skersinę W_t , kN, ir išilginę W_l , kN, dedamąsias reikia apskaičiuoti pagal formules:

111.1. laivams ir plūdriosioms laivų krantinėms su prišvartuotais laivais:

$$W_t = 73,6 \cdot 10^{-5} A_t v_{w,t}^2 \xi; (12.1)$$

$$W_l = 49,0 \cdot 10^{-5} A_l v_{w,l}^2 \xi; (12.2)$$

111.2. plūdriesiems dokams:

$$W_t = 79,5 \cdot 10^{-5} A_t v_{w,t}^2; (12.3)$$

$$W_l = 79,5 \cdot 10^{-5} A_l v_{w,l}^2; (12.4)$$

čia: A_t ir A_l – atitinkamai šoninis ir priekinis plūduriuojančių objektų viršvandeninių silueta plotai, m^2 , atsižvelgiant į ekranuojančiuosius plotus iš priešvėjinės pusės;

$v_{w,t}$ ir $v_{w,l}$ – atitinkamai skersinė ir išilginė navigacinio laikotarpio 2 % tikimybės vėjo greičio dedamosios, m/s;

ξ – koeficientas, kurio reikšmės priklauso nuo plūduriuojančio objekto viršvandeninio silueto didžiausiojo matmens, m, – šoninio a_t , priekinio a_l :

Plūduriuojančio objekto didžiausias matmuo a_t, a_l m	≤ 25	50	100	≥ 200
Koeficientas ξ	1,00	0,80	0,65	0,50

112. *Vandens tėkmės poveikių* plūduriuojantiems objektams jėgų skersinę F_t , kN, ir išilginę F_l , kN, dedamąsias reikia apskaičiuoti pagal formules:

$$F_t = 0,59 A_{t,u} v_t^2; (12.5)$$

$$F_l = 0,59 A_{l,u} v_l^2; (12.6)$$

čia: $A_{l,u}$ ir $A_{t,u}$ – atitinkamai šoninis ir priekinis plūduriuojančių objektų povandeninių silueta plotai;

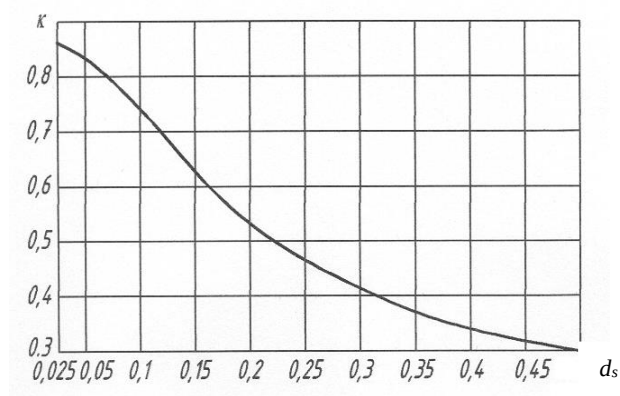
v_t ir v_l – atitinkamai skersinė ir išilginė navigacinio laikotarpio 2 % tikimybės vandens tėkmės greičio dedamosios, m/s.

113. *Bangų poveikių* plūdriajam dokui arba plūdriajai laivų krantinei su prišvartuotais laivais horizontaliosios jėgos amplitudės – skersinę Q_t , kN, ir išilginę Q_l , kN, – reikia apskaičiuoti pagal formules:

$$Q_t = \kappa \gamma_1 \rho g h A_t; (12.7)$$

$$Q_l = \kappa \rho g h A_l; (12.8)$$

čia: κ – koeficientas, nustatomas pagal 12.1 pav., kuriame d_s – laivo grimzlė, m;



12.1 pav. Koeficiento κ reikšmių grafikas

h – 5 % tikimybės sisteminės bangos aukštis, m;

A_t ir A_l – žr. 112 p.;

γ_1 – koeficientas, kurio reikšmės tokios:

$a_l / \bar{\lambda}$	$\leq 0,5$	1	2	3	≥ 4
γ_1	1	0,73	0,50	0,42	0,40

čia a_l – plaukiojančio objekto povandeninės dalies išilginio silueto didžiausias horizontalusis matmuo.

Pastaba. Bangos apkrovos periodą reikia prilyginti vidutiniam bangų periodui: $T = \bar{T}$.

114. Skaičiuojant plūduriuojančių objektų apkrovas, tenkančias palams, laivų krantinių šakninėms dalims ir inkarinėms atramoms (pagal ryšių kiekį, kalibrą ir ilgius, pradinį ryšių įtempimą, užkabinamų krovinių mases ir jų įtvirtinimo vietas), reikia nustatyti:

114.1. horizontaliąsias ir vertikaliąsias apkrovas, tenkančias statiniams ir inkarinėms atramoms;

114.2. didžiausiąsias įrašas ryšiuose;

114.3. plūduriuojančių objektų poslinkius.

Pastaba. Kai būna jūros potvyniai ir atoslūgiai, įrašas tvirtinimų elementuose reikia nustatyti esant ir žemiausiajam, ir aukščiausiajam vandens lygiams.

115. Apkrovas, tenkančias inkarinėms atramoms, įrašas ryšiuose ir plūduriuojančių objektų poslinkius reikia nustatyti įvertinant bangų poveikių dinamiką ir tenkinant reikalavimą, kad plūduriuojančių objektų laisvųjų ir priverstinių svyravimų periodų santykinai nesukeltų rezonansinių reiškinių.

III SKIRSNIS. PRIŠVARTUOTO LAIVO ATSIRĖMIMO Į STATINĮ APKROVOS

116. Prišvartuoto laivo atsirėmimo į statinį linijinę apkrovą q , kN/m, veikiant vėjui, – tėkmei ir bangoms, kurių aukštis $h_{5\%}$, m, didesnis už leistinuosius pagal 12.1 lentelę, reikia apskaičiuoti pagal formulę

$$q = 1,1 Q_{tot} / l_d, (12.9)$$

čia: Q_{tot} – vėjo, tėkmės ir bangų poveikių skersinių jėgų, apskaičiuotų pagal 111, 112 ir 113 p., suma, t. y. $Q_{tot} = W_t + F_t + Q$;

l_d – laivo ir krantinės kontakto linijos ilgis, m, priklausantis nuo krantinės ilgio L ir laivo borto tiesiosios dalies ilgio l , t. y. jei $L \geq l$, tai $l_d = l$; jei $L < l$, tai $l_d = L$.

Pastaba. Jei laivo krantinė sudaryta iš kelių atramų arba palų, tai apkrova išskirstoma tik toms, kurios yra laivo borto tiesiojoje dalyje.

12.1 lentelė

Leistinieji bangų aukščiai $h_{5\%}$, m

Bangų fronto kampas su laivo skersmens plokštuma α , laipsniais	Laivo skaičiuotinė vandentalpa, tūkst. t						
	≤ 2	5	10	20	40	100	≥ 200
≤ 45	0,6	0,7	0,9	1,1	1,2	1,5	1,8
90	0,9	1,2	1,5	1,8	2,0	2,5	3,2

IV SKIRSNIS. LAIVO ATSIRĖMIMO PRIPLAUKIANT PRIE STATINIO APKROVA

117. Kinetinę laivo atsirėmimo energiją E_t , kJ, priplaukiant prie krantinės, reikia apskaičiuoti pagal formulę

$$E_t = \psi D v^2 / 2, (12.10)$$

čia: D – skaičiuotinė laivo vandentalpa, t;

v – normalinė (statmena krantinės linijai) laivo priplaukimo greičio dedamoji, m/s, nustatoma pagal 12.2 lentelę;

ψ – koeficientas, nustatomas pagal 12.3 lentelę; kai laivai priplaukia tušti arba su balastu, $\psi^I = 0,85 \psi$.

12.2 lentelė

Normaliniai laivų priplaukimo greičiai v , m/s

Laivai	Normaliniai greičiai, kai D (tūkst. tonų)						
	< 2	5	10	20	40	100	≥ 200
Jūrų	0,22	0,15	0,13	0,11	0,10	0,09	0,08
Upių	0,20	0,15	0,10	–	–	–	–

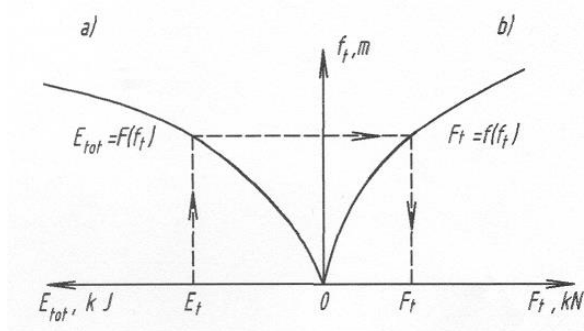
Pastaba. v reikšmės koreguojamos pagal (12.13) formulę.

12.3 lentelė

Koeficiento ψ reikšmės

Laivų krantinių konstrukcijos	ψ reikšmės laivams	
	Jūrų	Upių
Krantinės iš įprastinių, fasoninių, gigantiškų masyvų, didelio skersmens kevalų, kampinio tipo; įlaidinės, polinės su priekine įlaidine siena	0,50	0,80
Estakadinio ar tiltinio tipo, polinės su užpakaline įlaidine siena krantinės	0,55	0,40
Estakadinio ar tiltinio tipo pirsai, krantiniai palai	0,65	0,45
Krantiniai antgalviniai arba posūkių palai	1,60	–

118. Laivo atsirėmimo priplaukiant prie statinio skersinę horizontaliąją jėgą F_t , kN, reikia nustatyti pagal duotąją laivo atsirėmimo energijos E_t , kJ, reikšmę, sudarant grafiką pagal 12.2 pav. ir laikantis paveiksle strėlėmis parodytos veiksmų sekos.



12.2 pav. Laivų atmušimo įtaisų (ir laivų krantinės) deformacijų f_t scheminė priklausomybė: a) nuo energijos E_{tot} ; b) nuo apkrovos F_t

118.1. Suminė deformacijos energija E_{tot} , kJ, turi apimti ir atmušimo įtaisų deformacijos energiją E_e , kJ, ir laivų krantinės statinio deformacijos energiją E_i , kJ; kai $E_i < 0,1E_e$, į ją galima neatsižvelgti.

118.2. Krantinės statinio deformacijos energiją E_i , kJ, reikia apskaičiuoti pagal formulę

$$E_i = 0,5F_t^2 / k, \quad (12.11)$$

čia k – krantinės standumo horizontaliąja skersine kryptimi koeficientas, kN/m.

118.3. Laivo atsirėmimo priplaukiant prie statinio išilginė jėga F_l , kN, turi būti apskaičiuota pagal formulę

$$F_l = \mu F_t, \quad (12.12)$$

čia: μ – trinties koeficientas; kai paviršius betoninis ar guminis, $\mu = 0,5$; kai paviršius medinis, $\mu = 0,4$.

119. Normalinės (statmenos statinio paviršiui) laivo priplaukimo greičio dedamosios v_{adm} , m/s, reikšmė turi būti patikslinta pagal formulę

$$v_{adm} = \sqrt{2E'_{tot} / (\psi D)}. \quad (12.13)$$

čia E'_{tot} – atsirėmimo energija, kJ, atskaitoma iš grafikų, sudarytų pagal 12.2 pav., a schemą, pagal mažiausią leistiną jėgą F'_t laivų krantinės statiniui (arba laivo bortui); ψ ir D – žr. 117 p. žymenis.

V SKIRSNIS. ŠVARTAVIMO LYNŲ ĮTEMPIMO APKROVOS

120. Švartavimo lynų įtempimo apkrovos turi būti nustatytos įvertinant vieną skaičiuotinį laivą veikiančios vėjo ir tėkmės suminės skersinės jėgos $Q_{tot}^I = W_t + F_t$, kN, išskirstymą švartavimo stulpeliams (arba ąsoms). W_t ir F_t reikšmės apskaičiuojamos pagal 111 ir 112 punktus.

121. Vienam stulpeliui (arba ąsai) tenkančią jėgą S , kN, snapelio lygyje (12.3 pav.) (nepriklausomai nuo kiekio laivų, kurių švartavimo lynai užkabinti už stulpelio), taip pat kitas jėgas – S projekcijas: skersinę S_t , kN, išilginę S_l , kN, ir vertikaliąją S_v , kN, – reikia apskaičiuoti pagal formules:

$$S = Q_{tot}^I / (n \cdot \sin \alpha \cdot \cos \beta); \quad (12.14)$$

$$S_t = Q_{tot}^I / n; \quad (12.15)$$

$$S_l = S \cdot \cos \alpha \cdot \cos \beta; \quad (12.16)$$

$$S_v = S \cdot \sin \beta; \quad (12.17)$$

čia: n – veikiančių stulpelių kiekis, žr. 12.4 lentelę;

α, β – švartavimo lyno polinkio kampai, žr. 12.5 lentelę.

12.4 lentelė

Veikiančių švartavimo stulpelių kiekis

Didžiausias laivo ilgis l_{max} , m	≤ 50	150	250	≥ 300
Didžiausias atstumas tarp stulpelių l_s , m	20	25	30	30
Veikiančių stulpelių kiekis n	2	4	6	8

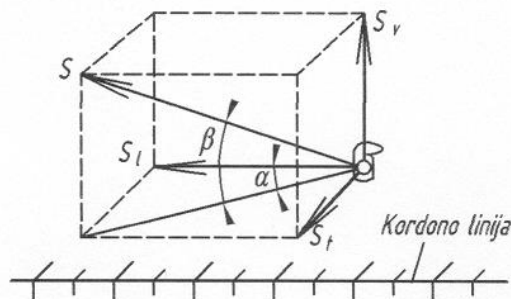
12.5 lentelė

Švartavimo lyno polinkio kampai

		Kampai, laipsniais ($^{\circ}$)
--	--	-----------------------------------

Laivai	Stulpelių padėtis	α	β	
			1*	2*
Jūrų	Kordone	30	20	40
	Užnugaryje	40	10	20
Upių keleiviniai ir krovininiai-keleiviniai	Kordone	45	0	0
Upių krovininiai	Kordone	30	0	0

Pastabos: 1* – laivas pakrautas; 2* – laivas be krūvio. Kai stulpeliai stovi ant atskirų pamatų, $\beta = 30^\circ$.



12.3 pav. Švartavimo lyno įtempimo jėgos pasiskirstymo į vieną stulpelį schema

122. Upių laivų švartavimo lyno įtempimo jėga S , kN, gali būti nustatyta pagal 12.6 lentelę.

12.6 lentelė

Upių laivų švartavimo lyno įtempimo jėga

Skačiuotinė pakrauto laivo vandentalpa D , tūkst. t.	Laivų švartavimo lyno įtempimo jėga S , kN	
	Keleivinių, krovininių ir keleivinių, techninio laivyno su ištisiniu antstatu	Keleivinių ir techninio laivyno be ištisinio antstato
$\leq 0,10$	50	30
0,11–0,50	100	50
0,51–1,0	145	100
1,1–2,0	195	125
2,1–3,0	245	145
3,1–5,0	–	195
5,1–10,0	–	245
> 10	–	295

123. Jėgą, perduodamą kiekvienam galiniam stulpeliui priekiniais arba užpakaliniais išilginiais švartavimo lynais, jūrų laivams, kurių skaičiuotinė vandentalpa $> 50\,000$ tonų, reikia imti lygią suminei išilginei jėgai $Q_{l,tot} = W_l + F_l$, kN; jėgos W_l ir F_l aptartos 111 ir 112 p.

124. Specializuotoms jūrų uostų krantinėms, sudarytoms iš technologinės aikštelės ir atskirai stovinčių palų, suminių jėgų Q_{tot} ir $Q_{l,tot}$ reikšmės turi būti paskirstytos švartavimo lynų grupėms taip:

124.1. priekiniams, užpakaliniams išilginiams ir prispaudimo lynams – po $0,8 Q_{tot}$;

124.2. špringams – $0,6 Q_{tot}$.

Pastaba. Jei kiekviena švartavimo lynų grupė uždedama ant keleto palų, tai bendrąją jėgą jiems leidžiama paskirstyti po lygiai. Kampų α ir β reikšmės (žr. 12.2 pav., b) ir veikiančių stulpelių skaičių reikia nustatyti pagal švartavimo palų išsidėstymą.

XIII SKYRIUS. KITI POVEIKIAI IR APKROVOS

125. Pagrindinių poveikių ir apkrovų į HTS kompleksas aptartas hidrotechnikos statinių projektavimą reglamentuojančiuose normatyviniuose statybos techniniuose dokumentuose.

126. Iš 125 p. minėto komplekso, išskyrus šio Reglamento V–XI skyriuose aprašytus poveikius ir apkrovas, projektuojant HTS dar turi būti įvertinami tokie poveikiai ir apkrovos:

126.1. statinio ir konstrukcijų savasis svoris;

- 126.2. įtvirtintosios įrangos (uždorių, hidroagregatų ir pan.) svoris;
- 126.3. su statiniu ir konstrukcijomis susijusio grunto svoris;
- 126.4. grunto šoninio slėgio jėgos;
- 126.5. susikaupusių nuosėdų svoris bei šoninis slėgis;
- 126.6. konstrukcijų išankstinio įtempio apkrovos;
- 126.7. temperatūros poveikiai;
- 126.8. krovos ir transporto priemonių, sandėliuojamų krovinių apkrovos;
- 126.9. sniego apkrovos;
- 126.10. vėjo apkrovos;
- 126.11. seisminiai poveikiai.

127. 126.1–126.11 p. išvardytų poveikių ir apkrovų apskaičiavimų pagrindiniai nurodymai:

127.1. HTS ir jo konstrukcijų savojo svorio apskaičiavimai turi būti atlikti vadovaujantis STR 2.05.04:2003 [7.3] IX skyriaus 108–125 p. pateiktais nurodymais. Skaičiuojama pagal nominalius statinio ir konstrukcijų matmenis ir normatyvinius tankius (vienetinius svorius). Išsamūs duomenys apie įvairių medžiagų tankius yra pateikti minėto STR 11 priede;

127.2. HTS įrangos svoris nustatomas pagal įrangos specifikaciją, o pradinėse projektavimo stadijose – pagal analogus ir (ar) empirines formules. Turi būti aiškiai atskirta įtvirtintoji HTS įranga (uždoriai, hidroagregatai ir pan.) ir neįtvirtintoji įranga, nes jos priskiriamos skirtingoms – nuolatinių ir kintamųjų – poveikių ir apkrovų grupėms. Jei statinyje gali būti numatyta sandėliuoti medžiagas arba įrangą, reikia atsižvelgti ir į anksčiau minėto STR VIII skyriaus, 104–107 p. HTS veikia ir įvairios naudojimo apkrovos; jas reglamentuoja anksčiau minėto STR X skyriaus 126–146 p;

127.3. su statiniu ir jo konstrukcijomis susijusio grunto bei nuosėdų svoris apskaičiuojamas 124.1 p. nurodytu būdu; grunto kontūrai nustatomi vadovaujantis geotechnikos normatyviniais dokumentais [7.5, 7.17–7.19]. Tais pačiais dokumentais vadovaujamasi ir apskaičiuojant grunto bei nuosėdų slėgius į HTS, įvertinant, jei reikia, HTS specifiką;

127.4. konstrukcijų išankstinio įtempio apkrovos turi būti apskaičiuojamos vadovaujantis normatyviniais dokumentais [7.8–7.16]. Šios apkrovos priskiriamos prie nuolatinių apkrovų [7.3], atsirandančių dėl konstrukcijos kontroliuojamų jėgų ir (arba) deformacijų;

127.5. temperatūros poveikiai nagrinėjami susiejant su klimato temperatūros pokyčiais ir vertinami vadovaujantis STR 2.05.04:2003 [7.3]. Jie priskiriami prie kintamųjų laisvųjų poveikių ir reglamentuojami minėto STR XIV skyriuje. Atskirai aptariami apledėjimo poveikiai, kurių dydžius privaloma apskaičiuoti vadovaujantis XV skyriaus nuorodomis;

127.6. sausumos HTS apkrovos, atsirandančios dėl krovos ir transporto priemonių, turi būti apskaičiuotos vadovaujantis STR 2.05.04:2003 [7.3] XIII skyriaus nuorodomis, o jūrų HTS – pagal specialiųjų normatyvinių dokumentų reikalavimus. Su anksčiau minėtomis apkrovomis siejamos ir sandėliuojamų krovinių apkrovos, kurios jau aptartos 127.2 p.;

127.7. sniego apkrovos apskaičiuojamos vadovaujantis STR 2.05.04:2003 [7.3] XI skyriaus nurodymais. Daugumai HTS šios apkrovos nėra reikšmingos, todėl dažnai įvertinamos supaprastintais metodais;

127.8. bendrosios vėjo apkrovų skaičiavimų nuostatos pateiktos STR 2.05.04:2003 [7.3] XII skyriuje. Atskiriems HTS, pvz., žemių užtvankoms, jos nėra reikšmingos, todėl dažnai įvertinamos supaprastintais metodais;

127.9. seisminiai poveikiai Lietuvos HTS nereikšmingi ir nevertinami.

XIV SKYRIUS. BAIGIAMOSIOS NUOSTATOS

128. Ginčai dėl Reglamento taikymo nagrinėjami įstatymų numatyta tvarka.

SKAIČIUOTINIAI VANDENS LYGIAI

1. Upių bei kanalų HTS skaičiuotiniai vandens lygiai yra susieti su vandens debitais, kurių tikimybės ir skaičiuotinės reikšmės nustatomos pagal hidrotechnikos statinių projektavimą reglamentuojančius normatyvinius statybos techninius dokumentus, VII skyriaus I skirsnio nurodymus.

2. Nustatant jūrų uostų HTS poveikius ir apkrovas, aukščiausių vandens lygių skaičiuotinės tikimybės turi būti ne didesnės kaip:

- CC4 pasekmių klasės statiniams – 1 % (1 kartą per 100 metų);
- CC3 pasekmių klasės statiniams – 5 % (1 kartą per 20 metų);
- CC2 ir CC1 pasekmių klasių statiniams – 10 % (1 kartą per 10 metų).

Pastabos: 1. Žemiausių vandens lygių tikimybės tokios (jei nenurodoma kitaip):

CC4–CC3 pasekmių klasių uostų HTS – 99–98 %;

CC2–CC1 pasekmių klasių HTS – 97–95 %.

2. Analogiškai reikalavimai taikomi ir ežerų bei vandens saugyklų HTS.

3. Projektuojant jūrų krantosaugos statinius vandens lygių skaičiuotines tikimybes reikia nustatyti pagal 1 lentelę.

1 lentelė

Jūrų krantosaugos statinių vandens lygių skaičiuotinės tikimybės

Krantosaugos statiniai	Tikimybė, %, kai statinių pasekmių klasės		
	CC3	CC2	CC1
1. Atraminės gravitacinės sienos (apsaugai nuo bangų)	1	25	50
2. Būnės ir povandeniniai bangolaužiai	–	–	50
3. Dirbtiniai paplūdimiai:			
a) be statinių	–	–	1
b) su statiniais (būnėmis, povandeniniais bangolaužiais)	–	–	50

Pastabos: 1. CC3, CC2 ir CC1 (3a p.) pasekmių klasių krantosaugos statiniams skaičiuotinių lygių tikimybes reikia nustatyti pagal aukščiausiuosius metinius lygius.

2. CC1 pasekmės klasės (1, 2, 3b p.) krantosaugos statiniams skaičiuotinių lygių tikimybes reikia nustatyti pagal vidutinius metinius lygius.

4. Atitinkamų tikimybių būdingieji skaičiuotiniai vandens lygiai turi būti apskaičiuojami statistiškai apdorojant ≥ 25 metų būdingųjų metinių vandens lygių duomenis. (Su laivyba susijusių HTS atveju fiksuojami navigacinio laikotarpio vandens lygiai.) Taip pat reikia įvertinti potvynių ir atoslūgių, sampūtų ir nuopūtų, sezoninius ir metinius vandens lygio svyravimus.

5. Vėjo sampūtos aukštį Δh_{set} , m, reikia imti pagal natūrinių stebėjimų duomenis, o jų nesant (neatsižvelgiant į kranto linijos konfigūraciją ir apibendrinant dugno gylį d) leidžiama nustatyti priartėjimo metodu pagal formulę

$$\Delta h_{set} = k_w v_w^2 L \cos \beta_w / [g(d + 0,5\Delta h_{set})], \quad (1)$$

čia: k_w – koeficientas, apskaičiuojamas pagal formulę:

$$k_w = (0,3 + 0,09v_w) \cdot 10^{-6}; \quad (2)$$

v_w – skaičiuotinis vėjo greitis, m/s (žr. 2 priedą);

L – įsibangavimo atstumas, m (žr. 2 priedą);

β_w – kampas tarp išilginės vandens telkinio ašies ir vėjo krypties, laipsniais;

g – gravitacinis pagreitis, $g = 9,81 \text{ m/s}^2$.

SKAIČIUOTINĖS VĖJO CHARAKTERISTIKOS. ĮSILANGAVIMO ATSTUMAI

□□□□□□□□□□

1. Vėjinių bangų elementams ir vėjo sampūtos aukščiui nustatyti svarbių audrų vėjų skaičiuotines tikimybes reikia nustatyti pagal statinių pasekmių klases:

- CC4 ir CC3 klasių – 2 % (1 kartą per 50 metų);
- CC2 ir CC1 klasių – 4 % (1 kartą per 25 metus).

Pastaba. CC4 ir CC3 pasekmių klasių statiniams leidžiama audrų vėjų skaičiuotinę tikimybę imti 1 % (1 kartą per 100 metų) atitinkamai pagrindžiant.

2. Vėjo greičio tikimybės derinimą su vandens lygio tikimybe (vandens saugykloms – su NPL) CC4 ir CC3 pasekmių klasių statiniams reikia atlikti pagal 1 priedo 2 ir 3 p. ir patikslinti pagal natūrinių stebėjimų duomenis.

3. Atitinkamų tikimybių audrų vėjų greičius reikia apskaičiuoti statistškai apdorojant ≥ 25 metų didžiausiųjų vėjų greičių, užfiksuotų, kai nėra ledo, duomenis, atsižvelgiant į audrų trukmę, erdvinį pasiskirstymą ir perskaičiuojant į 10 m aukštį.

Pastabos: 1. Skaičiuotinius vėjų greičius leidžiama nustatyti neatsižvelgiant į jų trukmę, kai įsibangavimo atstumas < 100 km.

2. Skaičiuotinius vėjų greičius reikia nustatyti atsižvelgiant į jų erdvinį pasiskirstymą, kai įsibangavimo atstumas > 100 km.

3. Įsibangavimo atstumo nustatymą žr. 5 p.

4. Skaičiuotinis vėjo greitis v_w , m/s, 10 m aukštyje virš vandens lygio, turi būti apskaičiuojamas pagal formulę

$$v_w = k_{\Pi} k_l v_l, (1)$$

čia k_{Π} – fliugerių matuotų vėjo greičių perskaičiavimo koeficientas:

$$k_{\Pi} = 0,675 + 4,5 / v_l \leq 1, (2)$$

čia v_l – vėjo greitis 10 m virš žemės paviršiaus, atitinkantis 10 minučių stebėjimo duomenų apibendrinimą ir 1 p. nurodytą tikimybę:

$$v_l = v_z (1,33 - 0,33 \lg z), (3)$$

čia: v_z – vėjo greitis, matuotas z , m, aukštyje virš žemės paviršiaus;

k_l – koeficientas vėjo greičio padidėjimui virš vandens paviršiaus įvertinti (žr. 1 lentelę).

1 lentelė

Koeficiento k_l reikšmės

Vėjo greitis v_l , m/s	Vietovės tipai*			
	I	A	B	C
10	1,00	1,10	1,30	1,47
15	1,00	1,10	1,28	1,44
20	1,00	1,09	1,26	1,42
25	1,00	1,09	1,25	1,39
30	1,00	1,09	1,24	1,38
35	1,00	1,09	1,22	1,36
40	1,00	1,08	1,21	1,34

*Tipų apibūdinimas:

I – lygi smėlinga arba apsnigta vietovė;

A – atviros jūrų, ežerų ir vandens saugyklų pakrantės;

B – miestai, miškų masyvai su tolygaus didesnio kaip 10 m aukščio kliūtimis;

C – miestų rajonai, užstatyti aukštesniais kaip 25 m statiniais.

Pastabos: 1. A, B ir C tipai analogiškai [7.3] nurodytiems tipams.

2. Vietovės tipas nustatomas pagal padėtį priešvėjinėje zonoje 30 h atstumu, kai kliūtis $h < 60$ m, ir

2 km atstumu, kai $h > 60$ m.

5. Apibendrinti Lietuvos skaičiuotiniai audrų vėjų greičiai, atitinkantys 2 % tikimybę (kuri nurodoma STR 2.05.04:2003 [7.3]), pateikti 2 lentelėje.

2 lentelė

Skaičiuotiniai audrų vėjų greičiai v_l , 2%, m/s

Meteorologijos stotis	R u m b a i							
	Š	ŠR	R	PR	P	PV	V	ŠV
Biržai	12,0	12,0	15,0	16,0	16,0	17,0	17,0	16,0
Telšiai	16,0	14,0	15,0	19,0	19,0	19,0	20,0	18,0
Šiauliai	18,0	15,0	16,0	17,0	17,0	18,0	18,0	18,0
Klaipėda	26,0	16,0	17,0	20,0	23,0	33,0	34,0	31,0
Laukuva	13,0	16,0	17,0	18,0	19,0	19,0	19,0	16,0
Ukmergė	20,0	20,0	15,0	20,0	20,0	22,0	22,0	22,0
Kaunas	13,0	14,0	15,0	15,0	17,0	21,0	22,0	17,0
Kybartai	12,0	14,0	18,0	18,0	17,0	19,0	22,0	18,0
Vilnius	19,0	17,0	18,0	19,0	18,0	20,0	20,0	20,0
Varėna	16,0	12,0	14,0	16,0	17,0	18,0	19,0	19,0

Pastaba. Kitų būdingų tikimybių audrų vėjų greičiai gali būti nustatomi 2 lentelėje nurodytus vėjo greičius dauginant iš STR.2.05.04:2003 [7.3] 196 p. pagal pateiktą išraišką (12.6) apskaičiuotų koeficientų $K_{\%}$:

Tikimybė, %	0,1	1	2	4	5	10	13	50
Koeficientas $K_{\%}$	1,157	1,038	1	0,960	0,946	0,903	0,885	0,777

6. Įsibangavimo atstumo nustatymas:

6.1. preliminarajam bangų elementų nustatymui didelėje akvatorijoje vidutinę įsibangavimo atstumo reikšmę L_m , m, atitinkančią skaičiuotinį vėjo greitį v_w □ □ m/s, leidžiama apskaičiuoti pagal formulę:

$$L_m = 5 \cdot 10^6 / v_w; \quad (4)$$

6.2. ribinio įsibangavimo didelėje akvatorijoje atstumo reikšmės L_u , km, leidžiama imti tokias:

Vėjo greitis v_w , m/s	20	25	30	40	50
Ribinio įsibangavimo reikšmės L_u , km	1600	1200	600	200	100

6.3. apribotoje sudėtingos konfigūracijos akvatorijoje, pvz., vandens saugykloje, vietoj L_m bei L_u reikšmių turi būti naudojama ekvivalentinė reikšmė L_e , apskaičiuojama, pvz., pagal formulę

$$L_e = 0,27L_1 + 0,85(L_2 + L_{-2}) + 0,5(L_3 + L_{-3}), \quad (5)$$

čia: L_1 – įsibangavimo atstumas pagrindine vėjo kryptimi nuo pavėjinio kranto nagrinėjamojo taško (1) link;

L_2, L_{-2} – spindulių, išvestų iš (1) taško $+22,5^0$ ir $-22,5^0$ kampais nuo L_1 linijos iki pavėjinio kranto, ilgiai;

L_3, L_{-3} – spindulių, išvestų iš (1) taško $+45^0$ ir -45^0 kampais nuo L_1 linijos iki pavėjinio kranto, ilgiai.

Pastaba. L dydžių skaičiavimai dar nagrinėjami 3 priede.

ATVIRŲ IR ATITVERTŲ AKVATORIJŲ BANGŲ ELEMENTAI

I SKIRSNIS. BANGŲ FORMAVIMOSI SĄLYGOS

1. Nustatant atvirų ir atitvertų akvatorių bangų elementus – aukštį h , ilgį λ ir periodą T – turi būti atsižvelgta į šias bangas formuojančius veiksnius: vėjo greitį (jo dydį ir kryptį), nepertraukiamo vėjo veikimo virš vandens paviršiaus trukmę, vėjo apimtos akvatorijos matmenis ir konfigūraciją, dugno reljefą ir vandens telkinio gylį, vandens lygio svyravimus.

2. Skaičiuojant bangų elementus, vandens telkinyje išskiriamos tokios gylių zonos:

2.1. giliavandenė – kai gylis $d > 0,5\bar{\lambda}_d$, kur dugnas nedaro įtakos pagrindinėms bangų charakteristikoms; čia $\bar{\lambda}_d$ – giliavandenės zonos vidutinis bangos ilgis;

2.2. sekliavandenė – kai gylis d yra intervale $0,5\bar{\lambda}_d > d > d_{cr}$, kur dugnas daro įtaką bangų vystymuisi ir pagrindinėms jų charakteristikoms; čia d_{cr} – gylis, kuriam esant pirmąjį kartą gožta bangos;

2.3. mūšos – kai gylis d yra intervale $d_{cr} > d > d_{cr,u}$, kurio ribose prasideda ir baigiasi bangų gožimas; čia $d_{cr,u}$ – gylis, kuriam esant bangos gožta paskutinįjį kartą;

2.4. priekrantės – kai gylis mažesnis už $d_{cr,u}$; šioje zonoje sugožusios bangos periodiškai užsivira ant kranto.

3. Nustatant HTS ir jų elementų stabilumą ir stiprumą, turi būti atsižvelgta į sisteminių bangų aukščių skaičiuotines tikimybes. Jas reikia nustatyti pagal 1 lentelę.

1 lentelė

Sisteminių bangų aukščių skaičiuotinės tikimybės

HTS, šlaitai	Tikimybė, %
Vertikalojo profilio statiniai	1
Kiauriniai statiniai ir aptekamosios kliūtys, kai jų pasekmių klasės: CC4 CC2 CC2, CC1	1 5 13
Krantosaugos statiniai, kai jų pasekmių klasės: CC4, CC3 CC2, CC1	1 5
Uostų akvatorių apsaugos statiniai	5
Šlaitinio profilio atitveriamieji statiniai, sutvirtinti: betoninėmis, gelžbetoninėmis plokštėmis akmenų metiniu, paprastais arba betoniniais masyvais	1 2
Bangų užsivirimo ant šlaito aukščiai	1

Pastabos: 1. Nustatant atvirose akvatorijose statomų kiaurinių statinių aukščių altitudes, tinkamai pagrindus leidžiama sisteminių bangų aukščių skaičiuotinę tikimybę imti 0,1%.

2. Nustatant apkrovas į statinius būtina imti nurodytos tikimybės sisteminės bangos aukštį h_i ir vidutinį bangos ilgį $\bar{\lambda}$.

3. Didžiausiąjį bangų poveikį kiaurinėms konstrukcijoms reikia nustatyti nagrinėjant variantus su skaičiuotiniais bangos ilgiais intervale nuo $0,8\bar{\lambda}$ iki $1,4\bar{\lambda}$.

II SKIRSNIS. GILIAVANDENĖS ZONOS BANGŲ ELEMENTAI

4. Plati akvatorija, tolima ($L \geq L_m$, žr. 2 priedą) arba tiesi priešvėjinio kranto linija:

4.1. vidutinį bangos aukštį $\bar{h}_d$, m, giliavandenėje zonoje reikia apskaičiuoti pagal formulę

$$\bar{h}_d = (g\bar{h}/v_w^2)_{\min} \cdot (v_w^2/g), \quad (1)$$

čia $(g\bar{h}/v_w^2)_{\min}$ – mažiausias bedimensis $\bar{h}$ parametras, nustatomas pagal santykius (gL/v_w^2) ir (gt/v_w) iš 1 pav. pagal viršutinę gaubiančiąją kreivę, t. y.:

$$(g\bar{h}/v_w^2)_{\min} = \min\{[(g\bar{h}/v_w^2)_L = f_1(gL/v_w^2)]; [(g\bar{h}/v_w^2)_t = f_2(gt/v_w)]\}. \quad (1a)$$

Pastaba. Esant įsibangavimo ruože kintantiems vėjo greičiams, $\bar{h}_d$ leidžiama apskaičiuoti nuosekliai nustatant bangų aukščius ruožams su pastoviomis vėjo greičio reikšmėmis;

4.2. sisteminės bangos i , %, tikimybės aukštį $h_{d,i}$, m, reikia apskaičiuoti pagal formulę

$$h_{d,i} = k_i \bar{h}_d, \quad (2)$$

čia: k_i – tikimybės koeficientas, gaunamas iš 2 pav. pagal santykį (gL/v_w^2) ir i , % reikšmę, t. y.:

$$k_i = f_3[(gL/v_w^2); i], \quad (2a)$$

4.3. vidutinį bangos periodą $\bar{T}_d$, s, reikia apskaičiuoti pagal formulę

$$\bar{T}_d = (g\bar{T}/v_w) \cdot (v_w/g), \quad (3)$$

čia $(g\bar{T}/v_w)$ – bedimensis $\bar{T}$ parametras, nustatomas pagal santykį $(g\bar{h}/v_w^2)_{\min}$ (žr. (1) formulę), ir 1 pav., t. y.:

$$(g\bar{T}/v_w) = f_4(g\bar{h}/v_w^2)_{\min}; \quad (3a)$$

4.4. vidutinį bangų ilgį $\bar{\lambda}_d$, m, reikia apskaičiuoti pagal formulę

$$\bar{\lambda}_d = 0,5g\bar{T}_d^2/\pi = 1,56\bar{T}_d^2; \quad (4)$$

4.5. bangos keteros iškilimą η_c , m, aukščiau skaičiuotinio vandens lygio reikia apskaičiuoti pagal formulę

$$\eta_{c,d} = (\eta_c/h_i) \cdot h_{d,i}, \quad (5)$$

čia (η_c/h_i) – bedimensis dydis, nustatomas pagal santykį $(h_i/g\bar{T}^2)$ ir santykį $d/\bar{\lambda}_d = 0,5$ iš 3 pav., t. y.:

$$(\eta_c/h_i) = f_5[(h_i/g\bar{T}^2); d] \quad (5a)$$

Pavyzdys.

Duota: $L = 10\,000$ m; $t = 2h = 7200$ s; $v_w = 20$ m/s; $i = 1\%$.

Sprendimas:

– vidutinis bangos aukštis – pagal (1) formulę

$$\bar{h}_d = (g\bar{h}/v_w^2)_{\min} \cdot (v_w^2/g) = 0,027(20^2/9,81) = 1,10 \text{ m};$$

čia (pagal (1a) išraišką ir 1 pav.):

$$\begin{aligned} (g\bar{h}/v_w^2)_{\min} &= \min[f_1(gL/v_w^2); f_2(gt/v_w)] = \\ &= \min[f_1(9,81 \cdot 10000/20^2); f_2(9,81 \cdot 7200/20)] = \\ &= \min[f_1(245); f_2(3532)] = \min[0,027; 0,055] = 0,027; \end{aligned}$$

– sisteminės bangos 1 % tikimybės aukštis pagal (2) formulę

$$h_{d,1\%} = k_{1\%} \cdot \bar{h}_d = 2,10 \cdot 1,10 \text{ m} = 2,31 \text{ m};$$

čia (pagal (2a) išraišką ir 2 pav.):

$$k_{1\%} = f_3[(gL/v_w^2); i] = f_3[(245); 1\%] = 2,10;$$

– vidutinis bangos periodas – pagal (3) formulę

$$\bar{T}_d = (g\bar{T}/v_w) \cdot (v_w/g) = 2,09(20/9,81) = 4,3 \text{ s};$$

čia (pagal (3a) išraišką ir 1 pav.):

$$(g\bar{T}/v_w) = f_4(g\bar{h}/v_w)_{\min} = f_4(0,027) = 2,09;$$

– vidutinis bangos ilgis – pagal (4) formulę

$$\bar{\lambda}_d = 1,56 \cdot \bar{T}_d^2 = 1,56 \cdot 4,3^2 = 28,6 \text{ m};$$

– bangos kitos iškilimas aukščiau skaičiuotinio VL – pagal (5) formulę

$$\eta_{c,d} = (\eta_c / h_i) \cdot h_{d,i\%} = 0,59 \cdot 2,31 = 1,36 \text{ m};$$

čia (pagal (5a) išraišką ir 3 pav.):

$$(\eta_c / h_i) = (\eta_c / h_{1\%}) = f_5[h_{1\%} / g\bar{T}^2; d / \bar{\lambda}_d] = f_5[(2,3/9,81 \cdot 4,3^2); 0,5] = f_5[0,013; 0,5] = 0,59.$$

5. Plati akvatorija, sudėtinga įsibangavimo zonos konfigūracija:

5.1. sudėtingos konfigūracijos priešvėjinis krantas:

5.1.1. kranto linijos konfigūracija laikoma sudėtinga, jeigu dydis $L_{\max} / L_{\min} \geq 2$, čia $L_{\max}$ ir

$L_{\min}$ – atitinkamai ilgiausias ir trumpiausias spinduliai, išvesti iš skaičiuotinio taško ± 45 laipsnių sektoriuje nuo vėjo krypties iki sankirtos su priešvėjiniu krantu; mažesnio kaip 22,5 laipsnių kampinio dydžio kliūtys neįvertinamos;

5.1.2. vidutinį bangų aukštį $\bar{h}_d$, m, reikia apskaičiuoti pagal formulę

$$\bar{h}_d = 0,1 \sqrt{25(\bar{h}_1)^2 + 21((\bar{h}_2)^2 + (\bar{h}_{-2})^2) + 13((\bar{h}_3)^2 + (\bar{h}_{-3})^2) + 3,5((\bar{h}_4)^2 + (\bar{h}_{-4})^2)}, \quad (6)$$

čia: $\bar{h}_n$, m (kai $n = 1, \pm 2, \pm 3, \pm 4$) – vidutiniai bangų aukščiai, kurie turi būti nustatomi pagal skaičiuotinį vėjo greitį ir spindulį L_n , m, projekcijas į pagrindinio spindulio kryptį, sutampančią su vėjo kryptimi. Spinduliai išvedami iš skaičiuotinio taško iki sankirtos su kranto linija $\pm 22,5(n-1)$ laipsnių intervalais nuo pagrindinio spindulio (iš viso reikia apskaičiuoti 7 $\bar{h}_n$ reikšmes). Taikoma formulė

$$\bar{h}_{d,n} = (g\bar{h}/v_w^2)_{L,n} \cdot (v_w^2/g); \quad (7)$$

čia $(g\bar{h}/v_w^2)_{L,n}$ – bedimensis $\bar{h}$ parametras, nustatomas pagal santykį (gL_n/v_w^2) iš 1 pav. pagal viršutinę gaubiančiąją kreivę, t. y.:

$$(g\bar{h}/v_w^2)_{L,n} = f_1(gL_n/v_w^2); \quad (7a)$$

5.1.3. sisteminės bangos i , %, tikimybės aukštis $h_{d,i}$, m, apskaičiuojamas pagal (2) formulę; koeficientui k_i nustatyti reikalingas dydis (gL/v_w^2) nustatomas pagal santykį $(g\bar{h}/v_w^2) = (g\bar{h}_d/v_w^2)$ iš 1 pav. pagal viršutinę gaubiančiąją kreivę, t. y.:

$$(gL/v_w^2) = f_6(g\bar{h}_d/v_w^2); \quad (8)$$

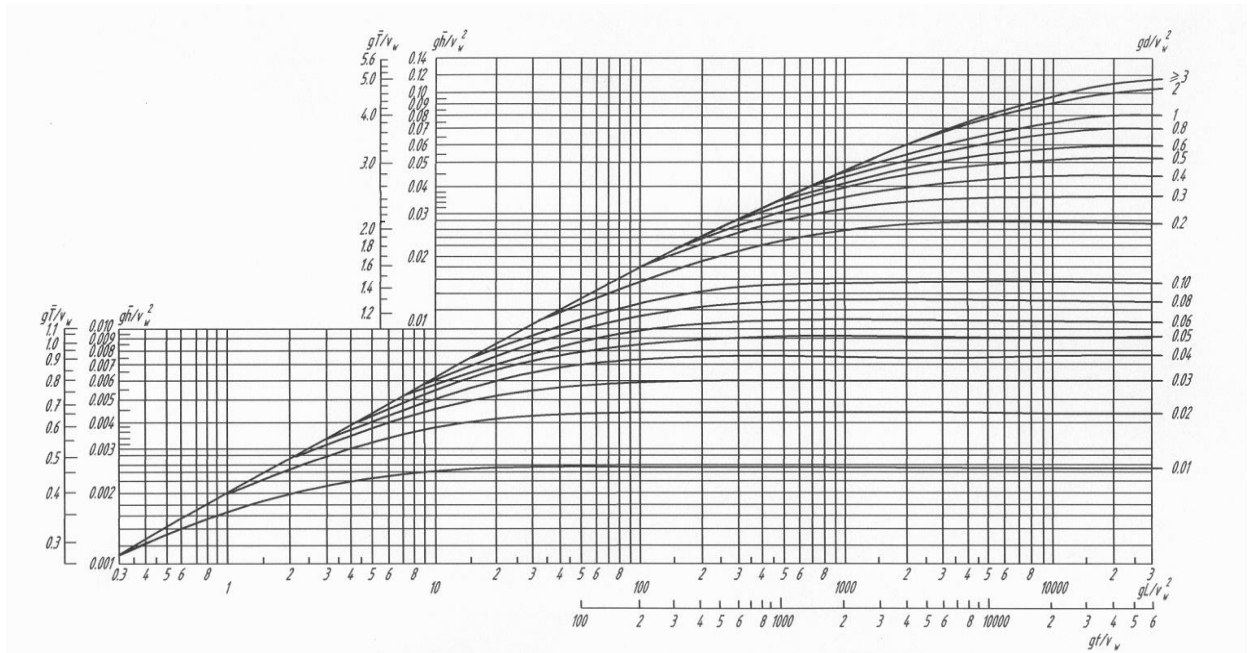
5.1.4. vidutinis bangos periodas $\bar{T}$, s, nustatomas pagal 4.2 p.;

5.1.5. vidutinį bangų ilgį $\bar{\lambda}$, m, reikia apskaičiuoti pagal (4) formulę;

5.1.6. bangos kitos iškilimas η_c nustatomas kaip ir 4.5 p.;

5.2. salos įsibangavimo zonoje: kai šioje zonoje yra salų su kampiniais matmenimis, mažesniais kaip 22,5 laipsnio, vidutinį bangos aukštį $h_{d,n}$, m, sektoriuje n reikia apskaičiuoti pagal formulę

$$\bar{h}_{d,n} = \left(\sum_{i=1}^{k_n} \kappa_{ni} \bar{h}_{ni}^2 + \sum_{j=1}^{l_n} \nu_{nj} \bar{h}_{nj}^2 \right)^{0,5}, \quad (9)$$



1 pav. Giliavandenės ir sekliavandenės zonų bangų elementų nustatymo grafikai:

t – vėjo su greičiu v_w , m/s, veikimo trukmė; L – įsibangavimo atstumas; d – vandens gylis

čia κ_{ni} , ν_{nj} – atitinkamai i -osios salos ir j -ojo protarpio kampiniai matmenys, priklausantys n -ojo sektoriaus 22,5 laipsnio kampui ($i = 1, 2, \dots, k_n$; $j = 1, 2, \dots, l_n$); sektoriai išskiriami į abu šonus nuo centrinio ($n = 1$) su $\pm 11,25$ laipsnių kampais nuo bangų spindulio krypties.

Vidutiniai bangų aukščiai $\bar{h}_{ni}$ bei $\bar{h}_{nj}$ apskaičiuojami pagal (1) formulę, imant skaičiuotinį vėjo greitį v_w ir įsibangavimo atstumus L_{ni} ir L_{nj} , lygius spindulių projekcijoms į vėjo kryptį.

Pastaba. Visi kiti bangų parametrai toliau skaičiuojami kaip ir 5.1 p.

6. *Apribota sudėtingos konfigūracijos akvatorija.* Šiuo atveju bangų parametrai nustatomi vadovaujantis 4 p. nurodymais, apskaičiuavus L_e pagal 2 priedo (5) formulę.

Pastaba. Bangų elementai bet kokiose sudėtingos konfigūracijos akvatorijose gali būti tiksliau apskaičiuoti panaudojant specialias kompiuterių programas.

III SKIRSNIS. SEKLIAVANDENĖS ZONOS BANGŲ ELEMENTAI

7. *Sekliavandenė zona su dugno nuolydžiu $I \leq 0,001$:*

7.1. vidutinį bangų aukštį $\bar{h}$, m, sekliavandenėje zonoje reikia apskaičiuoti pagal formulę

$$\bar{h} = (g\bar{h}/v_w^2) \cdot (v_w^2/g); \quad (10)$$

čia $(g\bar{h}/v_w^2)$ – bedimensis $\bar{h}$ parametras, nustatomas pagal dydžių (gL/v_w^2) ir (gd/v_w^2) izolinijų susikirtimo tašką 1 pav., t. y.:

$$(g\bar{h}/v_w^2)_{\min} = f_7[(gL/v_w^2); (gd/v_w^2)]; \quad (11)$$

Pastaba. Įsibangavimo atstumas L nustatomas pagal II skirsnio nurodymus.

7.2. sisteminės bangos i , %, tikimybės aukštis h_i apskaičiuojamas pagal (2) formulę, bet koeficientas k_i parenkamas iš 2 pav. mažesnysis pagal formulę

$$k_i = \min\{[k_{i,L} - f_4(gL/v_w^2)]; [k_{i,d} = f_8(gd/v_w^2)]\}; \quad (12)$$

7.3. vidutinis bangos periodas $\bar{T}$, s, apskaičiuojamas pagal 4.3 p. ir dydį $(g\bar{h}/v_w^2)$;

7.4. vidutinis bangos ilgis $\bar{\lambda}$, m, apskaičiuojamas pagal 4.4 p.;

7.5.bangų keteros iškilimas η_c , m, aukščiau skaičiuotinio vandens lygio apskaičiuojamas pagal 4.5 p., atsižvelgiant į konkretų dydį $d / \bar{\lambda}_d$ lemiantį (η_c / h_i) reikšmę (3 pav.).

8. Elementus bangų, sklindančių iš sekliavandenės zonos su dugno nuolydžiu $I \leq 0,001$ į zoną su $I \geq 0,002$, reikia nustatyti pagal 9 p., imant pradinę vidutinio bangų aukščio reikšmę $\bar{h}$.

9. Sekliavandenė zona su dugno nuolydžiu $I \geq 0,002$:

9.1. vidutinį bangų aukštį $\bar{h}$, m, šioje zonoje reikia nustatyti pagal formulę

$$\bar{h} = k_t k_r k_l \bar{h}_d, \quad (13)$$

čia: k_t – transformacijos koeficientas,

k_r – refrakcijos koeficientas,

k_l – apibendrintas nuostolių koeficientas,

$\bar{h}_d$ – vidutinis giliavandenės zonos bangos aukštis (žr. 4 arba 5 p.);

9.1.1. transformacijos koeficientą k_t reikia imti pagal 5 pav. 1 kreivę, atsižvelgiant į santykį $d / \bar{\lambda}_d$;

9.1.2. refrakcijos koeficientas turi būti apskaičiuojamas pagal formulę

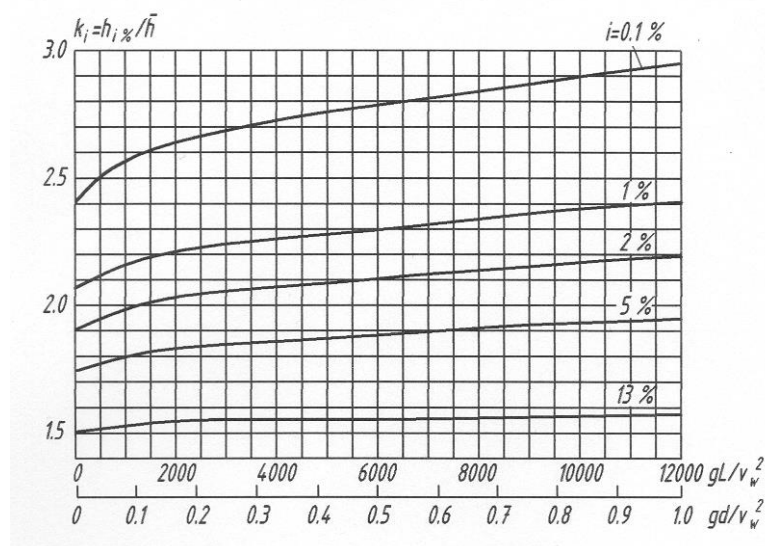
$$k_r = \sqrt{a_d / a}, \quad (14)$$

čia: a_d – atstumas, m, tarp gretimų bangų spindulių giliavandenėje zonoje, m;

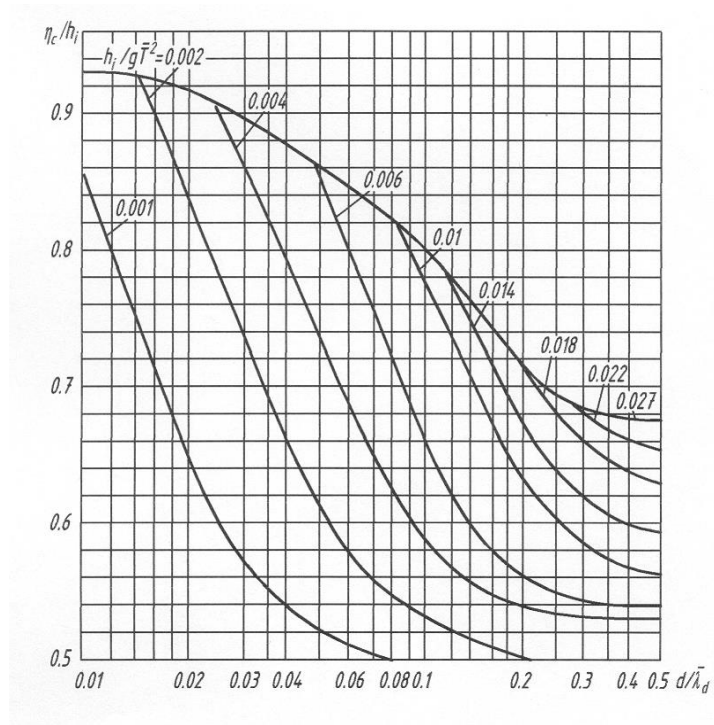
a – atstumas, m, tarp tų pačių spindulių pagal liniją, einančią per duotą sekliavandenės zonos tašką (pvz., per tašką A 6 pav.).

Bangų spindulius refrakcijos plane giliavandenėje zonoje reikia imti pagal duotą bangų plitimo kryptį, o sekliavandenėje zonoje juos reikia pratęsti pagal 6 pav.

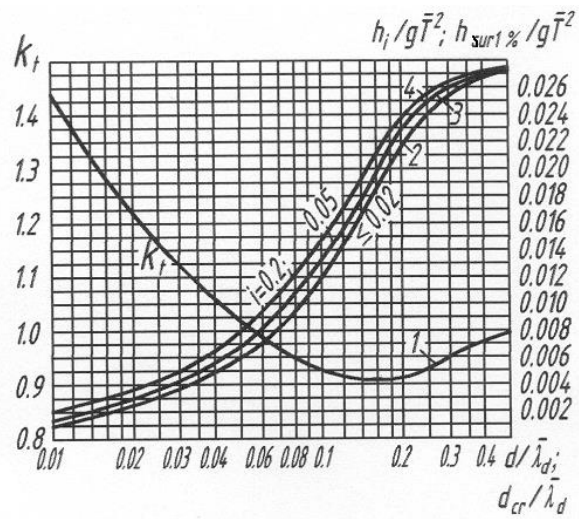
Pastaba. Koeficiento k_r reikšmę galima gauti pagal refrakcijos koeficientų nustatymo rezultatus bangų spinduliams, išvestiems iš skaičiuotinio taško kryptimis po 22,5 laipsnio į abi puses nuo pagrindinio spindulio;



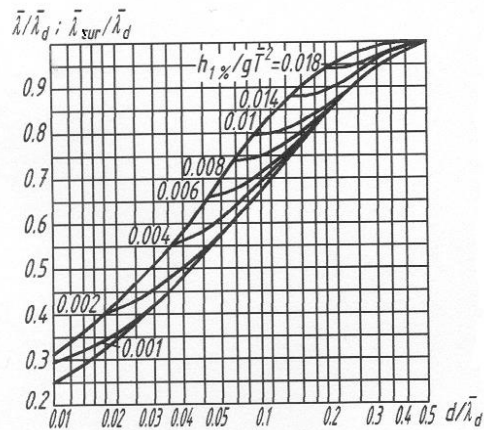
2 pav. Tikimybės koeficiento k_i reikšmių nustatymo grafikas



3 pav. η_c / h_i reikšmių nustatymo grafikas



4 pav. Grafikai, skirti nustatyti: 1 – transformacijos koeficientui k_t ; 2, 3 ir 4 – $d_{cr} / \bar{\lambda}_d$ reikšmei



5 pav. Reikšmių $\bar{\lambda} / \bar{\lambda}_d$ sekliavandenėje zonoje ir $\bar{\lambda}_{sur} / \bar{\lambda}_d$ mūšos zonoje nustatymo grafikai

9.1.3. apibendrintas nuostolių koeficientas k_l turi būti nustatomas pagal dugno nuolydį I ir dydžio $d / \bar{\lambda}_d$ reikšmes (žr. 2 lentelę);

2 lentelė

Koeficiento k_l reikšmės

i		$d / \bar{\lambda}$	0,02	0,03	0,04	0,06	0,08	0,10	0,2	0,3	0,4	$\geq 0,5$
0,002–0,02	k_l	0,66	0,72	0,76	0,78	0,81	0,84	0,86	0,92	0,95	0,98	1,00
0,025	k_l	0,82	0,85	0,87	0,89	0,90	0,92	0,93	0,96	0,98	0,99	1,00

Pastaba. Kai $I \geq 0,03$, $k_l = 1,00$.

9.2. sisteminės bangos i , %, tikimybės aukštis h_i , m, reikia apskaičiuoti pagal 7.2 p.;

9.3. bangų periodas imamas lygus giliavandenės zonos bangų periodui $\bar{T}_d$ pagal 4.3 p.;

9.4. bangų, sklindančių iš giliavandenės zonos į sekliavandenę, vidutinį ilgį $\bar{\lambda}$, m, reikia apskaičiuoti pagal formulę

$$\bar{\lambda} = \bar{\lambda}_d (\bar{\lambda} / \bar{\lambda}_d), \quad (15)$$

čia: dydis $(\bar{\lambda} / \bar{\lambda}_d)$ atskaitomas pagal bedimensius dydžius $d / \bar{\lambda}_d$ ir $h_{1\%} / g \bar{T}^2$ iš 4 pav.

9.5. bangos keteros iškilimą η_c , m, aukščiau skaičiuotinio vandens lygio reikia nustatyti pagal 7.5 p. nurodymus.

Pastaba. Bangų elementai gali būti tiksliau apskaičiuoti panaudojant specialias kompiuterių programas.

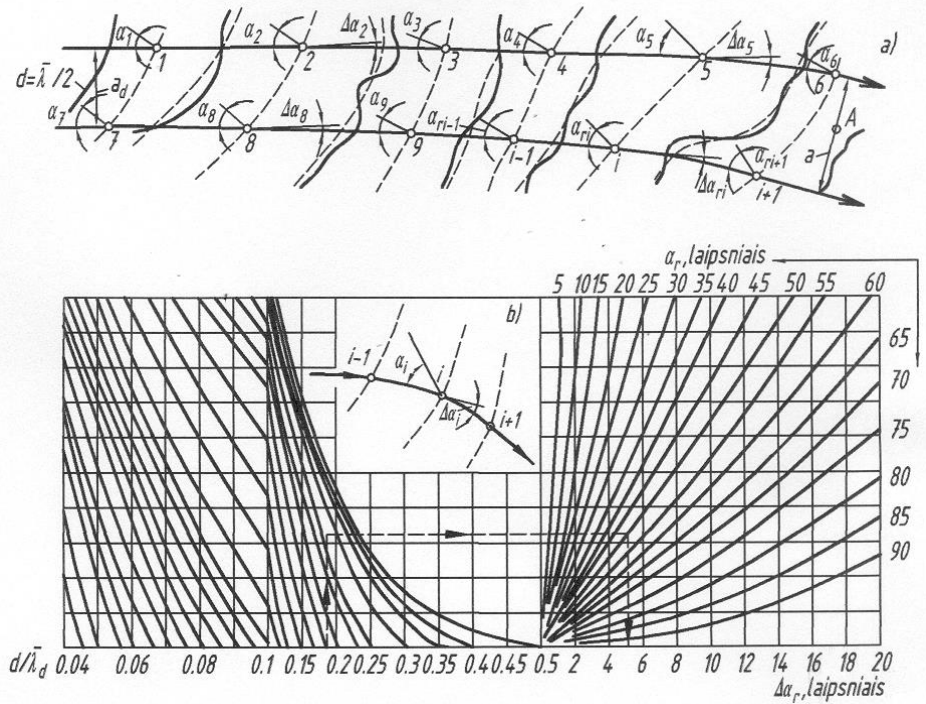
IV SKIRSNIS. MŪŠOS ZONOS BANGŲ ELEMENTAI

10. Mūšos zonos bangų aukštį $h_{sur, 1\%}$, m, reikia apskaičiuoti pagal formulę

$$h_{sur, 1\%} = (h_{sur, 1\%} / g \bar{T}^2) \cdot (g \bar{T}^2); \quad (16)$$

čia dydis $(h_{sur, 1\%} / g \bar{T}^2)$ atskaitomas iš 4 pav. pagal santykį $d / \bar{\lambda}_d$ ir dugno nuolydį I (kreivės 2, 3 ir 4).

11. Mūšos zonos bangos vidutinį ilgį $\bar{\lambda}_{sur}$, m, reikia apskaičiuoti pagal 9.4 p., (15) formulę, atskaitant $\lambda_{sur} / \bar{\lambda}_d$ reikšmę pagal viršutinę gaubiančiąją kreivę 4 paveiksle.



6 pav. Refrakcijos nustatymo schema ir grafikai

12. Bangos keteros iškilimą η_c , m, aukščiau skaičiuotinio vandens lygio reikia apskaičiuoti pagal 7.5 p., atskaitant dydį η_c / h_i pagal santykį $d / \bar{\lambda}_d$ ir viršutinę gaubiančiąją kreivę 3 pav.

13. Pirmosios bangų gožos kritinis gylis d_{cr} , m, turi būti nustatomas duotajam dugno nuolydžiui I iš 4 pav. pateiktų 2, 3 ir 4 grafikų priartėjimo metodu. Parinkus keletą gylio d reikšmių, pagal 9 p. nustatomi dydžiai h_I / gT^2 , o iš 5 pav. pateiktų 2, 3 ir 4 grafikų – atitinkančios jiems $d_{cr} / \bar{\lambda}_d$ reikšmės, iš kurių parenkamas d_{cr} , skaitine reikšme sutampantis su vienu iš parinktų gylių d .

14. Kritinį gylį, atitinkantį paskutinę bangų gožą $d_{cr,u}$, esant pastoviam dugno nuolydžiui, reikia apskaičiuoti pagal formulę

$$d_{cr,u} = k_u^{n-1} d_{cr}, \quad (17)$$

čia k_u – koeficientas, kurio reikšmės tokios:

Dugno nuolydis I	0,01	0,015	0,02	0,025	0,03	0,035	0,04	0,045	0,05
Koeficientas k_u	0,75	0,63	0,56	0,50	0,45	0,42	0,40	0,37	0,35

n – gožų skaičius (įskaitant pirmąjį), imamas iš eilės $n = 2, 3$ ir 4 , tenkinant nelygybes $k_u^{n-2} \geq 0,43$ ir $k_u^{n-1} < 0,43$.

Nustatant paskutinės gožos gylius $d_{cr,u}$, koeficientas k_u arba koeficientų sandauga turi būti ne mažesnė kaip $0,35$.

Pastabos: 1. Dugno nuolydžiams, didesniems kaip $0,05$, reikia imti kritinio gylio reikšmę $d_{cr} = d_{cr,u}$.

2. Esant kintamiems dugno nuolydžiams, leidžiama imti $d_{cr,u}$ pagal nuosekliai nustatytų kritinių gylių dugno ruožams su pastoviais nuolydžiais kritinių gylių rezultatus.

V SKIRSNIS. ATITVERTOS AKVATORIJOS BANGŲ ELEMENTAI

15. Difraguotos bangos aukštį h_{dif} , m, atitvertoje akvatorijoje reikia apskaičiuoti pagal formulę

$$h_{dif} = k_{dif} \cdot h_i, \quad (18)$$

čia: k_{dif} – bangų difrakcijos koeficientas, nustatomas pagal 16, 17 ir 18 p.;

$h_i - i$, %, tikimybės pradinės bangos aukštis.

Pastaba. Skaičiuotiniu bangos ilgiu imamas pradinis bangos ilgis $\bar{\lambda}$ ties įplauka į akvatoriją.

16. Bangų difrakcijos koeficientą $k_{dif,c}$ akvatorijai, atitvertai pavieniu molu (duotai kampo β , laipsniais, reikšmei, santykiniam atstumui nuo molo galvos iki taško skaičiuotiniame profilyje $r / \bar{\lambda}$ ir kampo φ , laipsniais, reikšmei), reikia nustatyti iš 7 pav. pagal brūkšninę su rodyklėmis liniją.

17. Bangų difrakcijos koeficientą $k_{dif,c}$ akvatorijoje, atitvertoje susieinančiais molais, reikia apskaičiuoti pagal formulę

$$k_{dif,c} = k_{dif,s} \psi_c, \quad (19)$$

čia ψ_c – koeficientas, nustatytas pagal 8 pav. duotoms d_c ir $k_{dif,c}$ reikšmėms.

Dydis d_c apskaičiuojamas pagal formulę

$$d_c = 0,5(l_1 + l_2 + b) / b, \quad (20)$$

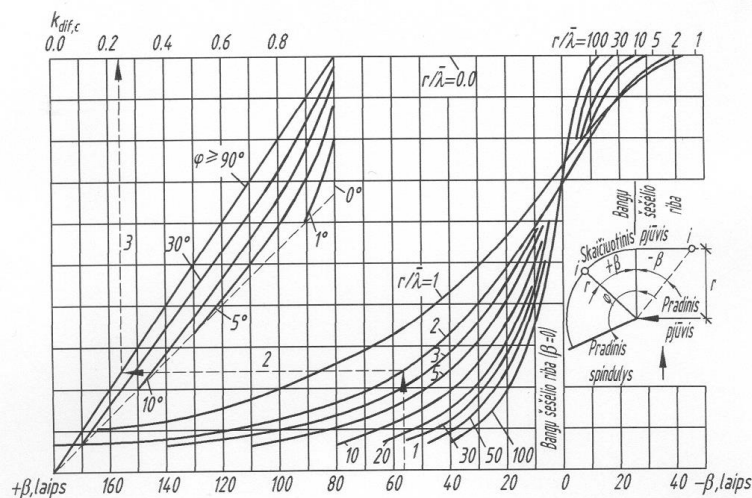
čia: l_1 ir l_2 – atstumai nuo bangų šešėlio ribų (BŠR) iki bangų difrakcijos ribų (BDR), nustatomi iš 9 pav. pagal brūkšninę su rodyklėmis liniją;

b – skaičiuotinis įėjimo į uostą plotis, m, prilyginamas atstumo tarp molų galvų projekcijai į pradinės bangos frontą.

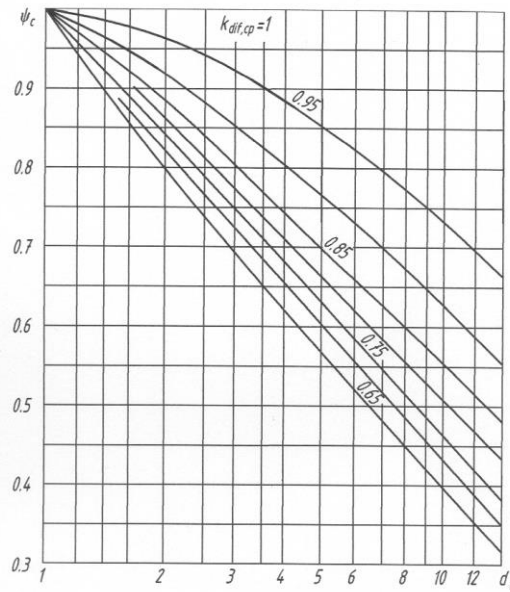
Koeficiento $k_{dif,c}$ reikšmė nustatoma taip pat, kaip ir $k_{dif,s}$, pagal 16 p. pagrindinio spindulio ir bangų fronto sankirtos skaičiuotiniame profilyje taškui. Pagrindinio spindulio padėtį pagal 9 pav., a schemą reikia nustatyti pagal taškus, fiksuojamus plane nuo to molo, kuris sudaro mažesnę kampą φ su bangų šešėlio riba (BŠR); 9 pav. a tai yra 1 molas su kampu φ_1 . Taškai fiksuojami pagal keletą kampų φ_i ir jiems atitinkančių atkarpų x_i , m, apskaičiuojamų pagal formulę

$$x = [l_1 l_{a2} - l_{a1} (l_2 - b)] / (l_{a1} + l_{a2}), \quad (21)$$

čia: l_{a1} ir l_{a2} – atstumai, m, nustatomi pagal 9 pav.



7 pav. Koeficiento $k_{dif,s}$ reikšmių nustatymo grafikas

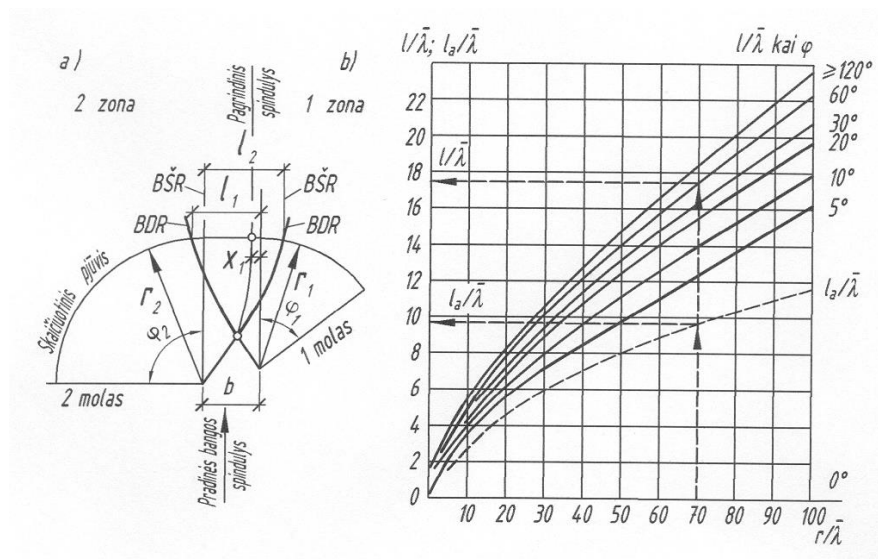


8 pav. Koeficiento ψ_c reikšmių nustatymo grafikas

18. Bangų difrakcijos koeficientas $k_{dif,b}$ akvatorijai, atitvertai bangolaužiu, turi būti apskaičiuojamas pagal formulę

$$k_{dif,b} = \sqrt{k_{dif,s1}^2 + k_{dif,s2}^2}, \quad (22)$$

čia $k_{dif,s1}$ ir $k_{dif,s2}$ – bangų difrakcijos koeficientai, nustatomi bangolaužio pradiniam ruožui pagal 16 p.



9 pav. Reikšmių l ir l_a nustatymo schema ir grafikai

19. Difraguotos bangos aukštį, įvertinus jos atspindžius nuo statinių ir kliūčių $h_{dif,r}$, m, duotame atitvertos akvatorijos taške reikia apskaičiuoti pagal formulę

$$h_{dif,r} = (k_{dif} + k_{ref}) h_i, \quad (23)$$

čia

$$k_{ref} = k_{dif,s} k_r k_p k_{ref,i} e^{-0,08r/\bar{\lambda}} \sqrt{\cos \theta_r} \quad (24)$$

čia: $k_{dif,s}$ – difrakcijos koeficientas atspindinčio paviršiaus pjūvyje, nustatomas pagal 16, 17 ir 18 p.;

k_r ir k_p – koeficientai, nustatomi pagal 9–14 p.;

θ_r – kampas tarp bangos fronto ir atspindinčio paviršiaus, laipsniais;

$r/\bar{\lambda}$ – santykinis atstumas nuo atspindinčio paviršiaus iki skaičiuotinio taško pagal atspindėtos bangos spindulį; atspindėtos bangos spindulio kryptį reikia nustatyti pagal atsiritančių ir atspindėtų bangų kampų lygybės sąlygą;

$k_{ref,i}$ – atspindžio koeficientas, nustatomas pagal 3 lentelę.

3 lentelė

Atspindžio koeficientų $k_{ref,i}$ reikšmės

Atspindinčio paviršiaus nuolydis i	Bangos gultumas $\bar{\lambda} / h_{dif}$				
	10	15	20	30	40
0,25	0,0	0,0	0,0	0,05	0,18
0,50	0,02	0,15	0,50	0,70	0,90
1,00	0,50	0,80	1,00	1,00	1,00

Pastaba. Kai $i > 1$, $k_{ref,i} = 1,00$.

Pastabos: 1. Atitvertos akvatorijos su kintančiais gyliais bangos aukštį leidžiama patikslinti pagal 9 ir 10 p. tinkamai pagrindžiant.

2. Sudėtingų atitvertų akvatorių bangų elementus tiksliau nustatyti galima panaudojant specialias kompiuterių programas.