

PROJEKTAS "MOKYMOŠI VISĄ GYVENIMĄ GEBĖJIMŲ UGDYMAS APLINKOS INŽINERIOJE IR KRAŠTOTVARKOJE"

TRUMPAS PROJEKTO ESMĖS APIBŪDINIMAS

Sudaryti sąlygas kiekvienam jaunam žmogui išgyti jo sugebėjimus ir poreikius atitinkančias studijų paslaugas bei plėtoti mokslo ir studijų žmoniškąjį kapitalą. Aplinkos inžinerijos ir kraštotvarkos studijų krypties studijų programos apima įvairius hidrotechnikos inžinerijos, vandens apsaugos inžinerijos ir valdymo, kraštotvarkos ir žemės kadastro klausimus.

Pagrindiniai laukiami rezultatai įgyvendinus projektą bus:

- atnaujintos trys bakalauro studijų programos
- atnaujinti 49 studijų dalykų aprašai
- pritaikytos 267 metodinės priemonės atnaujintiems studijų dalykams
- apie 50 dėstytojų pakels kvalifikaciją
- 75 bakalaurai atliks profesinės veiklos praktiką
- išgyta ar sukurta 14 kompiuterinių programų;
- 49 studijų dalykų metodinė medžiaga pritaikyta nuotoliniam mokymui;

SFMIS numeris

BPD2004-ESF-2.4.0-03-05/0032

BPD priemonė

2.4 priemonė „Mokymosi visą gyvenimą sąlygų plėtojimas“

Vykdytojas

Lietuvos žemės ūkio universitetas

Skirta paramos suma

1 234 978 Lt

Projekto pradžia

2006 m. birželis

Projekto pabaiga

2008 m. balandis

Detali informacija:

<http://www.lzuu.lt/projektai>



VITAS DAMULEVIČIUS
JUOZAPAS VYČIUS

HIDROTECHNIKOS
STATINIAI

MOKOMOJI KNYGA

LIETUVOS ŽEMĖS ŪKIO UNIVERSITETAS
Vandens ūkio ir žemėtvarkos fakultetas
Hidrotechnikos katedra

Vitas Damulevičius
Juozapas Vyčius

HIDROTECHNIKOS STATINIAI

ŽEMIŲ UŽTVANKOS IR PERTEKLINIO VANDENS PRALAIIDOS

MOKOMOJI KNYGA

KAUNAS, ARDIVA
2008

UDK 626/627(075.8)

Da211

Vitas Damulevičius, Juozapas Vyčius

HIDROTECHNIKOS STATINIAI

Mokomoji knyga

Recenzavo:

Doc. dr. Gražina Žibienė (LŽŪU Hidrotechnikos katedra),
Lekt.dr. Laima Taparauskienė (LŽŪU Melioracijos katedra).

Aprobuota:

Hidrotechnikos katedros posėdyje 2007 06 15, protokolo Nr. 321
Vandens ūkio ir žemėtvarkos fakulteto tarybos studijų komisijos posėdyje,
2007 06 22, protokolo Nr. 15

Kalbą redagavo

Laima Jonikienė

Maketavo

Laurynas Arminas

Viršelio dailininkas

Dainius Radeckas

ISBN 978-9955-896-30-2

© Vitas Damulevičius, Juozapas Vyčius, 2008

© Lietuvos žemės ūkio universitetas, 2008

TURINYS

PRATARMĖ	5
1. TERMINAI	6
2. VANDENS SAUGYKLOS, TVENKINIAI, JŲ HIDROTECHNIKOS STATINIAI	14
2.1. Vandens saugyklos, tvenkiniai	14
2.2. Hidrotechnikos statiniai ir jų ypatumai	15
2.3. HTS klasifikavimas	17
2.4. HTS pasekmių klasės nustatymas	20
3. ŽEMIŲ UŽTVANKOS	24
3.1. Bendros žinios	24
3.2. Žemių užtvankų gruntai	24
3.3. Žemių užtvankos skersinis profilis	27
3.4. Antifiltracinės priemonės	31
3.5. Drenažas, atvirkštinis filtras	32
Vidinis vamzdinis drenažas	34
Vidinis plokščiasis drenažas	34
Vidinis prizminis drenažas	35
Kiti drenažų tipai	35
Atvirkštinis filtras	35
3.6. Šlaitų tvirtinimas	40
3.7. Žemių užtvankos sujungimas su pagrindo gruntu, krantais ir kitais statiniais	47
3.8. Geofiltracijos, šlaitų pastovumo, deformacijų skaičiavimai	48
3.9. ŽU masyvo statyba.....	53
4. VANDENS PRALAIIDOS HIDROMAZGUOSE	62
4.1. Konstrukcinės schemas ir elementai	62
4.2. Vandens pralaidų tipai, jų taikymo atvejai ir bendrieji reikalavimai.....	62
4.3. Šachtinės pertekliaus vandens pralaidos	63
4.3.1. PVP su šachtiniais antgaliais hidrauliniai skaičiavimai	66
4.4. Kaušinės pertekliaus vandens pralaidos.....	75
4.5. Sifoninės pertekliaus vandens pralaidos	76
4.6. Aptekėjimo kanalai.....	77
4.7. Šachtos statybos darbai	77
LITERATŪRA	81

PRATARMĖ

Vandens ūkio ir žemėtvarkos fakultete rengiant hidrotechnikos inžinerijos programos bakalaurus ir inžinierius, tarp kitų dalykų svarbią vietą užima hidrotechnikos statiniai. Šiam profiliniui minėtos programos dalykui mokytis bakalauro studijose yra skiriama 5 kreditai, diplomuoto inžinieriaus – dar 8 kreditai. Pagrindinis literatūros šaltinis studentams studijuoti platų hidrotechnikos statinių kursą buvo ir, be abejo, kurį laiką dar bus dr. doc. B. Ruplio vadovėlis “Hidrotechniniai statiniai”. Tačiau jis išleistas 1988 metais, kai kurios žinios ar kai kurios projektavimo normos pasikeitė, todėl manome, kad ši mokojoji knyga bus naudinga rengiant visų pakopų hidrotechnikos specialistus.

Dėl leidžiamos mažos apimties nebuvo galima pateikti žinių apie visus hidrotechnikos statinius, todėl autoriai pagrindinį dėmesį skyrė žemių užtvankų (ŽU) ir perteklinio vandens pralaidų (PVP) klausimams.

Mokomoje knygoje:

- aprašomi naujausi hidrotechnikos terminai ir apibrėžimai, susiję su ŽU ir PVP;
- pateikiami nauji duomenys apie tikimybinus maksimalius ir vidutinius vėjų greičius 10 m aukštyje virš vandens paviršiaus įvairiose Lietuvos vietose, naudojamus skaičiuojant bangos užbėgimo ant užtvankos aukštutinio šlaito aukštį;
- greta įprastos atvirkštinio filtro parinkimo metodikos siūloma naudoti Vakarų šalyse taikomą metodiką;
- plačiau pateikiama medžiaga apie ŽU šlaitų tvirtinimą.

Savaime suprantama, kad tokios apimties mokomoje knygoje visų ŽU ir PVP teorijos ir projektavimo klausimų aprašyti neįmanoma, todėl nemažai hidrotechnikos statinių teorijos ir projektavimo klausimų siūloma spręsti naudojantis kita literatūra. Knygos pabaigoje pateiktas studijoms ir projektavimui naudotinos literatūros sąrašas. Tai, mūsų nuomone, yra metodiška ir tik pagerins studijų procesą.

Nuoširdžiai dėkojame hidrotechnikos statinių puoselėtojuui docentui B. Rupliui ir profesoriui L. Katkevičiui už galimybę pasinaudoti jų darbais.

Autoriai

1. TERMINAI

Šiuose patarimuose vartojami Lietuvos standartų aprobuoti terminai ir apibrėžimai. Taip pat vartojami kitų normatyvinių dokumentų [1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11 ir kt.], specialiosios literatūros [12, 13, 14, 15 ir kt.] bei specialistų kalboje paplitę terminai ir apibrėžimai.

Sutrumpinti terminų variantai pateikti greta, sinonimai pateikti su santrumpa *sin.*, neįteiktini terminai – su santrumpa *ntk.* Nukreipimai į kitus terminus pažymėti santrumpa *žr.*

Čia pateikiami terminai, pavartoti šiuose patarimuose ir vartotini projektuojant hidrotechnikos statinius.

Akytė – uždara, nesisiejanti su greta esančiomis, medžiagos tuštymė (*žr. porė*).

Akmenų metinys – konstrukcinis elementas iš sumestų akmenų, nenaudojant rišamosios medžiagos.

Apsėmimas – lėtas vietovės užliejimas nestoru poplūdžio, potvynio ar požeminio vandens sluoksniu.

Aptekėjimo kanalas –

1. Pertekliaus vandens pralaidos tipas: kanalas šalia užtvankos slėnio šlaite ar viršuje su specialiu antgalviu ar be jo, su šliuzu reguliatoriumi ar be jo, su daugiapakopiu ar gembiniu slenksčiu arba greitvieta.

2. Kanalas statybos metu upės debitams praleisti šalia statybvietsės.

Atitvarinė damba (sin. apsauginė damba) – damba šalia vandens objekto esantiems plotams atitverti, saugant juos nuo užtvvinimo bei patvenkimo arba sudarant prileidžiamas (natūraliai ar siurbliais) vandens saugyklas. Statoma upių vandentvarkos, polderių, jūrų krantosaugos, žuvininkystės, HAE objektuose. Polderių atitvarinės dambos pagal tradiciją vadinamos polderių pylimais.

Atsparumas – medžiagos, konstrukcijos ar jos elemento geba priešintis kokioms nors apkrovoms bei poveikiams.

Atvirkštinis filtras – konstrukcija, susidedanti iš vieno ar daugiau birių medžiagų, kurių dalelės stambėja geofiltracinės tėkmės kryptimi, sluoksnių. Daromas iš smėlio, žvyro, skaldos, taip pat iš geotekstilės, kitokių sintetinių medžiagų.

Aukštutinio bjefo vandens lygis ABVL – apibendrinta sąvoka, konkrečiai *žr. patvankos lygis*.

Berma – mažai pasvira neplati aikštelė karjero, kelio iškasos ar pylimo, taip pat užtvankos šlaite. Eismo reikalams skirta berma projektuojama pagal kelių tiesybos reikalavimus.

Bjefas – vandens objekto dalis prie vandenį patvenkiančio hidrotechnikos statinio. Skiriamas *aukštutinis bjefas*, esantis aukščiau, ir *žemutinis bjefas*, esantis žemiau patvenkiančio statinio.

Branduolys – antifiltracinė priemonė smėlio, žvyro, akmenų užtvankos centrinėje dalyje iš priemolio, molio, molbetonio.

Damba – hidrotechnikos statinys vietovei nuo apsėmimo, užtvvinimo bei patvenkimo saugoti, vandens tėkmei nukreipti, dirbtiniam vandens objektui šalia vandentėkmės sudaryti. Konstrukciškai analogiška užtvankai.

Dantis – į pagrindo gruntą įgilintas statinio pado iškyšulys geofiltracijai mažinti, stabilumui nustūmimo atžvilgiu didinti.

Debitas – skysčių, dujų, nešmenų ir pan. kiekis, pratekantis tėkmės skerspjūviu (upės vaga, vamzdžiu, porėtos medžiagos sluoksniu) per laiko vienetą. Reiškiamas tūrio vienetais (kubiniais metrais, litrais ir pan.) arba masės vienetais (tonomis, kilogramais ir pan.) per sekundę, minutę, valandą, parą. Labai įvairiai konkretinamas, pvz., maksimalus (vidutinis, projektinis, ...) upės (kanalo, vamzdyno, ...) ir pan. debitas.

Depresijos kreivė – vertikali plokštumos susikirtimo su depresijos paviršiumi linija. Būdingiausia depresijos kreivė gaunama vertikalią plokštumą nubrėžiant ties tėkmės linija – tada depresijos kreivė bus tėkmės linija.

Depresijos paviršius – požeminio vandens neslėginės tėkmės viršutinis paviršius, kuris skiria skysčiu įsotintą grunto zoną nuo viršum jo esančios kapiliarinės zonos. Pastaroji zona dažnai ignoruojama kaip turinti mažai įtakos požeminio vandens tėkmei, ir tariama, kad ties depresijos paviršiumi laikosi atmosferinis slėgis.

Diafragma – 1. Antifiltracinė plonasienė gelžbetoninė ar įlaidinių polių siena grūntinės užtvankos skersinio pjūvio centrinėje dalyje. 2. Jau aptarto (1) tipo siena, įleista į kranto grūntą arba greta esančios grūntinės užtvankos masyvą ties betoninio hidrotechnikos statinio susiejančių ramtų centrine dalimi geofiltracijai šalia jų apriboti. 3. Gelžbetoninė sienelė aplink vamzdinės vandens pralaidos vamzdyną kontaktinei geofiltracijai apriboti. 4. Diafragminio šliuzo regulatoriaus slenksčio angos viršutinę dalį vertikaliai pertverianti gelžbetoninė plokštė.

Drėgmė – vanduo esantis medžiagoje.

Drėgnis (ntk. drėgnumo koeficientas ir pan.) - vandens ir medžiagos, kurioje jis yra, kiekių (masių arba tūrių) santykis.

Drenažas – 1. Konstrukcija per hidrotechnikos statinį, po juo ir šalia jo besisunkiančiam (geofiltracijos) vandeniui saugiai surinkti ir nuvesti į žemutinį bjefą. 2. Žemės sausinimo priemonė.

Ekranas – antifiltracinė priemonė smėlio, žvyro, akmenų užtvankos aukštutiniame šlaite iš priemolio, molio, molbetonio, asfalto, bitumo arba geosintetikos.

Eksfiltracija – vandens išsisunkimas iš vandens objekto; svarbi vandens nuostolių komponentė.

Filtracija – skysčių tekėjimas, dujų skverbimasis porėtose, plyšėtose terpėse (žemės padermėse, filtruose, džiovinamų grūdų masėje ir pan.) veikiant skysčių, dujų slėgio $\uparrow\downarrow$ slėgio aukščio gradientui.

Gabionas – vielos tinklo dėžė, prikrauta akmenų, naudojama jūrų, vandens saugyklų krantosaugai bei upių vandentvarkai.

Galinis tvirtinimas – trečiasis, paskutinis (po užslenksčio ir risbermos) hidrotechnikos statinio ištekėjimo dalies tarpsnis, tvirtinamas akmenimis, skalda, žvyru. Gali būti *horizontalus* arba su *išplovimo duobe (kaušu)*.

Gamtosaugos debitas – skaičiuojamasis minimalus upės debitas, reikalingas minimalioms upės ekosistemos gyvavimo sąlygoms užtikrinti.

Gamtosaugos vandens pralaida GVP – vandens pralaida gamtosaugos vandens debitu praleisti.

Geofiltracija – vandens sunkimasis porėtose, plyšėtose žemės padermėse, gruntuose, hidrotechnikos statinių pagrinduose, aplink juos ir per juos, veikiant vandens slėgio/slėgio aukščio gradientui. Pagal tradiciją dažnai vadinama filtracija.

Geofiltracijos slėgio aukščio gradientas – geofiltracijos slėgio aukščio pokyčio tėkmės linijoje Δh_f santykis su tos linijos atkarpos ilgiu Δs_f , t. y. $I_f = \Delta h_f / \Delta s_f$. Pagrindinis rodiklis vertinantis gruntų filtracinį stiprumą.

Geofiltracijos slėgio aukštis – pjezometrinis slėgio aukštis požeminio vandens tėkmėje, matuojamas nuo žemiausio vandens lygio toje tėkmės zonoje.

Geosintetika – plokščia polimerinė (sintetinė ar natūrali) medžiaga, naudojama esant sąlyčiui su gruntu/uoliena ir/arba su kita geotechnine medžiaga statyboje; yra daug jos tipų: *geomembrana*, *geoplaušinys*, *geotekstilė*, *geotinklas* ir kt.

Geotekstilė – plokščia laidū vandeniui polimerinė (sintetinė ar natūrali) tekstilinė medžiaga, kuri gali būti *neauštinė*, *mezgtinė* ar *austinė*, naudojama esant sąlyčiui su gruntu/uoliena ar kitokia geotechnine medžiaga statyboje.

Granulimetrinė sudėtis – įvairių medžiagų (grunto, nešmenų, skaldos ir t. t.) įvairaus dydžio dalelių masių procentai tirtame bandinyje, prilyginant jo masę 100%.

Grunto filtracinės deformacijos GFD – grunto deformacijos, galinčios atsirasti dėl geofiltracijos. Galimos *GFD* rūšys: *kolmatacija* (išorinė ir vidinė); *sufozija* (mechaninė bendroji, mechaninė kontaktinė, cheminė); *filtracinis išspaudimas*; *kontaktinis išspaudimas*; *kontaktinis išplovimas*. Pagal *GFD* vertinamas vietinis grunto filtracinis stiprumas.

Grunto filtracinis stipris – grunto filtracinio stiprumo riba, išreikšta maksimaliu galimu geofiltracinio slėgio aukščio gradientu.

Grunto filtracinis stiprumas GFS – grunto geba priešintis grunto filtracinėms deformacijoms. Skiriamas *bendrasis* ir *vietinis GFS*. Vertinamas sąlyga $I_f^{sk} \leq I_f^{lei}$; čia I_f^{sk} ir I_f^{lei} – skaičiuojamasis ir leidžiamasis geofiltracinio slėgio aukščio gradientai.

Grunto vandengraža (sin. grunto vandens atidavimas) – vandeniui įsotinto grunto savybė gražinti to vandens dalį žemėjant grunte neslėginio vandens lygiui arba mažėjant slėgiui slėginiame požeminiame vandenyje; apibūdinama *grunto vandengražos koeficientais*.

Grunto vandenkaupa (sin. grunto vandens sukaupimas) – grunto savybė sukaupti tam tikrą vandens kiekį kylant grunte neslėginio vandens lygiui arba didėjant slėgiui slėginiame požeminiame vandenyje; apibūdinama *grunto vandenkaupos koeficientais*.

Grunto vandenkaita – grunto vandenkaupos ir grunto vandengražos apibendrinimas; svarbi grunto savybė nenusistovėjusiai geofiltracijai analizuoti.

Hidraulinė varža (sin. hidraulinis pasipriešinimas) – tėkmės ribų (vagos dugno ir šlaitų, vamzdžio sienelių) charakteristika, nuo kurios priklauso hidrauliniai nuostoliai. Išreiškiama hidraulinės varžos koeficientu $\zeta = h_w / (v^2 / 2g)$; čia h_w – tėkmės hidrauliniai nuostoliai (slėgio aukščio sumažėjimas); v – vidutinis tėkmės greitis; g – gravitacinis pagreitis.

Hidrauliniai nuostoliai – tėkmės hidrodinaminio (suminio) slėgio aukščio sumažėjimas dėl hidraulinės varžos tam tikroje tėkmės atkarpoje – ties tėkmės kliūtimis (*vietiniai hidrauliniai nuostoliai*) arba fiksuotame tėkmės ruože (*ilginiai* arba *kelio hidrauliniai nuostoliai*).

Hidrograma (ntk. hidrografas) – vandens debitų nagrinėjamame vandentėkmės pjūvyje kitimo chronologinis grafikas.

Hidrotechnikos mazgas, hidromazgas – funkciškai susijusių hidrotechnikos statinių kompleksas, sutelktas vienoje vietoje.

Hidrotechnikos statinys HTS – inžinerinis statinys vandens ištekliams naudoti ir saugoti nuo žalingų vandens poveikių.

Hidrotechninis betonas – betonas, kurio tankiui, nepralaidumui vandeniui, ilgaamžiškumui keliami padidinti reikalavimai.

Įlaida (ntk. špuntas) – įpjova, išdroža lentoje, taše, rąste, į kurią įleidžiamas įlaidas ar pan.

Įlaidas (ntk. špuntas) – 1. Lentos, tašo, rąsto iškyša, pritaikyta *įlaidai*; 2. Lentelė, lystelė, įleidžiama į lentų, tašų, rąstų išdrožas (įlaidas) jiems sujungti.

Įlaidinė lenta (ntk. špuntinė lenta) – lenta, kurios viename plonajame šone padaryta pusapvalė, keturkampė ar trikampė išdroža (įlaida), o kitame šone atitinkamas iškyšulys (įlaidas). Įlaidos gali būti ir abiejuose lentos šonuose; tada jos yra keturkampės, o įlaidas – stačiakampė lystelė ar lentelė.

Įlaidinė siena (ntk. špuntinė siena) – siena, sudaryta grunte iš įlaidinių lentų ar polių. Svarbi antifiltracinė priemonė.

Įlaidinis polis (ntk. špuntinis polis) – *medinis* įlaidinis polis – tai įlaidinė lenta arba įlaidinis tašas. *Metaliniai* bei *plastikiniai* poliai (profiliai) daromi su susirakinančiais įlaidos ir įlaido mazgais.

Įrenginys – įrengtas sudėtingas **mechanizmas**.

Įsibangavimo atstumas (ntk. bangos įsibėgėjimo ilgis) – laisvas vandens paviršiaus atstumas nuo žemo neekranuoto (pvz., neapaugusiu mišku, nėra stataus kranto) vandens objekto priešvėjinio kranto iki nagrinėjamo taško pagal pasirinktą vėjo kryptį (azimutą/rumbą). Kai vandens objekto krantas ekranuotas, sudėtingos konfigūracijos, skaičiuojamas *ekvivalentinis įsibangavimo atstumas*.

Išleidimo vandens pralaida IVP (sin. vandens išleistuvas) – vandens pralaida vandeniui iš kanalo, vandens saugyklos ar tvenkinio išleisti technologiniais, saugumo (gręšiant hidromazgo incidentui ar avarijai) bei specialiais tikslais (pvz., ruošiantis šalinti nuosėdas iš vandens saugyklos).

Ketera – aukščiausiai esantis dambos, pylimo, slenksčio ar aklinos užtvankos paviršius.

Kolmatacija – grunto, filtro ir pan. porių už(si)kimšimas smulkiais (molio, dulquio, smėlio) dalelėmis, vykstant geofiltracijai; viena iš grunto filtracinių deformacijų rūšių. Naudinga aukštutinio bjefo dugne (slopina geofiltraciją, kartais specialiai naudojama kaip antifiltracinė priemonė); žalinga esant atvirkštiniam filtrams bei drenoms (mažina, kartais visai sutrikdo jų pralaidumą).

Krantų/šlaitų tvirtinimas – techninės, biologinės ir kt. priemonės krantų/šlaitų atsparumui vandens tėkmės, bangų, atmosferos kritulių ir kt. poveikiams padidinti, stabilumui užtikrinti. *Pagrindinis tvirtinimas* daromas tiesioginio bangų ir ledų poveikio zonoje, *palengvintas tvirtinimas* – į viršų bei apačią nuo pagrindinio tvirtinimo.

Liejimosi aukštis H_{lj} – aukščių skirtumas tarp neslėginės tėkmės aukštutinio bjefo vandens lygio, dar neiškreipto dėl liejimosi specifikos, altitudės Z_{ABVL} , ir slenksčio, šachtos ir pan. keteros altitudės Z_{ket} , t. y. $H_{lj} = Z_{ABVL} - Z_{ket}$.

Maksimalusis patvankos lygis MaxPL – projektinis patvankos (aukštutinio bjefo) vandens lygis, aukštesnis už normalųjį patvankos lygį (*NPL*), laikinai leidžiamas aukštutiniame bjefe specifinėmis hidrotechnikos statinio ar hidromazgo eksploatavimo sąlygomis, dažniausiai – praleidžiant maksimalius projektinius debitus. Skiriamas *pagrindinis MaxPL* (*MaxPLp*), nustatomas praleidžiant maksimalųjį hidraulinių skaičiavimų

pagrindinio atvejo debitą, ir tikrinamasis *MaxPL* (*MaxPLt*), nustatomas praleidžiant hidraulinių skaičiavimų tikrinamojo atvejo (mažesnės tikimybės) debitą. Prie santrumpų prirašytina ir tikimybės vertė, pvz., *MaxPLp*_{5%}, *MaxPLt*_{1%}.

Minimalusis patvankos lygis MinPL – žemiausias projektinis patvankos lygis.

Neslėginė tėkmė (ntk. beslėginė, beslėgė tėkmė) – tėkmė laisvu paviršiumi atvirose natūraliose ar dirbtinėse vagose (upėse, kanaluose, latakuose, neslėginiuose vamzdžiuose), veikiant svorio jėgai.

Normalusis patvankos lygis (NPL) – projektinis patvankos (aukštutinio bjefo) vandens lygis, nustatytas normalioms hidrotechnikos statinio ar hidromazgo eksploataavimo sąlygoms.

Nuotėkis – paviršinio bei požeminio vandens judėjimo gamtinės apytakos procese intensyvumas nagrinėjama laikotarpiu – per metus, sezonus, mėnesius. Išreiškiamas: 1) nuotėkio tūriu; 2) nuotėkio tūrio ir laiko santykiu, t. y. vidutiniu debitu; 3) vidutinio debito ir nutekėjimo baseino ploto santykiu, t. y. nuotėkio moduli (hidromoduliu) ir 4) nuotėkio tūrio ir nutekėjimo baseino ploto santykiu, t. y. nuotėkio sluoksnio aukščiu.

Nuotėkio reguliavimas – nuotėkio pobūdžio dirbtinis pakeitimas pagal gamtosaugos, vandens naudotojų, vartotojų bei apsaugos nuo potvynių/poplūdžių reikmes. Yra *daugia-*
metis, metų (sezoninis), *savaitės* bei *paros* nuotėkio reguliavimas, panaudojant atitinkamas vandens saugyklas.

Nuosėdis – kolonos, statinio ir pan. pado, viršaus/keteros ar tarpinės linijos pažemėjimo dėl nusėdimo vertė.

Papėdė – greta slėnio, užtvankos šlaito, prie žemutinės jo dalies esantis plotas (slėnio šlaito papėdė, užtvankos (šlaito) papėdė).

Patvanka – vandens lygio pakilimas pertvėrus ar susiaurinus vandentėkmės vagą arba suvaržius požeminio vandens tėkmės sąlygas.

Patvankos aukštis H_{pt} – aukščių skirtumas tarp vandens lygių altitudžių aukštutiniame bjefe (Z_{ABVL}) ir žemutiniame bjefe (Z_{ZBVL}), t. y. $H_{pt} = Z_{ABVL} - Z_{ZBVL}$. Intensyviai drenuojant (siurbliais) slenksčio padą, ten sudaroma pjezometrinio slėgio aukščio altitudė $Z_{ZBVL}^* < Z_{ZBVL}$, o $H_{pt}^* = Z_{ABVL} - Z_{ZBVL}^* > H_{pt}$. Tai didina slenksčio stabilumą, bet aktyvina ir komplikuoja geofiltraciją po slenksčiu.

Patvankos lygis PL – patvenkto vandens lygis aukštutiniame bjefe. Skiriama *maksimalusis* patvankos lygis (*MaxPL*) *normalusis* patvankos lygis (*NPL*) ir *minimalusis* patvankos lygis (*MinPL*).

Pertekliaus vandens pralaida PVP – vandens pralaida vandens pertekliui, ypač poplūdžių bei potvynių meto, praleisti.

Pylimas – taisyklingos formos, dažniausiai trapecinio skerspjuvio, gruntinis *supiltinis* ar *suplautinis* inžinerinis statinys ar tiesinys (arba jo dalis). Statomi ir supiltiniai akmenų pylimai. Būdingiausi yra gruntiniai supiltiniai automobilių kelių ir geležinkelių pylimai. Hidrotechnikoje pylimo formą turi bunos, dambos bei gruntinės užtvankos. Polderių dambos dažnai ir vadinamos polderių pylimais.

Poplūdis – upės vandens režimo fazė, galinti pasikartoti daug sykių per metus. Poplūdžiui būdingas trumpas ir intensyvus vandens lygių ir debitų padidėjimas dėl lietaus ar liūčių bei sniego tirpsmo per atlydžius. Maksimalūs poplūdžių debitai gali būti didesni už maksimalius potvynių debitus. Poplūdžiams priskirtini ir su užtvankų incidentais susiję debitų ir vandens lygių padidėjimai.

Porė (sin. pora) – maža, atvira, susisiekti su gretimomis, medžiagos tuštymė, ypač būdinga birioms medžiagoms, gruntams. Porėta medžiaga lengvesnė, mažiau laidū šilumai, bet laidū vandeniui (žr. akytė).

Porėtumo koeficientas (sin. poringumo koeficientas) – medžiagos porių tūrio V_p santykis su medžiagos kietosios fazės tūriu V_k , t. y. $e = V_p/V_k$.

Porėtumo rodiklis (ntk. poringumas) – medžiagos porių tūrio V_p santykis su visu medžiagos tūriu $V_p + V_k$, t. y. $n = V_p/(V_p + V_k)$ arba $n = e/(1+e)$.

Potvynis – upės vandens režimo fazė, kasmet pasikartojanti tuo pačiu sezonu. Jai būdingi dideli debitai, ilgai trunkantys aukšti vandens lygiai. Lietuvoje būdingiausi pavasario, kai kuriose upėse – vasaros-rudens potvyniai.

Požeminis kontūras – hidrotechnikos statinio sąlyčio su pagrindo bei šonų gruntais paviršius, skirtas geofiltracijai reguliuoti antifiltracinėmis priemonėmis bei drenažais.

Ramintuvas – vandens ramavimo baseino, užslenksčio, kai kada risbermos konstrukcinis elementas audringai vandens tėkmei raminti. *Įprastiniai* ramintuvai – šulinys, sienelė bei jų deriniai. *Specialūs* ramintuvai – trinkos, pirsai, sijos („šukos“) ir kt. Galimi specialių ir įprastinių ramintuvų deriniai.

Ramtas – hidrotechnikos statinio vandens įtekėjimo, pratekėjimo bei ištekėjimo dalių šoninė siena, susiejanti vandens tėkmės zoną su greta esančia žemės užtvanka bei krantu (*susiejantysis* ramtas) arba skiriantis skirtingas tėkmių zonas (*skiriantysis* ramtas).

Risberma – hidrotechnikos statinio vandens ištekėjimo dalies antrasis (po užslenksčio), paprasčiau (betono, gelžbetonio plokštėmis, akmenimis) tvirtintas tarpšnis.

Savigrinda – vandenvagės formavimosi procesas, kai išplaunamos grunto smulkiosios dalelės ir paliekamos stambiosios, kurių vandens tėkmė nebepaneša; vandenvagės formavimosi proceso rezultatas.

Sėsdintuvas – hidrotechnikos statinys dugniniams nešmenims bei daliai skendinčiųjų nešmenų nusėdinti, imant upės vandenį hidroenergetikos, drėkinimo, vandentiekos ir pan. reikalams.

Sifoninė pertekliaus vandens pralaida (*sifoninė PVP*), sifoninė pralaida – modifikuota slenkstinė arba (dažniausiai) vamzdinė PVP su sifoniniu antgaliu.

Slėginė tėkmė – skysčių tėkmė visu iš visų pusių apriboto vandentakio (vamzdžio, tunelio, vandeningo sluoksnio tarp vandensparų) skerspjūviu (be skysčio laisvojo paviršiaus).

Slėgio aukštis – vandens stulpelio aukštis h , atitinkantis vandens slėgį p , išreikštas formule $h = p/(\rho g)$; čia ρ – vandens tankis, g – gravitacinis pagreitis.

Slenkstinė vandens pralaida, slenkstinė VP – vandens pralaida, per kurios viršų, kaip per slenkstį, gali lietus paviršinis upės, kanalo ir pan. vanduo.

Slenkstis – 1. Slenkstinės užtvankos, šliuzo regulatoriaus ir pan. centrinė dalis, per kurią gali lietus paviršinis upės, kanalo ir pan. vanduo. 2. Termino *kanalo slenkstis* sutrumpintas variantas.

Statinys – pastatas, priestatas, tiesinys (inžineriniai tinklai, keliai, dambos ir pan.), statinio sklypas ir visa tai, kas statoma (montuojama, tiesiama) ar pastatyta (sumontuota, nutiesta), naudojant statybines medžiagas, statybos gaminius, statybos dirbinius, ir yra pastoviai sujungta su žeme.

Stipris – medžiagos stiprumo riba, išreikšta ją suardžiusios jėgos ir ploto, į kurį jėga veikė, santykiu.

Stiprumas – medžiagos, konstrukcijos ar jos elemento geba priešintis išorinėms mechaninėms jėgoms.

Sufozija – dažnai pasireiškianti grunto filtracinių deformacijų rūšis: nerišlaus grunto (smėlio, žvyro) smulkiųjų dalelių išnešimas (*mechaninė* sufozija) arba grunte esančių tirpių medžiagų (pvz., gipso) išplovimas (*cheminė* sufozija).

Šachtinė pertekliaus vandens pralaida (šachtinė PVP), šachtinė pralaida –

1. Vandens pralaida, kurios pagrindinė dalis yra uolos grunte padarytoje vertikaloje ar pasvirusioje šachtoje;
2. Vamzdinė PVP – tai pralaida, kurios antgalis yra gelžbetoninis bokštas („šachta“).

Tauras –

1. Savita siena, skaidanti slenkstinių, šachtinių ir pan. vandens pralaidų plotį/ perimetrą į atskiras angas. Reikalinga uždoriams bei tiltų konstrukcijoms atremti. Esti *ištisinis* arba *iš dviejų pustaurių*.
2. Savita ištisinė ar neištisinė (polinė, rėminė) siena, reikalinga tiltų konstrukcijoms atremti.

Tvenkinys – nedidelė (≤ 100 ha), paprastai sekliavandenė vandens saugykla.

Uždoris – judri konstrukcija hidrotechnikos statinio angoms uždaryti bei atidaryti, vandens lygiams bei debitams reguliuoti, laivams, sieliams, plūdmenims (ižui, ledui, šiukšlėms), žuvims praleisti, vandens saugykloje ar hidrotechnikos statinyje susikaupusioms nuosėdoms išplauti.

Užslenkstis – už slenkstinės užtvankos, šliuzo regulatoriaus ir pan. esanti hidrotechnikos statinio dalis, ties kuria daugiausia apraminama audringa per slenkstį persiliejusio vandens tėkmė; masyvi, ištisinė per visą ilgį monolitinio gelžbetonio plokštė su ramintuvais ar be jų, su šulinėliais geofiltracijos vandeniui išleisti. (Už vamzdinių vandens pralaidų greitviečių ir pan. užslenkstį atstoja vandens ramavimo baseinas).

Užtūra (ntk. užtvara) – laikinas atitvarinis hidrotechnikos statinys hidromazgo statybvietei ar jos daliai atitverti nuo gretimo vandens objekto. Konstrukciškai analogiška dambai.

Užtvanka – hidrotechnikos statinys, perveriantis upę ar kitokią vandentėkmę ir pakeliantis joje vandens lygį. Statomos *gruntinės* (žemių, akmenų), *betoninės*, *gelžbetoninės*, *sintetinių* ir kt., taip pat *mišrių* medžiagų užtvankos.

Užtvinimas – intensyvus vietovės užliejimas poplūdžių bei potvynių vandeniu, įgaunantis katastrofos požymių.

Vandens ėmykla (ntk. vandens ėmimo įrenginys; vandens paima) – hidrotechnikos statinys vandeniui iš paviršinių šaltinių imti ir jį praleisti į vandentakį.

Vandens įleistuvas – hidrotechnikos statinys vandeniui iš vandens šaltinio į maudyklą, žuvininkystės tvenkinį ar pan. įleisti.

Vandens imtuvas – 1. Vandens ėmyklos dalis, per kurią tiesiogiai imamas vanduo; 2. Griovys, upelis ar pan., į kurį suleidžiamas vanduo iš sausavimo sistemų, žuvininkystės tvenkinių ir pan.

Vandens išleistuvas – žr. *išleidimo vandens pralaida*.

Vandens lygis (ntk. vandens horizontas) – vandens paviršiaus aukštis (altitudė) virš sąlyginės horizontalios plokštumos, pvz., jūros lygio.

Vandens objektas – bet kokia stovinčio ar tekančio vandens santalka (upė, ežeras, tvenkinys, kanalas, požeminis vanduo, ledynas ir kt.).

Vandens lygio pažeminimas, vandens pažeminimas – dirbtinis paviršinio ar požeminio vandens lygio pažeminimas.

Vandens naudojimas – vandens išteklių panaudojimo būdas nepaimant jų iš vandens objekto, pvz., hidroelektrinėse.

Vandenspara – vandeniui mažai laidus (*netobula* vandenspara) arba nelaidus (*tobula* vandenspara) grunto ar žemės padermės sluoksnis.

Vandens pralaida VP – hidrotechnikos statinys vandeniui praleisti.

Vandens ramavimo baseinas VRB - greitviečių, vamzdinių vandens pralaidų ir pan. ištekėjimo dalies pirmasis tarpsnis, ties kuriuo iš pagrindų apraminama audringa ($Fr > 1$) ištekėjusio vandens tėkmė; čia *Fr* – Frudo skaičius.

Vandens saugykla – didelis (>100 ha) dirbtinis vandens telkinys, sudarytas vandenį patvenkiančiu hidrotechnikos statiniu vandentėkmėje vandeniui saugoti ir nuotėkiui reguliuoti.

Vandens telkinys – natūralus ar dirbtinis vandens objektas sausumos įdubime, kuriame vanduo iš viso nejuda arba juda lėtai ir nesistemiškai.

Vandens vartojimas – vandens išteklių panaudojimas negrįžtamai paimant juos iš vandens objekto.

Vandentaka – žemiausias slėnio, lomos, griovos ir pan. vietas jungianti vingiuota linija.

Vandentakis – hidrotechnikos statinys vandeniui transportuoti iš vienos vietos į kitą: kanalas, latakas, vamzdynas ir pan.

Vandentėkmė – vandens objektas, kurio vanduo teka nuolydžio kryptimi žemės paviršiaus įdubime.

Vandentvarka – gamtosauginių, techninių, teisinių ir kt. priemonių kompleksas subalansuotai vandens objektų būklei užtikrinti.

Vietovės patvenkimas (*sin.* žemės patvenkimas) – vietovės gruntinio vandens lygio pakilimas, trikdantis joje ūkinę veiklą.

Žabiny (*ntk.* fašina) – specifinis žabų ryšulys, vartojamas drenažo, kelių, upių vagotvarkos ir pan. konstrukcijose.

2. VANDENS SAUGYKLOS, TVENKINIAI, JŲ HIDROTECHNIKOS STATINIAI

2.1. Vandens saugyklos, tvenkiniai

Vandens saugykla – didelis (>100 ha) dirbtinis vandens telkinys, sudarytas vandeni vandentėkmėje patvenkus hidrotechnikos statiniu, skirtu vandeniui saugoti ir nuotėkiui reguliuoti. Nedidelė (<100 ha) vandens saugykla vadinama *tvenkiniu*. Vandens saugykla ar tvenkinys gali būti sudaryti ir šalia vandentėkmės atitvarinėmis dambomis atitvertoje teritorijoje, prileidus į ją vandens per potvynius arba siurbliais – tai *prileidžiamieji* vandens saugyklos ar tvenkiniai. Būdingi pavyzdžiai – paprastai visi žuvininkystės tvenkiniai, hidroakumuliacinės elektrinės aukštutinis akumuliacinis baseinas.

Vandens saugyklos ir tvenkiniai (toliau – vandens saugyklos) projektuojami įvairioms vandens ūkio reikmėms tenkinti, todėl gali būti hidroenergetinės, hidromelioracinės (pirmiausia – drėkinimo), vandens transporto, vandentiekos, žuvininkystės, o dažniausiai – kompleksinės paskirties. Į kompleksą visada įeina ir rekreacinės reikmės, be to, vandens sporto ir įvairios kitos reikmės.

Projektuojant vandens saugyklas turi būti išspręsti tokie klausimai (pagal [14]):

- gyvenviečių, pramonės objektų, kai kurių svarbių pastatų perkėlimas;
- žemės ūkio gamybos nuostolių kompensacija;
- žemių, gyvenviečių, pramonės ar kitų svarbių objektų inžinerinė apsauga nuo patvenkimo, apsėmimo ar užtvėnimo;
- automobilių kelių ir geležinkelių, dujotiekių ir naftotiekių, elektros ir ryšių linijų pertvarkymas;
- vandens saugyklos dubens sanitarinis paruošimas (miškų išskirtimas ir sutvarkymas, durpynų iškasimas ar užpylimas (kad neišplauktų));
- vandens saugyklų pritaikymas vandens ūkio ir kitoms reikmėms;
- vandens ir kitų gamtos išteklių apsauga ir racionalus jų panaudojimas.

Plotas vandens saugyklai išskiriamas atsižvelgiant į minėtus nurodymus, derinant techninius, teisinius, ūkinius, ekonominius, gamtosaugos, paveldo, socialinius ir kitus specialius reikalavimus, dažnai prieštaraujančius vienas kitam.

Norint objektyviai vertinti būsimą vandens saugyklą pirmiausia reikia išskirtame plote sudaryti jos topografinių charakteristikų (batimetrines) kreives priklausomai nuo patvankos aukščio H_{pt} [19] arba/ir nuo patvankos lygio Z_{pt} :

- vandens saugyklos paviršiaus ploto $A = f_1(H_{pt})$;
- vandens saugyklos sukaupto vandens tūrio $V = f_2(H_{pt})$;
- vidutinio vandens saugyklos gylio $h = f_3(H_{pt})$;
- priekrantės (seklis) zonos ploto $A_p = f_4(H_{pt})$.

Sudarant batimetrines kreives, reikia atsižvelgti į slūgio kreivę, susidarantią vandens saugykloje. Apytikris slūgio kreivės ilgis

$$L_{sl} \approx K_{sl} H_{pt} / I,$$

čia K_{sl} – koeficientas; $K_{sl} = 2 \dots 4$;
 I – vidutinis upės nuolydis.

Tiksliu slūgio kreivė apskaičiuojama, pvz., pagal [16].

Antra, būtinos šios techninės ekonominės vandens saugyklos charakteristikos:

- vandens saugyklos kainos $K_{v.s} = f_s(H_{pl})$;
- vandens saugyklos hidromazgo kainos $K_{hm} = f_6(H_{pl})$;
- santykinės vandens tūrio kainos $k_m = (K_{v.s} + K_{hm})/V$;
- santykinės HE išdirbio E kainos $K_{HE} = (K_{v.s} + K_{hm})/E$;
- kitų aktualių santykinių kainų.

Trečia, reikalingos ir hidrologinės vandens saugyklos charakteristikos, pvz.: upės debitų hidrogramos, būdingosios debitų vertės, kitų vandens balanso elementų duomenys, nešmenų debitai, vėjo bangų aukščiai, vandens temperatūra, ižo bei ledo reiškiniai ir kt.

Minėtos charakteristikos sudaromos ir pradiniam vandens saugyklų variantams, remiantis mažiau tikslia topografinė ir kita medžiaga, ir galutiniam vandens saugyklos variantui pagal patikslintą medžiagą.

Viena iš svarbiausių vandens saugyklos problemų yra būdingųjų patvankos lygių nustatymas. Skiriami tokie patvankos lygiai:

- normalusis patvankos lygis (NPL);
- maksimalusis patvankos lygis (Max PL);
- minimalusis patvankos lygis (Min PL).

(Būdingųjų patvankos lygių sąvokų apibrėžimai pateikti 1.2 poskyryje).

Norint spręsti šią problemą vėl reikia įvertinti anksčiau minėtus reikalavimus.

Suderinti būdingieji patvankos lygiai lemia vandens saugyklų anksčiau išvardytas charakteristikas, taip pat kai kurias papildomas, pvz., debito reguliavimo tūrį V_{reg} , nustatomą pagal batimetrinę kreivę $V = f_2(H)$ tarp H_{NPL} bei H_{MinPL} (arba tarp altitudžių Z_{NPL} bei Z_{Min-PL}). Pagal V_{reg} didumą sprendžiama, kokį galima projektuoti upės debito reguliavimą: daugiametį, metinį (sezoninį), mėnesinį, savaitinį ar tik paros.

Vandens saugyklos sudarymas keičia ne tik upės debitų režimą, bet ir vandens balansą. Pirmiausia tai siejasi su neišvengiamais patvenkto vandens nuostoliais dėl intensyvesnio vandens garavimo iš vandens saugyklos paviršiaus, taip pat dėl vandens geofiltracijos per hidrotechnikos statinių masyvus ir jų pagrindus bei vandens saugyklos dugną.

Suderinti būdingieji patvankos lygiai taip pat lemia vandens saugyklos pagrindinį hidromazgą – užtvanką, vandens pralaidas, kitus hidromazgui priklausančius hidrotechnikos statinius.

2.2. Hidrotechnikos statiniai ir jų ypatumai

Vandens saugyklos komplekse paprastai statomi ir vandens saugyklos pagrindinio hidromazgo, ir kiti saugyklai reikalingi hidrotechnikos statiniai.

Pagrindinio hidromazgo sudėtyje būtina turi būti vandens patvenkimo hidrotechnikos statinys – užtvanka ir potvynių bei poplūdžių vandens praleidimo hidrotechnikos statinys – pertekliaus vandens pralaida (PVP). Kitų galimų hidromazgo hidrotechnikos statinių – laivų šliuzų, žuvų pralaidų, HE – projektavimas aprašomas specialioje literatūroje.

Pabrėžtina, kad hidromazgo statybos vieta, jos koregavimas gali turėti nemažos įtakos ir vandens saugyklos charakteristikoms.

Paprastai visose vandens saugyklose susiduriama su didesniu ar mažesniu vandens saugyklų krantų ardymu (performavimu), kurį sukelia vandens saugykloje susidarančios bangos.

HTS tipai, jų parametrai, komponavimas, skaičiuotini vandens lygiai turi būti parinkti techniniu, ekonominiu, socialiniu, aplinkosauginiu bei estetiniu požiūriu lyginant galimus variantus, atsižvelgiant į:

1. HTS statybos vietos ir aplinkos sąlygas (klimatą, topografijos, inžinerinės geologijos, hidrogeologijos, hidrologijos, biologijos, ekologijos ir kt. ypatumus);
2. hidrologinio režimo pokyčių aukštutiniame ir žemutiniame bjefuose prognozę, apimančią vandens lygius ir debitus, vandens termiką, nuosėdų kaupimąsi bei krantų persiformavimą aukštutiniame bjefe, vaginius procesus žemutiniame bjefe ir HTS įtakos zonos intakuose, teritorijų užliejimą bei patvenkimą arba jų inžinerines apsaugos priemones;
3. regiono ūkio plėtros mastą energetikos, susisiekimo, transporto apyvartos, pramonės, žemių drėkinimo bei sausinimo ir kt. srityse;
4. žmonėms, kuriuos tenka išskeldinti iš užliejamų teritorijų, padarytų materialinių nuostolių kompensavimą;
5. priemones, garantuojančias reikiamą vandens kokybę: vandens saugyklos dubens paruošimą, tinkamo sanitarinio režimo vandens apsaugos zonoje laikymąsi, biogeninių medžiagų patekimo apribojimus;
6. žuvivaisos reikmes, ypač vertingų migruojančių žuvų išsaugojimą;
7. HTS architektūrinį suderinimą su kraštovaizdžiu;
8. HTS statybos ir naudojimo (laikinojo ir nuolatinio) sąlygas, darbo jėgos išteklius.

HTS projektuojant, statant ir naudojant turi būti numatyta bei garantuota:

1. statinių patikimumas ir ilgaamžiškumas, pagrįstas tiksliais poveikių ir apkrovų, ypač patvenkto vandens, įvertinimu, tolesnėmis projektavimo ir skaičiavimų procedūromis, statybos ir naudojimo kokybe;
2. gaisrinė sauga statant ir naudojant HTS;
3. galimai didesnis vietinių statybos medžiagų panaudojimas;
4. žuvisaugos ir žuvivaisos, kitų ekologinių priemonių organizavimas;
5. tinkama hidromazgo architektūra;
6. vandens saugyklos dubens ir gretimos teritorijos paruošimas;
7. vertingų žemių, miškų, naudingųjų iškasenų plotų išsaugojimas;
8. laivybos sąlygų užtikrinimas;
9. tinkamiausias upės debitų, vandens lygių bei tėkmės greičių žemutiniame bjefe režimas, atsižvelgiant į visų vandens naudotojų bei vartotojų interesus;
10. priimtinas gruntinių vandenų lygis ir režimas hidromazgo aplinkoje;
11. normatyvinis statybos laikas, kiek įmanoma mechanizuojant darbus ir sumažinant darbo jėgos sąnaudas;
12. nuolatinis statinių techninės būklės ir veikimo stebėjimas (vizualiai ir patikros priemonėmis) juos statant ir naudojant.

HTS projektavimui, statybai bei naudojimui optimizuoti taikoma:

1. statinių, atliekančių skirtingas funkcijas, sutapdinimas;
2. esamų statinių rekonstravimas;
3. statinių statyba, pripažinimas tinkamais naudoti atskirais etapais (paleidimo kompleksais);

4. įrangos, konstrukcijų ir jų matmenų, statybos ir montavimo darbų unifikavimas;
5. melioracijos, žuvininkystės ir pan. hidromazgų slėgio panaudojimas energetikai;
6. techninių sprendinių pagrindimas, naudojant fizinių (hidraulinių, aerodinaminių) bei matematinį skaitmeninį modeliavimą;
7. techninių dokumentų rengimas kompiuterinėmis technologijomis;
8. statinių techninės būklės stebėjimų ir matavimų operatyvi analizė, prognozavimas, nedelsiamas neigiamų reiškinių likvidavimas.

HTS rekonstravimas. Nuolatinių HTS rekonstravimą reikia atlikti, siekiant pagerinti techninius, ekonominius ir naudojimo rodiklius ir įvykdyti šias sąlygas:

1. padidinti elektros energijos išdirbį;
2. pagerinti gruntinių vandenų režimą sausinamose bei drėkinamose žemėse;
3. pagerinti vandens tiekimą vandentiekos, pramonės, drėkinimo reikalams;
4. padidinti laivybės krovinių apyvartą;
5. pagerinti vandens saugyklos ir jos įtakos zonos ekologines sąlygas;
6. pakeisti naudotą įrangą;
7. rekonstruojant HTS reikia stengtis nenutraukti jų pagrindinių naudojimo funkcijų;
8. rekonstruojant hidromazgus reikia kiek įmanoma panaudoti esamus HTS;
9. rekonstruojamų statinių techninė ir naudojimo būklė, medžiagų ir pagrindo gruntų skaičiuotinės charakteristikos turi būti nustatytos specialiaisiais tyrimais.

2.3. HTS klasifikavimas

1. Pagal statybos vietą skiriami sausumos ir jūrų HTS:
 - 1.1. sausumos HTS skirstomi į upių, kanalų, ežerų, tvenkinių, vandens saugyklų ir specialiųjų vandens objektų HTS;
 - 1.2. jūrų HTS skirstomi į priekrantės (vandens gylis iki 30–50 m), žemyno šelfo (vandens gylis iki 200–300 m) ir vandenyno (vandens gylis ≥ 1 km) HTS.
2. Sausumos HTS klasifikuojami pagal funkcinę paskirtį, pasekmes, kurias galėtų sukelti griuvimas ar sutrikęs veikimas, naudojimo laiką, statybos produktus, iš kurių jie pastatyti, statybos būdą, statybos vietą ir kt.
3. Pagal funkcinę paskirtį, naudojimo laiką ir pasekmes, sutrikus jų veikimui, sausumos HTS skirstomi taip (žr. 2.1 pav.):

- 3.1. pagal funkcinę paskirtį į šias grupes: vandens patvenkimo, praleidimo, ėmimo, transportavimo (tiekimo), bjefų jungimo, apsauginius ir specialiuosius HTS.

Pastaba. Kai kurie HTS, atsižvelgiant į konkrečią paskirtį, gali būti priskirti ir vienai, ir kitai grupei (pvz., šliuzai reguliatoriai gali būti priskirti ir vandens patvenkimo, ir vandens praleidimo statinių grupėms; dambos ir vandens patvenkimo, ir apsauginių statinių grupėms);

- 3.2. pagal naudojimo laiką – į nuolatinius ir laikinus:
 - 3.2.1. nuolatiniai HTS pagal galimas pasekmes, sutrikus jų veikimui, skirstomi į pagrindinius ir nepagrindinius:
 - 3.2.1.1. pagrindiniai yra tokie HTS, kurių griūtis arba pažeidimas sutrikdo hidromazgo ar hidrosistemos veiklą (pvz.: pažeidžiama įprasta hidroelektrinės veikla, nutraukiamas arba sutrikdomas vandens tiekimas numatytiems tik-

- slams, patvenkiama sausinamoji arba apsemiama saugomoji teritorija, nu-
traukiama arba sutrikdoma laivyba ir pan.);
- 3.2.1.2. nepagrindiniai HTS yra tie, kurių griūtis ar pažeidimas nesukelia
anksčiau nurodytų pasekmių;
- 3.2.2. laikinieji HTS naudojami statant, rekonstruojant ar remontuojant nuolati-
nius HTS.
4. Pagal ūkinę priklausomybę sausumos HTS skirstomi į bendruosius ir tikslinius:
- 4.1. bendrieji skirti įvairioms ūkinėms reikmėms (užtvankos, vandens pralaid-
os);
- 4.2. tiksliniai: hidroenergetiniai (hidroelektrinių jėgainės, derivaciniai kanalai
ir kt.), vandens transporto (laivybos šliuzai, prieplaukos ir kt.), vandentiekos
ir nuotekų šalinimo (specialieji vandens gerinimo, nuotekų valymo statiniai,
siurblynės ir kt.), hidromelioraciniai (šliuzai regulatoriai, slenksčiai, pralai-
dos, siurblynės ir kt.), žuvininkystės (žuvų pralaidos, žuvininkystės tvenki-
niai ir kt.), rekreaciniai (maudyklos, valčių prieplaukos ir kt.), gynybinės
paskirties ir kt.
5. Pagal padėtį žemės paviršiaus atžvilgiu sausumos HTS skirstomi į antžeminius ir
požeminius.
6. Pagal išskiriami potencialiai pavojingi HTS, pateikiamas jų sąrašas, o pagal STR
1.12.03:2006 įvertinama jų techninė būklė.
7. Jūrų HTS pagal paskirtį skirstomi į jūrų uostų, krantosaugos, tėkmių ir nešmenų
reguliavimo, apsaugos nuo ledo poveikio, atitvėrimo, laivų statybos ir remonto,
jūros naftos ir dujų gavybos ir kt. HTS.
8. Pagal statybos produktus, iš kurių pastatyti, HTS skirstomi į gruntinius, betonin-
ius-gelžbetoninius, akmeninius, metalinius, medinius, sintetinius ir mišriuosius.
9. Pagal statybos būdą HTS skirstomi į supiltinius, suplautinius, surenkamuosius,
monolitinius, surenkamuosius–monolitinius ir pastatytus panaudojant sprogdini-
mo ar mišrius būdus.
10. Pagal statinio naudojimo paskirtį ir statybos produktus, tarp kitų statinių,
įvairiems HTS STR 1.12.06.2002 nurodoma skirtinga gyvavimo trukmė.
11. Pagal STR 1.01.06:2002 6 p. stambesni sausumos HTS bei įvairūs jūrų ir upių
HTS priskiriami ypatingų statinių kategorijai. Tai:
- 11.1. galingesnės kaip 1 MW jėgainės;
- 11.2. HTS, kurių patvankos aukštis > 3 m arba tvenkinio plotas > 5 ha;
- 11.3. jūrų ir upių uostai ir jų statiniai.
12. Pagal statinių naudojimo paskirtį HTS STR 1.01.09:2003 priskirti kitų statinių
grupei.

Pastaba. 11, 12 p. nurodyti HTS priskyrimai turi savitas prasmes, todėl juos projek-
tuojant, statant, prižiūrint bei naudojant, dažnai nėra svarbūs ir atsižvelgiama į situaciją.

13. Pagal avarijų ir naudojimo sutrikimų galimus padarinius HTS skirstomi į **ketu-
rias pasekmių klases: CC4 (svarbiausiąją), CC3, CC2 ir CC1** (žr. 2.1 – 2.4 lenteles). **Tai
vienas iš reikšmingiausių HTS klasifikavimo požymių, apimantis 18 – 27 p. nuostatas
ir lemiantis HTS projektavimo, statybos ir naudojimo reikalavimus.**

Pastaba. CC – iš anglų kalbos žodžių *consequence class*.

2.4. HTS pasekmių klasės nustatymas

1. Pagrindinių HTS pasekmių klasė turi būti nustatyta pagal aukščiausiąją jų vertę, vadovaujantis 2.1–2.4 lentelėmis.
2. Antraeilių HTS pasekmių klasė turi būti imama vienetu mažesnė už nagrinėjamo hidromazgo pagrindinių statinių pasekmių klasę, bet ne aukštesnė kaip CC2.
3. Laikini HTS dažniausiai priskiriami CC1 pasekmių klasei. Tais atvejais, kai laikinųjų HTS griūtys gali sukelti katastrofą arba sutrikdyti pagrindinių CC4 ar CC3 pasekmių klasės HTS statybą, reikiamai pagrindus, jie gali būti priskirti CC2 pasekmių klasei.
4. Hidromazgo su įvairios paskirties (hidroenergetikos, transporto, melioracijos, vandentiekos, apsaugos nuo potvynių atitvėrimo ir kt.) HTS, pasekmių klasė nustatoma pagal statinį, kuriam priskirtina aukštesnė klasė.
5. Kai tas pats HTS atlieka dvi ar daugiau skirtingų funkcijų, pvz., krantinės ir atitvėrimo statinio pasekmių klasė nustatoma pagal didesnę iš jų.
6. Pagrindinių slėgio frontą (aukštutinio bjefo pusėje) sudarančių HTS pasekmių klasė nustatoma pagal vieno iš jų, kurio pasekmių klasė yra aukščiausia.
7. Jeigu pagrindinio statinio griūtis gali sukelti katastrofinius padarinius žemiau esantiems miestams, stambioms pramonės įmonėms, hidromazgams, automagistralėms ir pan., statinio pasekmių klasę, nustatytą pagal 2.1 lentelę, o kanalų – pagal 2.3 lentelę, reikiamai pagrindus, leidžiama vienu punktu padidinti.
8. Specialiųjų konstrukcijų iki 15 m aukščio užtvankos (pralaidžiosios, su pripučiamais ar skysčiu užpildomais sintetiniais uždoriais bei užliejamosios arba neslėginės dambos) priskirtinos CC1 pasekmių klasei.
9. HE arba šiluminių elektrinių, kurių galia mažesnė kaip 1,5 mln. kW, pagrindinių HTS pasekmių klasę, nustatytą pagal 2.3 lentelę, leidžiama vienetu padidinti tokiu atveju, jeigu šios elektrinės neįjungtos į energetinę sistemą ir skirtos stambiu gyvenviečių, pramonės įmonių, transporto ar kitų vartotojų reikmėms arba jeigu tokios elektrinės tiekia šilumą, karštą vandenį ar garą stambioms gyvenvietėms ar pramonės įmonėms.
10. Mažos HE, neįeinančios į hidromazgo sudėtį, priskirtinos CC2 pasekmių klasei.
11. 1-osios, 2-osios ir 3-iosios kategorijų upių uostų pagrindiniai HTS priskirtini CC2 pasekmių klasei, kiti HTS – CC1 pasekmių klasei.

Pastabos:

1. Uosto kategorija nustatoma pagal 2.4 lentelę.
 2. Keliamų krovinių ir keleivių intensyvumas nustatomas pagal upių uostų projektavimo techninius normatyvus.
12. Kanalo ruožo pasekmių klasė gali būti vienu punktu sumažinta, jeigu jo avarijos metu vanduo pagrindiniam naudotojui galės būti tiekiamas iš netoliese esančios vandens saugyklos jos reguliuojamojo tūrio sąskaita.
 13. Krantosaugos statiniai priskirtini CC2 pasekmių klasei. Jeigu krantų tvirtinimo statinių avarija gali sukelti katastrofą (įvykus nuošliaužoms, paplovimams ir pan.), statinių pasekmių klasę galima vienetu padidinti.

2.1 lentelė. Pagrindinių nuolatinių HTS pasekmių klasė pagal galimų avarijų padarinius, atsižvelgiant į jų statybos produktus, aukštį ir pagrindo gruntą

Statinys	Pagrindo grunto tipas	Statinių aukštis m, kai pasekmių klasė			
		CC4	CC3	CC2	CC1
1. Žemių užtvankos	A	> 100	>	25–70	iki 25
	B	> 75	70–100	15–35	iki 15
	C	> 50	> 35–75 > 25–50	15–25	iki 15
2. Betono ir gelžbetonio užtvankos, hidroelektrinių jėgainių povandeninės konstrukcijos, laivybos šliuzai, kiti patvanką sudarantys betono ir gelžbetonio statiniai	A	> 100	>	25–60	iki 25
	B	> 50	60–100	10–25	iki 10
	C	> 25	> 25–50 > 20–25	10–20	iki 10
3. Atraminės sienos	A	> 40	> 25–40	15–25	iki 15
	B	> 30	> 20–30	12–20	iki 12
	C	> 25	> 18–25	10–18	iki 10
4. Pagrindinės paskirties jūrų laivų krantinės (krovinių, keleivių, laivų statybos, remonto)	A B C	> 25	20–25	iki 20	–
5. Jūrų uostų vidaus atitvėrimo statiniai, pasyviosios krantosaugos statiniai, tėkmių reguliavimo ir nešmenų sulaikymo dambos ir kt.	A B C	–	> 15	iki 15	–
6. Atitvėrimo statiniai (molai, bangolaužiai ir dambos), apsaugos nuo ledo statiniai	A B C	> 25	5–25	iki 5	–
7. Sausieji ir pripilamieji dokai, pripilamosios dokų kameros	A	–	> 15	iki 15	–
	B C	–	> 10	iki 10	–
8. Stacionariosios naftos ir dujų gręžinių platformos šelfe, estakados atviroje jūroje, dirbtinės salos	A B C	> 25	iki 25	–	–

Pastabos:

1. Pagrindo gruntas: A – uolinis; B – smėlio, žvyro ir molinis kietos ar pusiau kietos konsistencijos; C – molinis, prisotintas vandens, plastinės konsistencijos.
2. HTS aukštis ir pagrindo gruntai įvertinami pagal atskirų HTS projektavimo normatyvinių dokumentų reikalavimus.
3. Lentelės 2.1 – 6 p. vietoje statinio aukščio imamas gylis prie statinio, o 8 p. – gylis statybos vietoje.

2.2 lentelė . HTS pasekmių klasė pagal jų naudojimo sutrikimų padarinius

Statiniai	Pasekmių klasė
1. Hidroelektrinių, hidroakumuliacinių ir šiluminių elektrinių HTS, kai elektrinių galingumas mln. kW: – 1,5 ir daugiau – iki 1,5	CC4 CC4–CC1
2. Atominių elektrinių HTS (neatsižvelgiant į jų galingumą)	CC4
3. HTS ir laivų kanalai vidaus vandens keliuose (išskyrus upių uostų statinius)	CC2
4. Melioracijos sistemų HTS	CC1
5. Melioracinės paskirties vandens saugyklų patvenkimo HTS	CC1
6. Kompleksinės paskirties kanalai ir jų statiniai	CC3–CC1
7. Upių uostų atitvėrimo ir laivų statybos bei remonto įmonių statiniai	CC2
8. Jūrų atitvėrimo statiniai ir jūrų kanalų bei uostų HTS, kai krovinių apyvarta ir įplaukiančių laivų skaičius: – > 6 mln. t sausojo krovinio (> 12 mln. t skystojo krovinio) ir 800 transportinių laivų per navigaciją – 1,5–6 mln. t sausojo krovinio (6–12 mln. t skystojo krovinio) ir 600–800 transportinių laivų per navigaciją – iki 1,5 mln. t sausojo krovinio (iki 1,5 mln. t skystojo krovinio) ir iki 600 transportinių laivų per navigaciją	CC4 CC3 CC2
9. Jūrų atitvėrimo statiniai ir laivų statybos bei remonto įmonių ir bazių HTS, atsižvelgiant į įmonės klasę	CC3–CC2
10. Jūrų laivų krantinės, geležinkelio perkėlų į krovinius laivus HTS, kai krovinių apyvarta: – > 0,5 mln. t – iki 0,5 mln. t	CC3 CC2
11. Laivų stovėjimo, einamojo remonto ir laivų priežiūros krantinės	CC2
12. Laivų statybos bei remonto įmonių krantinės, jei laivų vandentalpa: – > 3,5 tūkst. t – iki 3,5 tūkst. t	CC3 CC2
13. Laivų pakėlimo ir nuleidimo statiniai, kai keliamoji jėga kN: – > 300 – > 35–300 – iki 35	CC4 CC3 CC2
14. Navigacijos vietų ženklavimo pastovieji HTS	CC4

2.3 lentelė. Atitvėrimo (apsaugos nuo apšėmimo) HTS pasekmių klasės

Saugomos teritorijos	Maksimalusis skaičiuotinis statinių slėgio aukštis, m, kai jų pasekmių klasė			
	CC4	CC3	CC2	CC1
1. Užstatytosios. Gyvenamojo fondo tankis gyvenamojo rajono teritorijoje m ² /ha: > 2500 2100–2500 1800–2100 iki 1800	*	iki 5	iki 3	–
	–	iki 8	iki 5	iki 2
	–	iki 10	iki 8	iki 5
	–	> 10	iki 10	iki 8
2. Sveikatingumo-rekreacijos ir sanitarinės-apsauginės paskirties	–	–	> 10	iki 10
3. Pramonės įmonių **	*	> 8	iki 8	iki 5
4. Komunalinės paskirties ir sandėliavimo: komunalinės ir sandėliavimo, miesto bendrosios paskirties įmonės; kitos komunalinės ir sandėliavimo įmonės	–	iki 8	iki 5	iki 2
	–	> 8	iki 8	iki 5
5. Kultūros ir gamtos paminklai	–	iki 3	–	–

Pastabos: 1.*atitinkamai pagrindus, atitvėrimo statinius leidžiama priskirti CC4 pasekmių klasei, jeigu jų griūtis ↑↓ avarija sukeltų saugomiems miestams ar stambioms įmonėms katastrofinius padarinius;

2. **nurodyti maksimalieji slėgio aukščiai; atitinkamai suderinus, jie gali būti mažinami atsižvelgiant į pramonės įmonės apyvartą.

2.4 lentelė. Upių uostų kategorijos

Uosto kategorija	Vidutinė paros krovinių apyvarta, sutartinių tonų	Keleivių pervežimo apyvarta, sutartinių keleivių
1	> 15 000	> 2000
2	3501–15 000	501–2000
3	751–3500	201–500
4	≤ 750	≤ 200

3. ŽEMIŲ UŽTVANKOS

3.1. Bendros žinios

Šiame skyriuje kalbėsime apie žemas (iki 15 m aukščio) ir vidutines (nuo 15 iki 50 m aukščio) žemių užtvankas, rengiant joms naujos statybos ar rekonstrukcijos projektus.

Užtvankos statybos vieta parenkama statybos rajone nagrinėjant kelis galimus variantus. Parenkamas ekonomiškiausias variantas, atsižvelgiant į tai, kad būtų:

- mažiau užliejama vertingų objektų ir žemių naudmenų;
- galima sudaryti didesnę vandens saugyklą;
- saugyklos vieta palanki vandens naudotojų bei vartotojų atžvilgiu;
- geresnės topografinės bei inžinerinės-geologinės sąlygos;
- palankesnės privažiavimo sąlygos.

Pagal topografines sąlygas pirmenybė teikiama siauriausiam slėniui, tačiau jo plotis turi būti pakankamas potvynių pralaidai statyti. Slėnio šlaitai pageidautini ne statesni kaip 1:3 – 1:4.

Nerekomenduojama projektuoti užtvankų tose vietose, kur pagrindas yra sudarytas storų vandeniui labai laidaus žvyro, stambiagrūdžio smėlio sluoksnių, sufoziškų gruntų arba gruntų, ant kurių, pastačius užtvanką, gali susidaryti didelis slėgis grunto porose, sąlygojantis užtvankos deformacijas. Tai – minkštai bei kietai plastiškas molis, durpės. Durpės, kurių susiskaidymo laipsnis yra didesnis kaip 50 %, gali būti žemų užtvankų (iki 3,0 – 5,0 m aukščio) pagrindu.

Projektuoti žemių užtvankas iš molio gruntų galima išimtiniais atvejais, atlikus geotechninį grunto įvertinimą ir ekonominį pagrindimą.

Lietuvoje daugiausia projektuojamos supiltinės žemių užtvankos iš priemolio, priesmėlio, ir rečiau – iš smėlinių gruntų ant nelaidžių ar laidžių pagrindų (3.1 pav.).

Priklausomai nuo vietos sąlygų jos gali būti 3.1 lentelėje nurodytų tipų.

Projektuojant užtvankas ant neuolinių pagrindų, pirmenybę reikia suteikti užtvankoms iš vienalyčio grunto, užtvankoms su gruntiniu branduoliu arba su gruntiniu ekranu; nerekomenduojamos užtvankos su ekranais ir branduoliais iš standžių medžiagų.

Konkretų užtvankos tipą rekomenduojama parinkti vadovaujantis duomenimis, pateiktais 3.2 paveiksle.

3.2. Žemių užtvankų gruntai

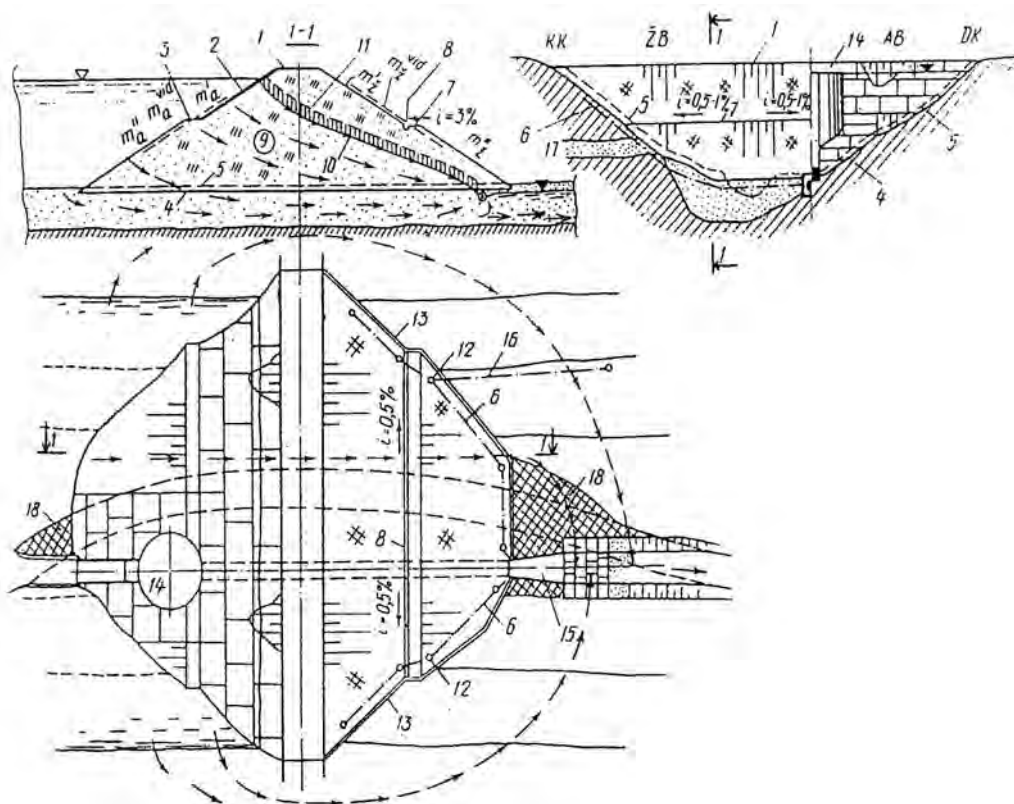
Žemių užtvankų statybai tinka visų rūšių gruntai, išskyrus:

- a) gruntus, turinčius vandenyje tirpstančių druskų: chloridų druskų daugiau kaip 5 %, sulfatų bei sulfatų - chloridų druskų daugiau kaip 10% nuo bendros masės;
- b) gruntus, turinčius ne visiškai susiskaidžiusių organinių medžiagų (augmenijos likučių) daugiau kaip 5% arba visiškai susiskaidžiusių organinių medžiagų amorfiniame būvyje daugiau kaip 8% nuo bendros masės;

Smėlinius ir žvyro-žvirgždo gruntus rekomenduojama naudoti tik žemių užtvankų žemutinės dalies statybai. Naudojant dviejų tipų gruntus, reikia patikrinti, ar jų sąlyčio

vietose nevyks gruntų filtracinės deformacijos. Esant tokiai galimybei, būtina numatyti pereinamuosius sluoksnius.

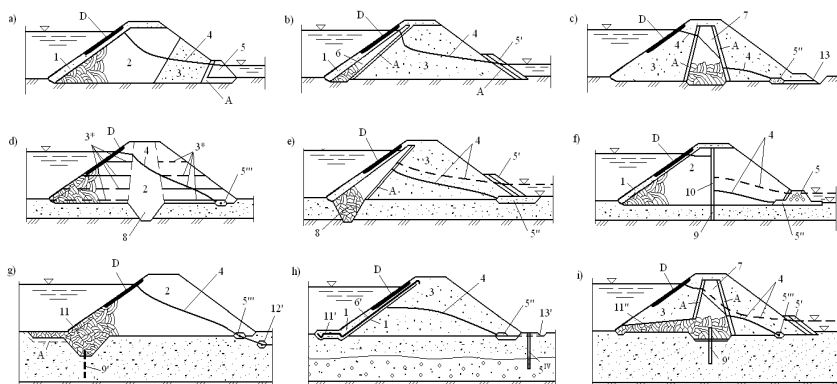
Grunto karjerai parenkami kuo arčiau būsimos užtvankos, tose vietose, iš kur grunto transportavimas bus patogus. Karjerus racionaliausia numatyti tvenkinio ribose tarp Min-PL ir NPL. Jei tvenkinys bus pripildomas vandeniu statant užtvanką, gali būti projektuojami keli karjerai skirtinguose aukščiuose.



3.1 pav. Principinė supiltinės vienalytės ŽU su įkomponuota šachtine pertekliaus vandens pralaida schema: 1 – ketera; 2 – aukštutinio šlaito tvirtinimas; 3 – aukštutinio šlaito berma; 4 – padas; 5 – buvęs žemių paviršius; 6 – vamzdinis drenažas; 7 – žemutinio šlaito berma; 8 – bėrmos vandens nuleidimo latakas; 9 – užtvankos masyvas; 10 – depresijos kreivė; 11 – kapiliarinė zona; 12 – drenažo šuliniai; 13 – papėdės latakas; 14 – šachta; 15 – vandens ramavimo baseinas; 16 – šlaito drena; 17 – smėlio tarp sluoksniu; 18 – vietinio grunto užpilas; AB – aukštutinis bjefas; ŽB – žemutinis bjefas; KK – kairysis krantas; DK – dešinysis krantas; m_a^I ir m_a^{II} – aukštutinio šlaito koeficientai; m_z^I ir m_z^{II} – žemutinio šlaito koeficientai

3.1 lentelė. Žemių užtvankų klasifikacija

Užtvankų skiriamieji požymiai	Užtvankų tipai
1. Pagal užtvankos masyvo konstrukciją	a) vienalytės; b) nevienalytės; c) su ekranu; d) su branduoliu; e) su diafragma.
2. Pagal pagrindo antifiltracines priemones	a) su paklotu (priešslenksčiu); b) su dantimi; c) su antifiltracine užtvara (užuolaida).
3. Pagal drenažą	a) su vidiniu vamzdiniu; b) su vidiniu prizminiu; c) su vidiniu plokščiuoju; d) su išoriniu antšlaitiniu; e) su vertikaliuoju; f) su mišriuoju.
4. Pagal statybos būdą	a) supiltinės; b) suplautinės; c) pusiau suplautinės.
5. Pagal aukštutinio šlaito tvirtinimą bangų zonoje	a) su netvirtintu aukštutiniu šlaitu; b) su nekapitališkai tvirtintu aukštutiniu šlaitu; c) su kapitališkai tvirtintu aukštutiniu šlaitu.



3.2 pav. ŽU skersiniai profiliai: ant nelaidaus pagrindo: a – nevienalytė; b – su ekranu; c – su branduoliu; ant laidaus pagrindo: d – vienalytė su dantimi; e – su ekranu ir dantimi; f – su antifiltracine užtvara – diafragma; g – vienalytė su gruntiniu antifiltraciniu paklotu (priešslenksčiu) bei numatoma antifiltracine užtvara; h – su polietileniniu ekranu ir polietileniniu antifiltraciniu paklotu; i – su vidiniu antifiltraciniu paklotu, branduoliu, antifiltracine užtvara; 1 – apsauginis sluoksnis; 2 – moliniai gruntai; 3 – smėlio gruntas; 4 – depresijos kreivė; 5 – vidinis prizminis drenažas; 5I – išorinis (antšlaitinis) drenažas; 5II – vidinis plokščiasis drenažas; 5III – vidinis vamzdinis drenažas; 5IV – vertikalusis drenažas; 6 – gruntinis ekranas; 6I – polietileninis ekranas; 7 – branduolys; 8 – dantis; 9 – antifiltracinė užtvara; 9I – įlaidinė antifiltracinė užtvara; 10 – antifiltracinė diafragma; 11 – gruntinis antifiltracinis paklotas; 11I – polietileninis antifiltracinis paklotas; 11II – vidinis gruntinis antifiltracinis paklotas; A – atvirkštinis filtras; D – aukštutinio šlaito danga

Augalinis gruntas nuo užtvankos pagrindo ir karjerų paviršiaus numatomas nukasti ir supilti į laikinus kavaljerus. Baigiant statybą, šis gruntas naudojamas apželdinamiems šlaitams padengti bei virš vandens likusiems karjerams rekultivuoti.

Antifiltracinėms priemonėms (ekranams, branduoliams, priešslenkščiams, dantims) reikia naudoti gruntuos, kurių filtracijos koeficientas yra bent 50 kartų mažesnis nei žemių užtvankos masyvo ar pagrindo gruntuų filtracijos koeficientas. Šiam tikslui geriausiai tinka natūralūs moliniai gruntuos, kurių drėgnis yra didesnis arba lygus kočiojimosi drėgniui, tačiau mažesnis už takumo ribą. CCI ir CC2 klasės žemių užtvankoms ekranų ir priešslenkščių įrengimui leidžiama naudoti durpes, kurių susiskaidymo laipsnis ne mažesnis kaip 50% .

Jei užtvanka bus pilama iš vidutinio sunkumo ir sunkaus molio gruntuų, ne mažiau kaip per įšalo gylį ($h_{iš} = 1,2 - 1,5 \text{ m}$) reikia numatyti gruntuo sluoksnį iš smėlio gruntuų, kad molio gruntuos būtų apsaugotas nuo deformacijų užšalant.

Projekte būtina nurodyti projektinį užtvankos gruntuo sutankinimo laipsnį. Jį galima išreikšti sutankinto gruntuo skeleto tankiu ρ_t . Projektinio sutankinimo laipsniui nustatyti užtvankų karjerų gruntuų pavyzdžiai tankinami laboratorijoje standartiniu būdu, kur nustatomas maksimalus standartinis (Proktoro) gruntuo tankis ρ_{max} . Jei užtvanka pilama iš smėlinių gruntuų, projektinis ρ_{pt} pasirenkamas lygus laboratorijoje nustatytam ρ_{max} , o kai užtvanka pilama iš molinių gruntuų – 5 – 8 % mažesnis.

3.3. Žemių užtvankos skersinis profilis

Žemių užtvankos *keteros plotis* b_{ket}^{min} priklauso nuo užtvankos statybos darbų ir eksploatacijos ypatybių, bet turi būti ne mažesnis kaip 4,5 m. Kai ketera projektuojamas kelias, jos plotis parenkamas pagal kelio kategoriją.

Užtvankos *keteros geodezinis aukštis* (*altitudė*) Z_{ket} priklauso nuo hidrotechnikos, o tiesiant kelią ir nuo kelių statybos reikalavimų. Projektuojant žemių užtvanką reikia užtikrinti, kad tvenkinio aukštutiniame bjefe susidaranchios bangos nepersilietu per keterą, tam turi būti numatomas keteros altitudės paaukštšinimas virš aukštutinio bjefo vandens lygio ΔZ_{ket} . Skaičiuojant ΔZ_{ket} užtvankai be parapeto, nagrinėjami du variantai:

- įvertinant normalųjį patvankos lygį (NPL) ir maksimalų audrų vėją; gaunama ΔZ_{ket}^{max} ;
- įvertinant maksimalųjį patvankos lygį (MaxPL) ir vidutinį audrų vėją; gaunama ΔZ_{ket}^{vid} .

Keteros altitudė apskaičiuojama pagal šią formulę:

$$Z_{ket} = \max (Z_{NPL} + \Delta Z_{ket}^{max} ; Z_{MaxPL} + \Delta Z_{ket}^{vid}) , \quad (3.1)$$

čia *max* reiškia, kad iš dviejų, skliausteliuose įrašytų sumų imama didesnioji;

ΔZ_{ket} vertės skaičiuojamos analogiškai, atsižvelgiant į a) ir b) variantus, pagal šią formulę:

$$\Delta Z_{ket} = h_{b,u} + \Delta h + a , \quad (3.2)$$

čia $h_{b,u}$ – bangos užbėgimo ant užtvankos aukštutinio šlaito aukštis, rekomenduojamas skaičiuoti pagal:

$$h_{b,u} = k_{\Delta} k_n k_s k_{l,n} k_{\beta} h_{1\%}, \quad (3.3)$$

čia k_{Δ} ir k_n - šlaito šiurkštumo ir nelaidumo koeficientai;
 k_s - spektrinis šlaito koeficientas, įvertinantis vėjo netolygumą;
 $k_{l,n}$ - lygaus nelaidaus šlaito įtakos koeficientas;
 k_{β} - kampo tarp bangos fronto ir užtvankos ašies β koeficientas: kai $\beta = 0^{\circ}$;
 $20^{\circ}; 40^{\circ}; 60^{\circ}$ tai
 $k_{\beta} = 1; 0,96; 0,87; 0,76$;
 $h_{1\%}$ - bangos aukštis esant 1 % tikimybei.
 Δh - sampūtos (vėjo supučiamo aukštutinio bjefo vandens lygio pakilimo) aukštis, rekomenduojamas skaičiuoti pagal:

$$\Delta h = K_w V_w L \cos \gamma / (g (H_d + \Delta h)), \quad (3.4)$$

čia K_w – koeficientas, priklausantis nuo vėjo greičio.

$$K_w \approx (0,3 \pm 0,09V)10^{-6}; [V_w] \text{ m/s} \quad (3.5)$$

γ – kampas tarp vėjo krypties ir tvenkinio išilginės ašies linijų;
 L – bangos įsibėgėjimo ilgis tvenkinyje nagrinėjama kryptimi;
 H_d – tvenkinio gylis.

Esant bangos įsibangavimo atstumui mažiau nei 2 km, Δh galima pasirinkti lygų 0;
 a – avarinė keteros paaukštinimo atsarga.

Avarinė keteros paaukštinimo atsarga a rekomenduojama skaičiuoti pagal [21] arba gali būti pasirenkama tokio dydžio: jei užtvankos sugriovimas gresia katastrofinio pobūdžio pasekmėmis, $a \geq 0,5$ m, kitais atvejais $a = 0,2 - 0,3$ m. Apskaičiuotos žemių užtvankos keteros paaukštinimo vertės virš skaičiuojamojo vandens lygio neturi būti mažesnės kaip 0,5 m.

Skaičiuojant $h_{b,u}$ ir Δh vertes, imami tam tikros tikimybės maksimalių (audrų) vėjų greičiai V_w , nustatyti 10 m aukštyje virš vandens paviršiaus, t. y. $V_w = V_0^{p\%}$. Maksimalių vėjų greičių tikimybė CCI ir CCII klasės užtvankoms imama 4%, o vidutinių – 50 %. Atitinkamos $V_{10}^{4\%}$ ir $V_{10}^{50\%}$ vertės būdingiausiose Lietuvos meteorologijos stotyse pagal RSN 156-94 surašytos 3.2 lentelėje. Kuriai nors kitai vietai tos vertės nustatomos interpoliuojant.

Kai žemių užtvankos ketera projektuojamas bendro susisiekimo kelias, jo konstrukcija ir parametrai parenkami priklausomai nuo kelio kategorijos. Be to, tokiais atvejais kelio pakraščiuose turi būti numatyti sargšuliai arba kitos apsaugos priemonės, numatytos Automobilių kelių projektavimo taisyklėse. Tokiais atvejais kartais gali būti tikslinga numatyti parapetą, kuris greta saugumo funkcijos leistų sumažinti žemių užtvankos aukštį. Keteros altitudę su parapetu (h_{par}) galima apskaičiuoti pagal:

$$Z_{ket}^{par} = \max \left(\begin{array}{l} Z_{NPL(FPL)_p} + \Delta Z_{ket}^{max} - h_{par}; \quad Z_{NPL(FPL)^e} + 0,3 \\ Z_{FPL^y} + \Delta Z_{ket}^{vid} - h_{par}; \quad Z_{FPL^y} \end{array} \right) \quad (3.6)$$

Atsižvelgiant į kelių statybos reikmes, depresijos kreivė ŽU turi būti nutolusi nuo kelio dangos apačios priemolio – priemolio užtvankoms:

$$\Delta Z_{ket}^{kel} \geq h_{at} / K_{eks} + h_{k.d} , \quad (3.6')$$

čia h_{at} – aukščio atsarga (aukščiau normaliojo patvankos lygio $h_{at}^{max} = 1,9$ m;
 aukščiau forsuitojo vandens lygio $h_{at}^{nor} = 0,8$ m);
 K_{eks} – eksploatacinės patirties koeficientas ($K_{eks} \leq 1,5$);
 $h_{k.d}$ – kelio dangos storis.

Kai katera nenumatomas kelias, jos paviršius projektuojamas su 3% skersiniu nuolydžiu nuo keteros vidurio į šlaitų pusę ir ant jo numatoma paskleisti 18 - 20 cm storio smėlio-žvyro mišinio sluoksnį.

3.2 lentelė. Maksimalieji vėjų greičiai m/s

Meteorologijos stotis	Tikimybė %	Rumbai							
		Š	ŠR	R	PR	P	PV	V	ŠV
Biržai	4	11,0	11,0	13,5	14,5	15,5	15,5	15,5	14,5
	50	9,5	9,5	10,5	11,5	11,5	12,0	12,0	11,5
Telšiai	4	14,5	12,5	14,0	16,5	16,5	17,5	18,5	16,5
	50	10,5	9,0	10,0	12,0	12,0	13,5	14,0	12,5
Šiauliai	4	16,5	14,0	14,5	15,5	15,5	16,5	16,5	16,5
	50	12,0	9,5	9,5	10,5	10,5	12,5	13,0	12,0
Klaipėda	4	23,5	14,5	15,5	18,5	21,5	30,5	31,0	28,5
	50	17,0	11,0	11,5	14,0	16,0	22,0	22,5	21,0
Laukuva	4	12,0	15,0	16,0	16,5	17,5	17,5	17,5	15,0
	50	9,5	11,0	12,0	13,0	13,5	14,0	14,0	11,0
Ukmergė	4	18,5	17,5	14,0	17,5	18,5	20,5	20,5	20,5
	50	13,0	11,5	10,0	11,5	14,5	15,5	15,5	15,5
Kaunas	4	12,5	12,5	14,5	14,5	17,5	18,5	20,0	17,5
	50	9,5	9,5	10,5	11,0	11,0	12,0	13,0	11,5
Kybartai	4	11,5	13,0	16,0	17,5	16,0	18,0	20,5	16,5
	50	8,0	9,0	10,5	12,5	13,0	13,5	14,5	11,5
Vilnius	4	17,5	15,5	16,5	17,5	17,5	18,5	19,5	18,5
	50	12,0	11,0	11,5	12,0	14,0	12,5	14,5	12,5
Varėna	4	14,5	11,0	13,0	14,5	15,5	16,5	17,5	17,5
	50	10,5	8,5	10,0	10,5	11,0	11,0	11,5	11,5

Žemių užtvankos šlaitų koeficientų vertės priklauso nuo:

- užtvankos aukščio;
- užtvankos masyvo ir pagrindo gruntų geotechninių charakteristikų;
- statybos būdo;
- statybos technologinių reikalavimų ($m_{min} \geq 2,0$);
- šlaitų orientacijos (aukštutinis ar žemutinis);

f) aukštutinio šlaito bangų įtakos zonoje tvirtinimo būdo;

g) žemutinio šlaito drenažo tipo.

Šlaitų koeficientai parenkami konkrečiam atvejui, nagrinėjant kelis variantus, atsižvelgiant į minėtas sąlygas. Supiltinių iki 15 m aukščio žemių užtvankų, kurių pagrindo gruntas tokio pat stiprumo kaip užtvankos masyvo gruntas arba stipresnis, tvirtintų šlaitų koeficientai gali būti pasirenkami pagal 3.3 lentelės duomenis, tiesinės užtvankų aukščių interpoliacijos principu.

3.3 lentelė. Supiltinių žemių užtvankų vidutiniai šlaitų koeficientai, kai drenažas vidinis

Užtvankos masyvo gruntas			Užtvankos aukštis m					
			≤5		10		15	
Granulimetrinė sudėtis	φ°	c, kPa	m _{a,vid}	m _{z,vid}	m _{a,vid}	m _{z,vid}	m _{a,vid}	m _{z,vid}
Vidutinio stambumo smėlis	34	1	2,3	2,0	2,5	2,0	2,7	2,0
Smulkus smėlis	30	3	2,5	2,0	2,7	2,0	3,0	2,0
Priesmėlis	23	10	2,0	2,0	2,3	2,0	2,8	2,0
Lengvas priemolis	21	12	2,0	2,0	2,2	2,0	2,8	2,1*
Vidutinio sunkumo priemolis	20	15	2,0	2,0	2,0	2,0	2,5	2,0*
Sunkus priemolis	18	20	2,0	2,0	2,0	2,0	2,3	2,0
Molis	15	30	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0

Pastaba. Rengiant išorinį drenažą $m_{z,vid}$ vertė didinama 0,2.

Kai užtvankos pagrindo gruntas silpnesnis už masyvo gruntą m_{vid} vertės didinamos 5 – 10% ir būtina apskaičiuoti šlaito pastovumą. Aukštesnių kaip 15 m užtvankų šlaitų koeficientai ir pastovumas taip pat nustatomi apskaičiuojant.

Netvirtintų arba nekapitališkai tvirtintų šlaitų koeficientus bangų veikimo zonoje galima parinkti pagal 3.4 lentelę.

3.4 lentelė. Žemių užtvankų bangų veikiamų netvirtintų šlaitų koeficientai

Šlaito gruntas	Bangos aukštis $h_{b/1\%}$ m			
	0,5	1,0	1,5	2,0
Priemolis	7,5	10,5	15,0	19,0
Smulkus smėlis	7,0	10,0	13,0	15,0
Vidutinio smulkumo smėlis	6,5	9,0	11,0	13,0
Smulkus smėlis	5,0	7,0	9,0	11,0
Žvyras	4,5	6,0	7,5	9,5
Žvirgždas	3,5	5,0	6,5	7,5

Aukštesnėse kaip 10 m užtvankose numatomos bermos. Aukštutiniame šlaite pirmoji berma projektuojama žemiau minimalaus patvankos lygio (MinPL) per du 1% tikimybės maksimalios bangos aukščius. Į ją atremiamas aukštutinio šlaito viršutinės dalies tvirtinimas. Aukštesnėse užtvankose antra ir kitos bermos numatomos kas 10 m aukščių skalėje.

Žemutiniame šlaite berma numatoma darbams palengvinti, o eksploatacijos metu – ir atmosferiniam vandeniui, įrengus lataką, surinkti ir nuleisti. Bermos paviršius skersine kryptimi link užtvankos šlaito projektuojamas 3%, o išilgine – 0,5 – 1,0% nuolydžiu.

Bermos plotis 3 m. Bermoje prie aukštutinės šlaito dalies, taip pat papėdėje numatomas 0,2–0,3 m gylis ir 0,4 m pločio griovelis arba latakas vandeniui nutekėti. Esant ilgoms žemių užtvankoms, iš latakų vanduo nuleidžiamas žemių užtvankos šlaitu žemyn surenkamais skersiniais latakais kas 70–100 m.

Užtvankos padas turi būti paruošiamas labai kruopščiai:

- pado ribose iškertamas miškas ir krūmai, pašalinami kelmai, augalinis sluoksnis; iškasamas gruntas, susilpnintas įvairių graužikų urvelių, ir gruntas, kuriame yra nemažas kiekis organinių priemaišų bei lengvai tirpstančių vandenyje medžiagų.
- užtvankos masyvas su slėnio šlaitais jungiamas nedarant vertikalių pakopų. Šlaituose esančios natūralios pakopos performuojamos į šlaitus, kurių koeficientai $m = 2,5-3,0$.

3.4. Antifiltracinės priemonės

Antifiltracinės priemonės (dantis, ekranas, branduolys, diafragma, paklotas (priešslenkstis), antifiltracinė užtvara (užuolaida) – 3.2 pav.) projektuojamos vandens nuostoliams iš tvenkinio sumažinti, depresijos kreivės padėčiai pažeminti, grunto filtraciniam stiprumui padidinti, esant laidiesiems smėliniams gruntams žemių užtvankos masyve bei pagrinde. Gruntinių medžiagų antifiltracinės priemonės turi tenkinti šiuos reikalavimus:

- molinių gruntų filtracijos koeficientas turi būti ne mažiau kaip 50 kartų mažesnis nei užtvankos masyvo ar pagrindo filtracijos koeficientai;
- durpių susiskaidymo laipsnis turi būti ne mažesnis kaip 50%.

Antifiltracinės priemonės gali būti projektuojamos ir iš šių negruntinių medžiagų: betono, gelžbetonio, polimerinių medžiagų, asfaltbetonio ir kt.

Antifiltracinės priemonės tipas priklauso nuo užtvankos ir pagrindo gruntų, žemių užtvankos tipo, užtvankos aukščio, vandensparos gylio, darbų vykdymo technologijos. Paprasčiausia antifiltracinė priemonė yra dantis derinant su molingo grunto užtvankos masyvu arba su ekranu ar branduoliu. Juo galima užtvirti 3 – 5 m laidaus pagrindo grunto sluoksnį (žr. 3.2 pav.) ir iš esmės apriboti geofiltraciją.

Esant dideliame laidaus grunto sluoksnio storiui, pagrinde gali būti numatyti netobulas dantis, kuriuo laidus sluoksnis visiškai nepertveriamas, tačiau sumažinami geofiltracijos slėgio aukščio gradientai ir apribojama kontaktinė geofiltracijos tėkmė. Toks dantis dažniausiai numatomas užtvankos ašyje.

Ekranas ar branduolys, įrengtas iš gruntinių medžiagų, storis, einant nuo viršaus žemyn, didėja. Minimalus ekranas ar branduolio storis viršuje priklauso nuo darbų vykdymo technologijos ir turi būti ne mažesnis kaip 0,80 m. Jų storis apačioje priklauso nuo geofiltracijos slėgio aukščio gradiento, kuris moliui ir priemoliui turi būti nuo 4 iki 10 vienetų.

Gruntinių medžiagų ekranas viršaus altitudė apskaičiuojama pagal [21]. Ji turi būti ne žemiau kaip maksimalus patvankos lygis aukštutiniame bjeffe, tačiau turi būti žemiau įšalo zonos. Gruntinių medžiagų ekranai turi būti padengti smėliniu gruntu ne plonesniu kaip 0,5 m sluoksniu, kad nebūtų veikiami šalčio. Šio apsauginio sluoksnio ir ekranas pastovumas patikrinamas skaičiavimais pagal [19, 21, 23]. Jei užtvanka bus supilta iš stambiagrūdžio grunto, po ekranu turi būti įrengtas atvirkštinis filtras.

Esant dideliame laidaus pagrindo grunto storiui, prie ekranas tikslinga numatyti paklotą (priešslenksti), o prie branduolio – antifiltracinę užtvaramą (užuolaidą).

Paklotas numatomas iš tos pačios medžiagos kaip ir ekranas. Pakloto ilgis pasirenkamas toks, kad gautųsi leistino dydžio geofiltracijos debitas ir kad būtų užtikrinti 4.5 poskyryje aprašyti reikalavimai. Maksimalus pakloto ilgis $L_{pr}^{max} \geq (2-3)H_{pt}^{max}$.

Gruntinių medžiagų pakloto storis priklauso nuo geofiltracinio slėgio aukščio gradiento, kuris turi būti ne didesnis kaip 10–12. Mažiausias gruntinių medžiagų pakloto storis – 0,50 m.

Ekranui naudojant polimerines medžiagas, pvz., stabilizuotą polietilena, geomembranas, jos turi būti apsaugotos nuo mechaninio veikimo, saulės radiacijos ir kt. Po polietileno plėvele ir virš jos pilami apsauginiai smėlinių gruntų sluoksniai. Apsauginių sluoksnių grunto dalelių skersmuo turi būti ne didesnis kaip 6,0 mm.

Polietileno diafragmos (vertikaliosios arba pasvirusiosios) projektuojamos laikantis tų pačių reikalavimų kaip ir polietileno ekranams.

Molio, molbetonio, priemolio branduolys ar dantis įleidžiamas į vandensparą. Įleidimo gylis priklauso nuo vandens slėgio, naudojamų mechanizmų ir pagrindo grunto. Projektuojant užtvanką ant nelaidaus grunto, branduolys ar dantis įleidžiami į jį 1,0 m. Projektuojant užtvanką su dantimi (branduoliu) ant laidaus grunto, dantis į nelaidų iki 5 m slėgio užtvankų gruntą įleidžiamas 0,80 m, didesnio slėgio užtvankose – 1,0 m. Danties ar branduolio pado plotis pasirenkamas ne mažesnis kaip 1,0 m.

Esant storam vandeniui laidaus grunto sluoksniui ir neefektyvioms jau minėtoms antifiltracinėms priemonėms, gali būti projektuojamos *antifiltracinės užtvaros* (įlaidinės, injekcinės, gręžtinės, kastinės ar kaltinės), tobulos, kertančios visą laidaus grunto storį ir netobulos – nekertančios viso laidaus sluoksnio storio. Netobulos antifiltracinės užtvaros veikimas efektyvus, kai jos įleidimas $T_u \geq (0,6 - 0,7)T$; čia T – laidaus grunto sluoksnio storis. Antifiltracinės užtvaros gali būti derinamos ir su kitomis antifiltracinėmis priemonėmis (3.2 pav.).

3.5. Drenažas, atvirkštinis filtras

Drenažo paskirtis yra tokia:

- sugaudyti ir nuleisti į kanalą ar upės vagą per žemių užtvankos masyvą ir pagrindą prasifiltravusį vandenį;
- pažeminti depresijos kreivę, kad ji nekirstų žemutinio užtvankos šlaito ar nesiektų įšalo zonos;
- padidinti žemutinio šlaito pastovumą;
- saugoti žemės užtvankos masyvo ir pagrindo gruntus nuo filtracinių deformacijų.

Žemių užtvankų drenažų pagrindiniai tipai išvardyti 3.1 lentelėje, pagrindinės jų schemas parodytos 3.3 paveiksle. Daromi ir specialūs drenažai, pvz., iš molinių gruntų supiltam užtvankos masyvui.

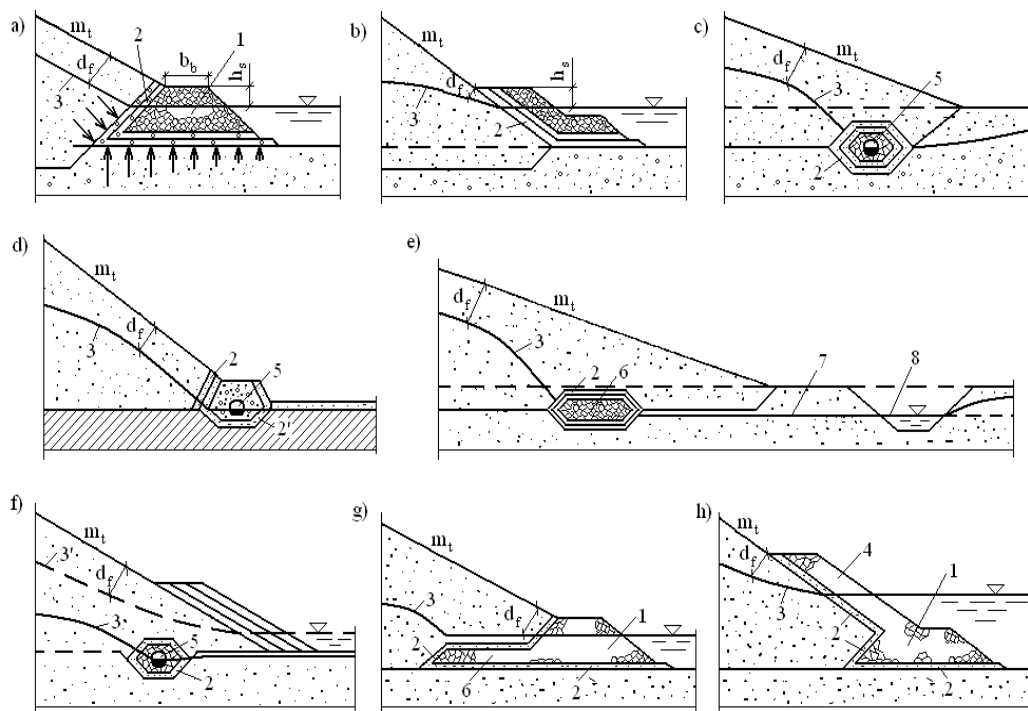
Drenažo tipo parinkimas priklauso nuo :

- hidrologinių ir geologinių sąlygų;
- užtvankos konstrukcijos;
- užtvankos statybos ir eksploatacijos;
- grunto geotechninių charakteristikų, vandens agresyvumo laipsnio ir kt.

Užtvankos drenažą sudaro: 1) drena (sukiaurintas gręžtinėmis skylėmis ar porėtos medžiagos vamzdis, akmenų ar skaldos sluoksnis ar juosta ir pan.), paprastai apsupta

atvirkštiniu filtru, ir 2) rinktuvas, į kurią per šulinius nuleidžiamas į dreną išsifiltravęs vanduo. Rinktuvo gali ir nebūti (sutapdinant drenos ir rinktuvo funkcijas).

Vidinio vamzdinio ar plokščiojo drenažo vieta užtvankos masyve turi užtikrinti tokia depresijos kreivės padėtį, kad ji nekirstų užtvankos sausojo šlaito ir kad filtracinė tėkmė, pratekėjusi pro drenažo apačią, nemirkytų žemutinės užtvankos papėdės.



3.3 pav. Pagrindinės žemių užtvankų drenažų schemas: a – vidinis prizminis; b – išorinis (antšlaitinis); c, d – vidinis vamzdinis; e – vidinis horizontalusis; f, g, h – kombinuoti drenažai; 1 – drenažo prizmė (banketas); 2 – atvirkštinis filtras; 2' – atvirkštinis filtras, geosintetinis; 3 – depresijos kreivė; 4 – antšlaitinis drenažas; 5 – drenažo vamzdis; 6 – vidinis juostinis drenažas; 7 – drenažo vandens nuvedimo vamzdis; 8 – drenažo griovys

Išorinis antšlaitinis drenažas

Išorinis antšlaitinis žemių užtvankos drenažas (3.3 pav., b) projektuojamas, kai žemutiniame žemių užtvankos bjeffe pastoviai laikysis vanduo. Jis apsaugo žemių užtvankos masyvo gruntą žemutiniame šlaite nuo filtracinių deformacijų iš masyvo pusės ir nuo ŽB susidarantių bangų neigiamo poveikio.

Išorinio antšlaitinio drenažo prizmės keteros altitudė bendruoju atveju skaičiuojama kaip ir žemių užtvankos keteros altitudė pagal ŽB vandens objekto parametrus (didumą, gylį ir t. t.) taip, kaip aprašyta 3.3 poskyryje. Dar žiūrima, kad atstumas nuo drenažo prizmės keteros iki depresijos kreivės susikirtimo su žemutiniu šlaitu taško būtų ne mažesnis už išalo gylį ($h_{is} = 0,8 - 1,2$ m). Be to, drenažo ketera turi būti bent 0,5 m aukščiau už Max ŽBVL.

Visą išorinio antšlaitinio drenažo storį sudaro šlaito tvirtinimo, drenažo – pereinamojo sluoksnio ir atvirkštinio filtro sluoksnio(ių) storiių suma (žr. 3.3 pav., b).

Vidinis vamzdinis drenažas

Vidinis vamzdinis drenažas projektuojamas ten, kur žemės užtvankos žemutinėje papėdėje praktiškai nebūna vandens. Gerai įrengtas jis patikimai veikia, pažemina depresijos kreivę (3.3 pav., c).

Drenažui galima naudoti sukiaurintus plastiko arba porėto betono vamzdžius (sienelės porėtumo rodiklis $n \approx 0,40$). Minimalus vamzdžių skersmuo – 200 mm, o minimalus nuolydis 0,005. Ilgoje drenažo trasoje skersmuo ir nuolydis nustatomi hidrauliniai skaičiavimais pagal pasirinktų pjūvių geofiltracijos debitus. Drenažo vamzdžiai sukiauriami gręžtinėmis skylėmis ($d_{sk} = 10 - 20$ mm) arba frezuotais plyšiais ($b_{pl} = 3 - 6$ mm, $l_{pl} = 60 - 90$ mm). Skylių (plyšių) bendras plotas turi sudaryti nuo 1 iki 1,5% viso vamzdžio paviršiaus ploto.

Drenažo vamzdis klojamas (1,5 – 3,0) $h_{i\bar{s}}$ ($h_{i\bar{s}}$ – išalo gylis) atstumu nuo žemutinio šlaito paviršiaus; jei gruntas smėlinis, pasirenkamas mažesnis atstumas, jei molinis – didesnis. Drenažo vamzdžio ašies altitudė gali būti apskaičiuojama pagal:

$$Z_{dr}^{a\bar{s}} \geq Z_{up}^{vid} + \Sigma(I_{dr}^{vm} l_{dr}^{vm}) + \Delta Z_{dr}, \quad (3.7)$$

čia Z_{up}^{vid} - upės, nutekėjimo kanalo vidutinio vandens lygio altitudės;

I_{dr}^{vm} , l_{dr}^{vm} - drenažo vamzdžio ruožų nuolydžiai bei ilgiai nuo žiočių iki nagrinėjamo profilio;

ΔZ_{dr} - aukščio atsarga.

Ilgalaikis drenažo patvenkimas neleistinas (galimi trumpalaikiai patvenkimai potvynių metu).

Kai žemių užtvankos pagrindas laidesnis už masyvą, kategoriškai draudžiama vamzdinį drenažą projektuoti molingų gruntų užtvankos masyve, tarp sluoksnyje ar lizėje.

Vamzdis su skylutėmis arba plyšiais numatomas apipilti atvirkštinio filtro 0,2 m storio sluoksniais. Sluoksnių kiekis priklauso 1) nuo vamzdžio aplinkoje esančio grunto ir 2) nuo reikalingo jo išorinio perimetro [20]. Jei pagal 1 sąlygą pakanka vieno atvirkštinio filtro sluoksnio, o pagal 2 sąlygą 0,2 m storio nepakanka, jis atitinkamai padidinamas. Panaudojus geotekstilę, atvirkštinio filtro sluoksnių skaičius sumažėja bent vienu sluoksniu.

Vamzdinio drenažo trasoje apytikriai kas 50 m įrengiami kontroliniai šuliniai.

Vidinis plokščiasis drenažas

Vidinis plokščiasis drenažas projektuojamas, kai žemių užtvanka yra iš molingų gruntų ant įmirkusio molingo pagrindo gruntų konsolidacijai paspartinti. Jis projektuojamas iš stambiagrūdžių medžiagų (žvyro, skaldos) sluoksnio, kurio storis $\geq 0,3$ m, ir apjuosiamas atvirkštiniu filtru (3.3 pav., e). Drenažą į užtvankos vidų link jos ašies galima projektuoti iki (0,3 - 0,5) b_p (čia b_p - užtvankos pado plotis).

Vidinis prizminis drenažas

Vidinis prizminis drenažas projektuojamas upės vagoje, kai žemių užtvanka statoma be užtūrų, arba pertveriant upės vagą akmenimis. Įrengus šio tipo drenažą, pažemėja depresijos kreivė ir padidėja žemutinio šlaito pastovumas (3.3 pav., a). Šio drenažo keteros paviršiaus aukštis suformuojamas kaip ir išorinio antšlaitinio drenažo. Drenažo minimalus keteros plotis – 1,0 m; jei keterei numatoma speciali paskirtis, jos plotis parenkamas pagal tai paskirčiai keliamus reikalavimus.

Atvirkštiniai filtrai nuo žemių užtvankos masyvo ir nuo pagrindo pusės parenkami kaip ir vidiniam vamzdiniam drenažui. Atsižvelgiant į tai, kad juos teks pilti į vandenį, atvirkštinio filtro sluoksnio storis turi būti ne mažesnis kaip 0,5 m.

Kiti drenažų tipai

Vertikalusis drenažas projektuojamas, kai žemių užtvankos pagrinde iš viršaus slūgso moliniai vandeniui mažai laidūs gruntai, o giliau – smėliniai (vandeniui laidūs gruntai). Jei nelaidaus grunto storis yra ne daugiau kaip 3 m storio, projektuojamas vertikalusis drenažas -tranšėja per visą nelaidų sluoksnį pripildyta smėlinių gruntų (tik reikia atsižvelgti į pagrindo gruntą). Esant storesniam nei 3 m nelaidaus grunto sluoksnio storiui, projektuojami šachtiniai arba gręžtiniai šuliniai juos sujungiant savitakiniais rinktuvais, kuriais vanduo nuleidžiamas į upę ar kanalą. Rinktuvų parametrai parenkami pagal nagrinėjamo pjūvio geofiltracijos debitą. Specialųjį vertikalųjį drenažą galima projektuoti ir užtvankos masyve.

Mišrusis drenažas – tai visų minėtų drenažų tipų deriniai (3.3 pav., d, f, g, h). Jie projektuojami atsižvelgiant į vietos sąlygas, eksploatacijos reikalavimus, pagrindo gruntus ir kt.

Bedrenazės žemių užtvankos projektuojamos tada, kai jos yra sezoninės ir ne aukštesnės kaip 3 – 4 m.

Atvirkštinis filtras

Atvirkštinis filtras neleidžia atsirasti neleistinoms prie drenų esančio pagrindo grunto filtracinėms deformacijoms ir sudaro didesnę geofiltracijos vandens paėmimo paviršių, kad drenažas nebūtų patvenktas iš išorės.

Atvirkštinis filtras dažniausiai daromas iš stiprių padermių smėlio, žvyro, skaldos sluoksnių. Sluoksnių dalelės filtracinės tėkmės kryptimi turi laipsniškai didėti. Siekiant, kad pagrindo grunto dalelės neprasiskverbtų į pirmąjį atvirkštinio filtro sluoksnį, o jo dalelės – į antrąjį ir taip toliau, turi būti išlaikytas gretimų gruntų sluoksnių dalelių būdingųjų skersmenų santykis, t. y. arpsluoksniais koeficientas K_D , o paskutiniame atvirkštinio filtro sluoksnyje prie drenažo vamzdžio ir kontakto su skylė ar plyšiu santykis K_d ar K_b . Tarpsluoksniniai koeficientai $K_D = D_{50}^I / d_{50} = D_{50}^{II} / D_{50}^I = \dots = 5 - 20$. Kontakto su skylė ar plyšiu santykiai yra lygūs $K_d \leq 1,80$, $K_b \leq 1,50$.

Projektuojant žemių užtvankos skersinį profilį d_{50} vertės paprastai jau yra žinomos iš geotechninių grunto charakteristikų, todėl reikia numatyti drenažo vamzdžio tipą pagal skylių pobūdį ir matmenis; t. y. d_{sk} – skylės skersmens ar b_{pl} – plyšio pločio vertes ir apskaičiuoti reikalingą atvirkštinio filtro sluoksnių kiekį bei vidutinius sluoksnių dalelių skersmenis $D_{50}^I, \dots, D_{50}^N$. Sluoksnių kiekis n apskaičiuojamas pagal šią formulę:

$$n \geq \lg [d_{sk} / (d_{50} K_d)] / \lg K_D \rightarrow N, \quad (3.8)$$

čia N – sveikas skaičius. Gautas skaičius apvalinamas iki sveiko skaičiaus į didesnę pusę, pvz., jei gaunama $n = 1,2$, tai $N = 2$.

Kad N gautųsi mažesnis, formulėje pasirenkama $K_d = 20$, tada $\lg K_d = 1,3$.

$$N \geq \lg (d_{sk} / d_{50} K_d) \rightarrow N. \quad (3.9)$$

Apskaičiuojamas vidutinis arpsluoksniais koeficientas

$$K_D^{fak} = [d_{sk} / (d_{50} K_d)]^{1/N}, \quad (3.10)$$

o tada paskaičiuojami atvirkštinio filtro sluoksnių dalelių vidutiniai dydžiai

$$D_{50}^I = K_D^{fak} d_{50}; D_{50}^I = K_D^{fak} D_{50}^I \text{ ir t. t.} \quad (3.11)$$

Jei naudojami drenažo vamzdžiai su plyšiais, tai į formules vietoje K_d įrašomas K_b . Jei atvirkštinio filtro paskutinis sluoksnis liečiasi su antšlaitiniu, vidiniu plokščiuoju ar prizminiu gruntiniu drenažu, tai į ankstesnes formules vietoj K_b ar K_d įrašomas K_D .

Projektuojant atvirkštinius filtrus, skaičiavimus galima atlikti ir pagal kitas atvirkštinių filtrų parinkimo metodikas, pateiktas [15,17, 18, 22,23]. Vakarų šalyse taikomos metodikos variantai:

1. Birios medžiagos atvirkštinis filtras liečiasi su biria medžiaga

Atvirkštinių filtrų atskirų sluoksnių būdingų dalelių stambumo skaičiavimas

Užtikrinamas medžiagos dalelių *geometrinis nepraeinamumas* (neįbyrėjimas, neįsispaudimas) pagal tokią sąlygą:

$$D_{15}^I \leq 5d_{85}, D_{15}^{II} \leq 5D_{85}^I, D_{15}^{III} \leq 5D_{85}^{II} \text{ ir t. t.}, \quad (3.12)$$

čia $D_{15}^I, D_{15}^{II}, D_{15}^{III}$ – atvirkštinio filtro I, II, III, ... sluoksnių dalelių skersmenys, atitinkantys 5% granulimetrinės sudėties (GS) kreivėje;

d_{85} – užtvankos (ar kitokio hidrotechnikos statinio) pagrindo ar masyvo grunto dalelės skersmuo, atitinkantis 85% (GS) kreivėje;

D_{85}^I, D_{85}^{II} – tas pats, atvirkštinio filtro I, II, ... sluoksnių.

Užtikrinamas pakankamas pralaidumas pagal šią sąlygą:

$$D_{15}^I = (5^* - 40^*)d_{15}; D_{15}^{II} = (5^* - 40^*)D_{15}^I \text{ ir t. t.} \quad (3.13)$$

Be to, kad atvirkštinis filtras nesikolmatuotų, reikia užtikrinti, kad būtų $D_5^I \geq 0,75 \text{ mm}$.

Papildoma sąlyga (taikoma ne visada):

$$D_{50}^I = (5^{**} - 60^{**})d_{50}, D_{50}^{II} = (5^{**} - 60^{**})D_{50}^I \text{ ir t. t.}, \quad (3.14)$$

čia D , d_{50} , D_{50}^I , D_{50}^{II} ... – atitinkamų dalelių skersmenys, atitinkantys 50% GS kreivėje.

Pastabos: 1) (3.13) ir (3.14) formulėse (*) bei (**) pažymėti daugikliai yra ekstreminiai. Konkrečios ribinės jų reikšmės pateiktos 3.5 lentelėje.

3.5 lentelė. Daugikliai atvirkštiniam filtrams apskaičiuoti

Dalelių išsidėstymas ir forma	Daugikliai	
	(2) formulei	(3) formulei
Vienalytės apvalios dalelės, pvz., smėlis	5* - 10	5** - 10
Vienalytės kampuotos dalelės, pvz., skalda	6 – 20	10 – 30
Nuoseklios sanklodos 1) dalelės	12 – 40*	12 – 60**

1) Kai granulimetrinės sudėties kreivė nuožulni.

2) Pagal (3.13) ir (3.14) formules apskaičiuojama po dvi D_{15}^I ir D_{50}^I ir t. t. reikšmes, pasirenkant konkrečius ribinius daugiklius iš 3.5 lentelės ir įvardijant jas $D_{15}^{I\min}$ ir $D_{15}^{I\max}$, $D_{50}^{I\min}$ ir $D_{50}^{I\max}$ ir t. t.

2. *Birios medžiagos atvirkštinis filtras liečiasi su sukiaurintu vamzdžiu.*

Šiuo atveju reikia užtikrinti tokią sąlygą:

$$D_{85}^N \geq 2b_{ply} \text{ arba } D_{85}^N \geq 2d_{sky}, \quad (3.15)$$

čia N – filtro sluoksnių skaičius;

b_{ply} – plyšio vamzdyje plotis;

d_{sky} – skylutės vamzdyje skersmuo.

- Birios medžiagos atvirkštinio filtro sluoksnių GS formavimas.

- I sluoksnio GS

- GS brėžinyje nubrėžiama statinio pagrindo grunto (su d dydžių dalelėmis) GS kreivė.

Tame pačiame brėžinyje taškais pažymimos:

- apskaičiuotos dvi (iš 3.14 pagal (3.12) ir (3.13) formules) mažesniosios D_{15}^I reikšmės - $D_{15}^{I\min}$ ir $D_{15}^{I\max(m)}$;

- apskaičiuotos dvi D_{50}^I reikšmės - $D_{50}^{I\min}$ ir $D_{50}^{I\max}$.

Pagal kraštinius taškus kairėje (t. y. pagal taškus su $D_{15}^{I\min}$ ir $D_{50}^{I\min}$) ir dešinėje (t. y. pagal taškus su $D_{15}^{I\max(m)}$ ir $D_{50}^{I\max}$) nubrėžiamos maždaug lygiagrečios tiesės (kai kada ir grafiškai pataisomos į ištemptos formos S linijas).

Tarp tų tiesių linijų esanti zona yra tinkamos I sluoksnio medžiagos GS zona.

II sluoksnio, jei reikia, GS

II sluoksnio GS zona formuojama panašiai kaip ir I sluoksnio zona, tačiau pasirenkamos tokios D^{II} reikšmės:

- pagal (3.12) sąlyga: $D_{15}^{II} \leq 5D_{85}^{I \min}$; (3.16)

- pagal (3.13) sąlyga: $D_{15}^{II} \geq (5 * -40 *) D_{15}^{I \max(m)}$; (3.17)

- pagal (3.14) sąlyga: $D_{50}^{II} \geq (5 ** -60 **) D_{50}^{I \max}$. (3.18)

Papildomai žiūrима, kad II sluoksnio zona būtų maždaug lygiagreti I sluoksnio zonai. Prireikus ji koreguojama grafiškai, nekeičiant $D_{15}^{II \min}$ ir $D_{15}^{II \max(m)}$ taškų padėčių.

Pastaba. II sluoksnio GS formavimo metodika naudojama ir formuojant I sluoksnio GS, jei pradinis gruntas yra pateiktas ne GS kreive, o GS zona (serija d^{\min} ir d^{\max} dalelių).

III sluoksnio, jei reikia, ir t. t. GS

III sluoksnio, jei reikia, ir t. t. GS formuojama anksčiau aprašytais principais.

3. Birios medžiagos atvirkštinio filtro sluoksnių kiekis.

I sluoksnio GS zona lyginama su drenažo (akmenų risbermos, galinio tvirtinimo ...) $D^{dr...}$ dalelių GS kreive ar jų GS zona arba su vamzdinio drenažo vamzdžio skylių ar plyšių dydžiais, siekiant, kad būtų užtikrinta (3.15) sąlyga su $D_{85}^{I \min}$.

Jei $D^{dr...}$ reikšmės patenka į I sluoksnio GS zoną, o vamzdžio skylės ar plyšiai tenkina (4) sąlygą, vadinasi, atvirkštinis filtras apskritai nereikalingas.

Jei $D^{dr...}$ reikšmės (ar jų GS zona) yra arti I sluoksnio GS zonos ar zonos net šiek tiek persidengia, o skylės ar plyšiai beveik tenkina (3.15) sąlygą su $D_{85}^{I \min}$, tai I sluoksnis reikalingas, bet reikia ar vieną, ar kitą zoną (jei galima) pakoreguoti, pavyzdžiui, sumažinant $D_{15}^{I \max(m)}$ reikšmę tiek, kad įsigaliotų (3.13) sąlyga $(D_{15}^{dr...})^{\min} \geq 5(D_{15}^{I \max})_{koreg}$, arba, atvirkščiai, $(D_{15}^{I \max})_{koreg} \leq 0,2(D_{15}^{dr...})^{\min}$. Nubrėžus naują kraštinę dešinę ribą, lygiagrečią ankstesnei, atitinkamai pakoreguojama visa I sluoksnio GS zona. (3.15) sąlygą bandoma tenkinti koreguojant b_{ply} , d_{sky} ar $D_{85}^{I \min}$.

Jei atstumas tarp $D_{15}^{I \max(m)}$ ir $D_{15}^{dr...}$ taškų daug didesnis negu atstumas tarp d_{15} ir $D_{15}^{I \min}$ taškų arba jei netenkinama (3.15) sąlyga, vadinasi, atvirkštinio filtro II sluoksnis yra būtinas.

II sluoksnio GS zona vėl lyginama su drenažo (akmenų risbermos ir t. t.) GS kreive ar zona (arba su numatytais vamzdinio drenažo vamzdžio skylių ar plyšių dydžiais), ir vėl sprendžiama, ar reikės atvirkštinio filtro III sluoksnio.

Pagal (3.8) formulę, kai liečiasi birių medžiagų sluoksniai, reikalingas toks atvirkštinio filtro sluoksnių kiekis:

$$N = \left[\lg \left(D_{50}^{dr...} / d_{50} \right) \right] : \lg K, \quad (3.19)$$

čia $D_{50}^{dr...}$ ir d_{50} - aptarti anksčiau,

K – atitinkamas maksimalus daugiklis (3.14) formulei (iš 1 lentelės),

| | – reiškia, kad reikia pasirinkti tik sveikąją [...] dalį.

4. Birios medžiagos atvirkštinis filtras liečiasi su rišliu gruntu

Rišlaus grunto $d^{\max} \leq 20$ mm.

Šiuo atveju naudojama anksčiau aprašyta sąlyčio su biria medžiaga metodika.

Rišlaus grunto $d^{\max} > 20$ mm.

Šiuo atveju specifinis uždavinys yra nustatyti atvirkštinio filtro I sluoksnio GS rodiklius. II ir kiti sluoksniai (jei reikia) projektuojami pagal sąlyčio su biria medžiaga metodiką.

Esminė šio atvejo ypatybė – remiamasi tik rišlaus grunto smulkiosios dalies (SD) su $d^{\text{rib}} = 20$ mm granulometrija.

Projektavimo eiga tokia.

1. Rišlaus grunto GS kreivėje pagal $d^{\text{rib}} = 20$ mm nustatomas procentas P_{rib} .
2. Sudaroma grunto SD atskira GS kreivė, perskaičiuojant pradinės GS kreivės procentus pagal šią tiesinę priklausomybę:

$$P' = P(100 / P_{\text{rib}}).$$

3. Nustatomas grunto SD smulkiausių („mikro“) dalelių su $d_{\text{mi}} = 0,06$ mm procentas P'_{mi} .
4. Nustatomas grunto SD rūšiuotumo koeficientas

$$C'_u = d_{60}' / d_{10}'.$$

5. Apskaičiuojami atvirkštinio filtro I sluoksnio dalelių būdingieji skersmenys pagal 3.6 lentelę:

3.6 lentelė. Daugikliai atvirkštiniam filtrams apskaičiuoti, kai pagrindo gruntas rišlus.

$P'_{\text{mi}} < 30\%$		$P'_{\text{mi}} = 30 - 80\%$
$C'_u < 5$	$C'_u = 5 - 30$	$C'_u = 1 - 30$
$D'_{15} \leq 4d85'$	$D'_{15} (4 - 40)d15'$	$D'_{15} \geq 4d15'$
$(D'_{15} \leq 0,7 \text{ mm})$	$D'_{15} \leq 0,7 \text{ mm}$	$D'_{15} \leq 0,7 \text{ mm}$
$D'_{50} \leq 25 d50'$	$D'_{50} \leq 25d50'$	$D'_{50} \leq 25 d50'$
$D'_{\max} \leq 60 \text{ mm}$	$D'_{\max} \leq 60 \text{ mm}$	$D'_{\max} \leq 60 \text{ mm}$

6. Brėžinyje su GS kreive pažymimi visi taškai su apskaičiuotais būdingaisiais dalelių skersmenimis D'_{15} , D'_{50} ir D'_{\max} , sudaroma atvirkštinio filtro I sluoksnio

GS zona, kaip aprašyta anksčiau, atsižvelgiant į 3.6 lentelėje nurodytus apribojimus. GS zona šiuo atveju paprastai apribojama tiesėmis.

Kaip minėta, atvirkštinio filtro II sluoksnis ir kiti (jei reikia) projektuojami taikant anksčiau aprašytą sąlyčių su biria medžiaga metodiką.

5. Atvirkštinis filtras iš geotekstilės

Nors geotekstilės panaudojimas atvirkštiniam filtrams vis populiarėja, tačiau jų skaičiavimo/parinkimo metodika dar gana neapibrėžta.

Vieną iš išsamesnių (iš 10!) metodikų 1982 m. yra paskelbęs G.Heerten'as (Vokietija). Ji pateikiama doc. B. Ruplio modifikuota forma 3.7 lentelėje:

3.7 lentelė. Daugkiliai geotekstilės atvirkštiniam filtrams apskaičiuoti

Nerišlūs gruntai		Rišlūs gruntai	
Vienos krypties tėkmė		Kintanti tėkmė	
Cu < 5	Cu ≥ 5*	-	-
090 < 2,5d ₅₀	090 < 10d ₅₀	090 < d ₅₀	090 < 10d ₅₀
090 ≤ d ₉₀	090 ≤ d ₉₀	-	090 ≤ d ₉₀
-	-	-	090 ≤ 0,1 mm

* Kai granulimetrinės sudėties kreivė artima tiesei, $0_{90} \leq d_{90}$ galioja iki $C_u < 27$.

Pastabos: 1) čia 0_{90} reiškia apibendrintą geotekstilės porių (angelių) – iš angliško žodžio Opening – dydį ≈ skersmenį, kuris atitinka 90% per geotekstilę prasijoto grunto granulimetrinės sudėties kreivėje.

2) 1980 m. J.Cistin'as (Slovakija) pasiūlė įvertinti šiuos veiksnius:

-geotekstilės storį: neaustinei tekstilei, storesnei kaip 1,5 mm, koeficientus esant d_{50} ir d_{90} didinti 20%;

-geotekstilės paklojimo sąlygas: klojant ant rupaus žvyro koeficientus esant d_{50} ir d_{90} mažinti 1,5 karto ir daugiau; tikslinti laboratoriniais tyrimais.

3.6. Šlaitų tvirtinimas

Supiltinių žemių užtvankų šlaitai tvirtinami saugant juos nuo žalingų bangų, ledo, vandens lygio svyravimų, atmosferos kritulių, vėjo poveikių ir kitų šlaitų deformacijas sukeliančių veiksnių.

Aukštutinio žemių užtvankos šlaito tvirtinimai skiriami pagal paskirtį ir pagal medžiagas:

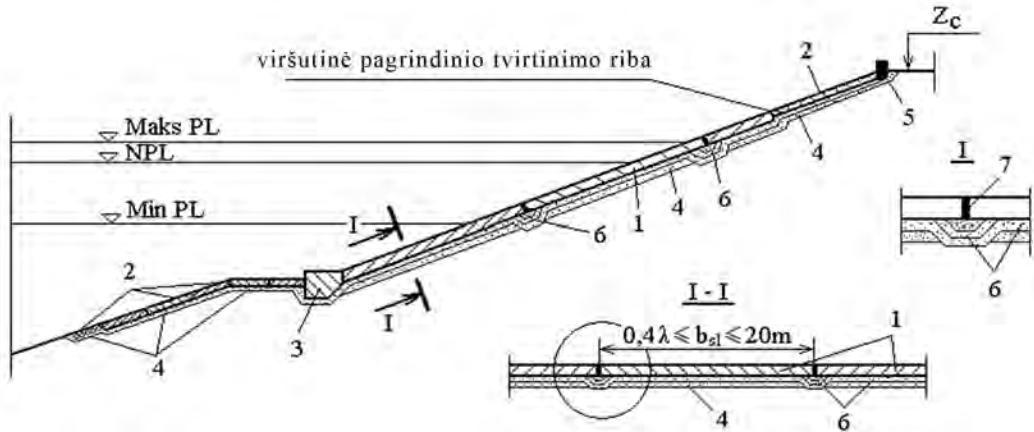
Pagal paskirtį skiriami šie užtvankos šlaito tvirtinimai:

1) *pagrindinis* šlaito tvirtinimas, daromas intensyviausio bangų ir ledo poveikio zonoje;

2) *palengvintas* šlaito tvirtinimas, daromas žemiau pagrindinio šlaito tvirtinimo tokiu atstumu, kuriame bangų sukeltos srovės nebepajėgia išplauti šlaito grunto.

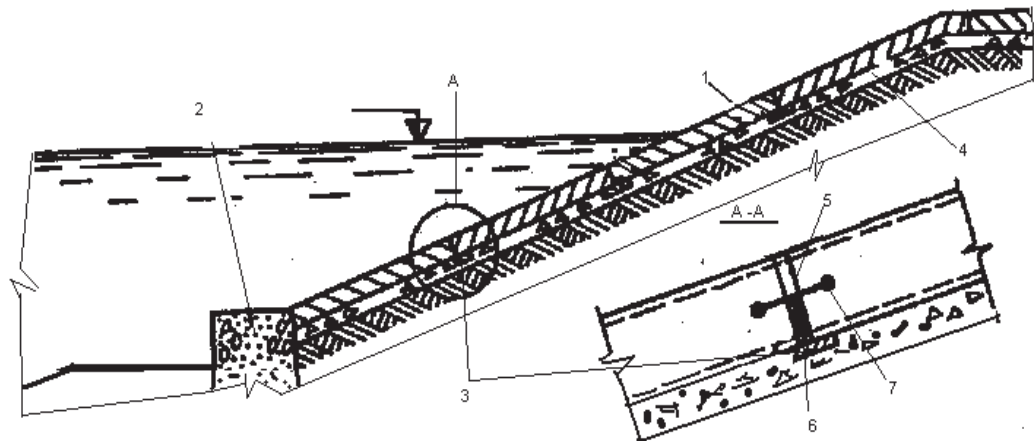
Pagal medžiagas skiriami tvirtinimai gelžbetoninėmis plokštėmis (surenkamomis ar monolitinėmis), betonine danga, asfaltbetoniu, akmenimis (akmenų grindiniu ar akmenų metiniu), skalda, žvyro-smėlio ar žvyro danga, biologine danga, tvirtinimas kitomis

medžiagomis (lankstus tvirtinimas): gabionais, ląstelinėmis sistemomis (geosintetika), betono čiužiniais, geotinklais, betoniniais blokeliais.



3.4 pav. ŽU aukštutinio šlaito dangos principinė schema: 1 – pagrindinio tvirtinimo dangos dalis; 2 – palengvinto tvirtinimo dangos dalis; 3 – pagrindinio tvirtinimo dangos dalies atrama; 4 – smėlio-žvyro pasluoksnis (juostinis drenažas); 5 – ativaras (parapetas); 6 – juostinis drenažas; 7 – temperatūrinės/deformacinės siūlės

Pagrindinio tvirtinimo viršutinė riba yra bangos užbėgimo ant šlaito aukščiausia altitudė, o žemutinė riba – dviem 1% tikimybės bangos aukščiais žemiau žemiausio vandens lygio tvenkinyje. Pagrindiniam tvirtinimui rekomenduojama numatyti surenkamas ir monolitines gelžbetonines plokštes, monolitinių betoną, o kai kurių mažų tvenkinių atvejais – skaldą, akmenų metinį, biologinį tvirtinimą.



3.5 pav. Tvirtinimo monolitinėmis gelžbetonio plokštėmis schema: 1 – gelžbetoninės plokštės; 2 – atrama; 3 – gelžbetoninė lenta; 4 – skaldos sluoksnis; 5 – 2 sluoksniai hidrozolo; 6 – medinė lenta; 7 – guminis intarpas

Betoninių ir gelžbetoninių monolitinių plokščių storis δ_{mon} , kai plokščių sekcijos siūlės uždaros, pagal:

$$\delta_{mon} = 0,07\eta h_b \frac{\rho_v}{\rho_b - \rho_v} \cdot \sqrt{\frac{m^2 + 1}{m^2}} \cdot \sqrt[3]{\frac{\bar{\lambda}}{b}}, \quad (3.20)$$

čia η – atsargos koeficientas, III – IV klasės užtvankų $\eta=1,2 - 1,3$;

h_b – maksimalus 1% tikimybės bangos aukštis;

b – plokštės kraštinės ilgis išilgai šlaito;

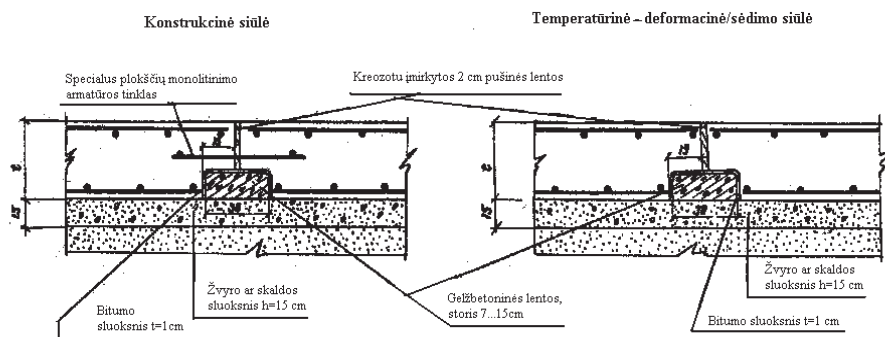
m – šlaito koeficientas;

ρ_v – vandens tankis, $\rho_v = 1000 \text{ kg/m}^3$;

ρ_b – plokštės tankis: betono $\rho_b = 2400 \text{ kg/m}^3$, gelžbetonio – 2500 kg/m^3 ;

$\bar{\lambda}$ – vidutinis 1% tikimybės bangos ilgis.

Žemių sankasų šlaitų tvirtinimui monolitinių gelžbetoninių plokščių dydis būna nuo 5x5 iki 10x10 m. Storis 0,15–0,30 m. Plokštės tarp savęs jungiamos armatūros tinklais – atliekamos specialios konstrukcinės siūlės; suformuojamos taip vadinamosios nuo 30x30 iki 40x40 m dydžio sekcijos. Tarp atskirų sekcijų daromos temperatūrinės – deformacinės/ sėdimo siūlės, kurios skiriasi nuo konstrukcinių: čia nededamas armatūros tinklas (tinklo juostos). Siūlės užtaisomos 2 cm storio pušinėmis krezotu įmirkytomis lentomis. Po jomis rekomenduojama kloti specialias 30 cm pločio 7 – 15 cm storio gelžbetonines lentas (3.5pav.) arba vietoje jų galimas plokščias juostinis trijų sluoksnių filtras (3.6 pav.). Trūkumas – pastarajam atvejui nedetalizuotos pačių siūlių konstrukcijos.

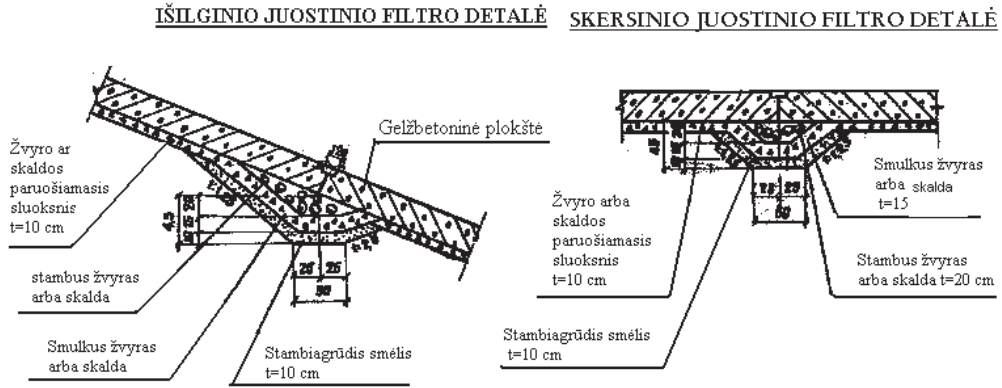


3.6 pav. Gelžbetoninių monolitinių plokščių siūlės su specialiomis gelžbetoninėmis lentomis po jomis

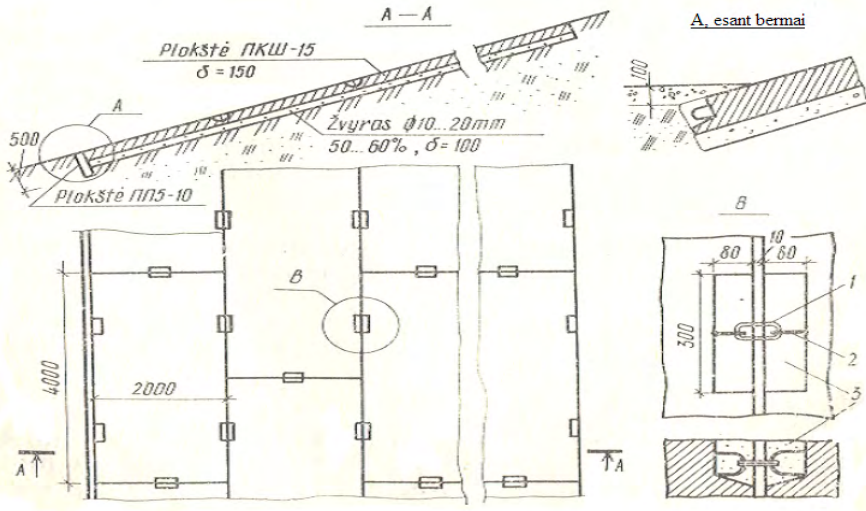
3.8 lentelė. Surenkamų gelžbetoninių lentų matmenys, priklausomai nuo monolitinių plokščių matmenų

Plokščių matmenys plane m	5,0x5,0	6,0x6,0	7,0x7,0	7,0x7,0	8,0x8,0	8,0x8,0	10,0x10,0	10,0x10,0
Plokščių storis cm	15; 25	15; 25	15; 25	30	15;20	30	15; 20	25; 30
Lentos storis cm	7	7	7	10	7	10	7	10

Siūlių konstrukcija yra detaliai pateikta literatūroje [12] (3.7 pav.). Čia neaptarti pačių plokščių ir sekcijų matmenys, nurodomi skirtumai tarp konstrukcinių ir temperatūrinių – sėdimo/deformacinių siūlių. Neaptarti ir siūlių matmenys.



3.7 pav. Gelžbetoninių monolitinių plokščių siūlės su juostiniu filtru po jomis



3.8 pav. Žemių užtvankos šlaito tvirtinimas gelžbetonio plokštėmis: 1 – viela; 2 – kilpa; 3 – monolitinis betonas

Betoninių ir gelžbetoninių surenkamų plokščių (3.8 pav.) su atviromis siūlėmis storis δ_{sur} paskaičiuojamas pagal:

$$\delta_{sur} = 0,6 \frac{(h_{b50\%})^2 (\beta)^{0,75}}{bcos\alpha} \cdot \frac{\gamma_v}{\gamma_b - 0,3k\gamma_v}, \quad (3.21)$$

čia $h_{b50\%}$ – maksimalus bangų aukštis 50% tikimybės;

β – santykinis plokštės ilgis, $\beta = b/h_{b50\%}$;

α – kampas tarp tvirtinamo šlaito ir horizontalios plokštumos; $cos \alpha = m/(m^2+1)^{0,5}$;

k – koeficientas, priklausantis nuo β :

β	1,0	1,2-1,5	2,2-2,8	3,5-4,3	5,0-6,0	> 6,0
k	1	0,8	0,7	0,6	0,5	0,5

Aukštutinį šlaitą rekomenduojama tvirtinti akmenų metiniu arba akmenų grindiniu tais atvejais, kai gali susidaryti nemažos žemių užtvankos deformacijos ir yra pakankamai akmenų.

Akmenų metinio storis pagal:

$$\delta_{a.m.} \geq (2,5-3,0) D_r, \quad (3.22)$$

čia D_r – rutulio formos akmens skersmuo.

$$D_r = 0,36 \frac{\rho_v}{\rho_a + \rho_v} \cdot \left[h_b^2 \bar{\lambda} / (1 + m^3)^{0,5} \right]^{0,333}, \quad (3.23)$$

čia ρ_a – akmenų tankis; $\rho_a = 2400 \text{ kg/m}^3$;

kiti simboliai – kaip ir ankstesnėse formulėse.

Akmenų grindinio storį $\delta_{a.g.}$ galima apskaičiuoti pagal P.Šankino formulę:

$$\delta_{a.g.} = 1,7h_b \frac{\rho_v}{(\rho_a - \rho_v)} \cdot \frac{\sqrt{1+m^2}}{m(m+2)}, \quad (3.24)$$

čia simboliai – kaip ir ankstesnėse formulėse.

Po šlaito tvirtinimo medžiaga numatomas žvyro paruošiamasis sluoksnis, skirtas užtvankos grunto apsaugai nuo iščiulpimo pro tvirtinimo medžiagos plyšius. Kad žvyras tai galėtų atlikti, jo dalelių vidutinis skersmuo D_{50} turi būti ne mažesnis kaip $1,5b_{pl}$, jei tvirtinama plokštėmis, ir ne mažesnis kaip $0,25 D_r$, jei tvirtinama akmenų grindiniu ar metiniu. Čia b_{pl} – plyšio tarp plokščių plotis, D_r – rutulio formos akmens skersmuo. Paruošiamojo sluoksnio storis apskaičiuojamas pagal šią formulę:

$$\delta = 11D_{50} \lg \left(\frac{\Phi D_{50}}{12 d_o} \right), \quad (3.25)$$

čia D_{50} – žvyro, skaldos dalelių vidutinis skersmuo;
 d_o – užtvankos šlaito grunto dalelių vidutinis skersmuo; $d_o \approx d_{50}$;
 φ - koeficientas, įvertinantis bangos aukštį ir šlaito lėkštumą. Jo reikšmės nurodytos 3.9 lentelėje.

3.9 lentelė. φ koeficiento vertės

Bangos aukštis m	φ vertės, esant šlaito koeficientui						
	2	2,5	3	3,5	4	4,5	5
0,5	1,4	1,3	1,1	1,0	0,9	0,8	0,7
1,0	2,2	1,9	1,7	1,5	1,3	1,1	1,0
1,5	2,7	2,4	2,1	1,9	1,7	1,4	1,2
2,0	3,1	2,8	2,5	2,2	1,9	1,6	1,4

Paruošiamojo sluoksnio dalelių rūšiuotumo (įvairiagrūdiškumo) koeficientas

$$C_u = \frac{d_{60}}{d_{10}} \text{ turi būti ne didesnis kaip } 10.$$

Asfaltbetonio tvirtinimas ne tik apsaugo aukštutinį šlaitą nuo deformacijų, bet kartu yra ir antifiltracinė priemonė - ekranas. Šis tvirtinimas aukštutiniame šlaite galimas tada, kai šlaito koeficientas $m > 2,0$; šlaitai nuplaniruoti, nelygumai turi būti ne didesni kaip $\pm 4,0$ cm.

Asfaltbetonio dangos storis priklauso nuo bangos aukščio ir ledo sluoksnio storio:

- kai bangos aukštis $h_{1\%} < 0,5$ m – dangos storis 0,04 m;
- kai bangos aukštis $h_{1\%} < 1,0$ m – dangos storis 0,06 m;
- kai bangos aukštis $h_{1\%} = 1,0 - 1,5$ m – dangos storis 0,08 m.

Asfaltbetonio dangos tvirtinimas gali būti numatomas vieno ar dviejų asfaltbetonio sluoksnių. Vieno sluoksnio danga ir eksploataciniu, ir ekonominiu požiūriais tinkamesnė. Asfaltbetonis klojamas ir tankinamas esant $110^\circ - 140^\circ$ C temperatūrai. Asfaltbetonio dangos nelygumai turi būti ne didesni kaip $\pm 2,0$ cm. Projektuojant asfaltbetonio tvirtinimą, jo paviršių būtina nurodyti dažyti baltais dažais arba padengti mastika su stabilizuojančiais priedais.

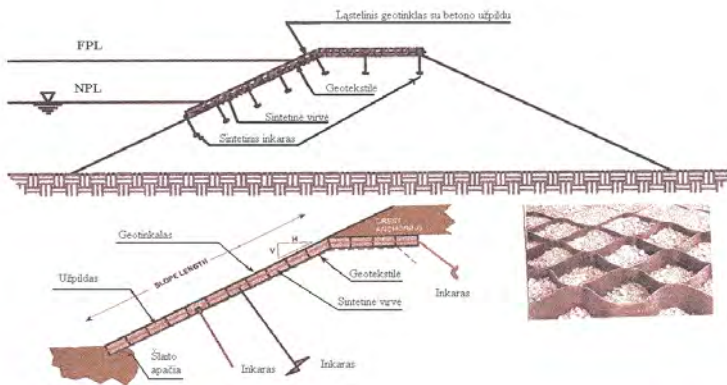
Žemių užtvankos, kurių šlaitai yra lėkšti – $m = 5 - 12$ ir bangos aukštis $h_{1\%} < 1,5$ m, gali būti numatomi tvirtinti stambaus, žvyringo smėlio ar žvyro $\sim 0,3$ m storio sluoksniu. Grunto dalelių vidutinis dydis parenkamas pagal bangos aukštį ir šlaito koeficientą.

Kai kuriais atvejais aukštutinį šlaitą galima tvirtinti biologiniu būdu, t. y. apsodinant krūmais (ne medeliais). Šį tvirtinimo būdą galima naudoti ir užliejamoje zonoje, jei potvynis trunka ne daugiau kaip 1 mėnesį ir bangos aukštis ne didesnis kaip 0,50 m. Apsodinimui reikia naudoti gerus sodinukus arba gyvašakes. Kol išsivysto pasodintų augalų šaknų sistema, jie turi būti apsaugoti nuo bangų ir klimatinių veiksnių veikimo. Sodinimui tinka karklų gyvašakės. Jos atsparios šalčiui ir trumpalaikiui (ne daugiau kaip 1 mėn.) vandens užliejimui. Gyvašakės sodinamos horizontaliomis eilėmis. Atstumas tarp eilių – 1,50 m.

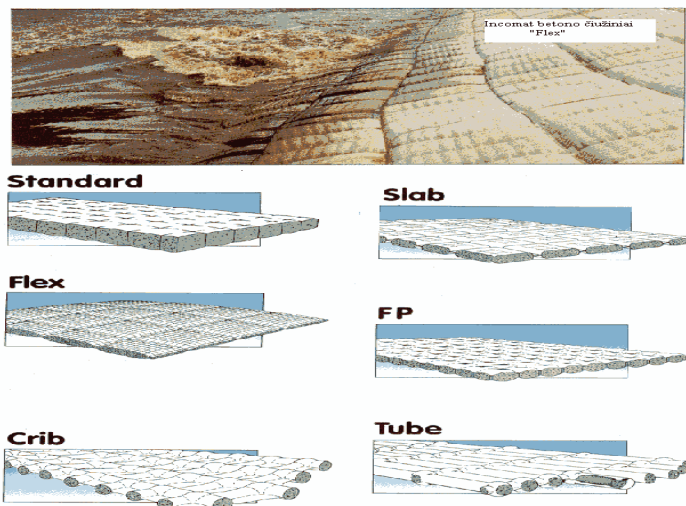
Tvirtinimas kitomis medžiagomis (lankstus tvirtinimas). Šlaitų tvirtinimas ląstelinėmis sistemomis (cellular confinement systems CCS) – dar viena mišrių medžiagų šlaitų tvir-

tinimo priemonė/sistema. Pagrindinė sistemos sudedamoji yra sintetinių medžiagų tinklas, geosintetikos klasifikacijoje dar vadinama geocele/geotinklu. Tai lanksti sferinė atvirų sujungtų tarpusavyje, sintetinių akučių visuma/tinklas, kurį užpildžius betonu ar kitomis specialiomis medžiagomis gaunamas patikimas šlaitų apsauginis sluoksnis. Po tinklu dažniausiai yra klojamas geotekstilės sluoksnis, o pats tinklas inkaruojamas į užtvankos masyvą (žr. 3.9 pav.).

Šlaitų tvirtinimas betono čiužiniais, sudarytais iš dviejų tvirtų tarpusavyje sujungtų poliamido ir polietileno sluoksnių/geosintetikos audinių. Tušti čiužiniai užklojami ant šlaito ir pripildomi betono skiediniu (žr. 3.10 pav.). Čiužinių storis būna nuo 5 iki 50 cm. Standartinis plotis 3,75 ir 5 m. Ilgis gali būti priderintas prie projekto. Atskiri gabalai gali būti vienas su kitu jungiami ir statybos vietoje specialiais užtrauktukais.



3.9 pav. Šlaitų tvirtinimo lanksčia ląsteline CCS sistema principinė schema



3.10 pav. Šlaitų tvirtinimas betono čiužiniais



3.11 pav. Šlaitų tvirtinimas betono blokelių lanksčiomis konstrukcijomis

Šlaitų tvirtinimas betono blokelių lanksčiomis konstrukcijomis pateiktas (žr. 3.11 pav.). Tokie blokeliai rišami vienas su kitu į sekcijas – tai paspartina klojimą. Blokeliai efektyviai perima šlaito deformacijas, geotekstilė neleidžia gruntui deformuotis, nereikia pasluoksnio.

Aukšutinio šlaito tarpas virš pagrindinio tvirtinimo iki pat užtvankos keteros tvirtinamas taip pat, kaip ir žemutinis šlaitas.

Žemutinis šlaitas tvirtinamas siekiant gruntą apsaugoti nuo atmosferos kritulių išplovimo bei vėjo išpustymo. Pagrindinis ne didesnis nei 10 m aukščio užtvankų šių šlaitų tvirtinimas – apsėjimas žolių mišiniu, prieš tai užpylus juodžemio. Juodžemio sluoksnio storis – 7–10 cm. Užtvankų, kurių aukštis didesnis nei dešimt metrų, žemutinis šlaitas tvirtinamas ištisu velėnavimu arba apsėjant „langeliais“. Langai daromi 1 x 1 m dydžio iš velėnų, skaldos ar smulkių akmenų juostų. Juostoms naudojama medžiaga priklauso nuo vietoje esančios medžiagos.

Šlaitų, kurių koeficientas mažesnis kaip 2,25, augaliniam sluoksniui užpilti gali būti numatyti ekskavatoriai – draglainai, kurių kaušo tūris 0,5 – 1,0 m³, arba transporteriai. Šiuo atveju gruntas išlyginamas rankiniu būdu. Jei šlaito koeficientas 2,25 ar didesnis, augalinis sluoksnis išlyginamas buldozeriu.

Jei žemutinio šlaito apatinė dalis bus veikiamą bangų ar ledo, tai ji tvirtinama analogiškai kaip ir aukštutinis šlaitas.

3.7. Žemių užtvankos sujungimas su pagrindo gruntu, krantais ir kitais statiniais

Siekiant apsaugoti nuo pavojingos kontaktinės geofiltracijos, tarp žemių užtvankos pado ir pagrindo bei krantų grunto turi būti numatytos atitinkamos priemonės, aptartos 3.4 poskyryje.

Užtvankos masyvo, pagrindo bei krantų sąlyčio vietose esantis gruntas turi būti ypač gerai sutankintas.

Žemių užtvankos sujungimai su betoniniais statiniais turi atitikti šiuos reikalavimus:

- a) apsaugoti žemių užtvanką nuo paplovimo įtekant vandeniui į pralaidą: vandens greitis viršutiniame bjeffe turi būti ne didesnis, nei leidžiama masyvo gruntui;
- b) apsaugoti nuo galimos pavojingos kontaktinės geofiltracinės tėkmės žemių užtvankos ir betoninio statinio sąlytyje.

Siekiant, kad žemių užtvanka geriau susijungtų su betoniniu statiniu, pastarojo sienas rekomenduojama projektuoti ne vertikalias, bet pasvirusias nuolydžiu 10 : 1. Sujungimo zonoje (2 - 3 m pločio) gruntas turi būti 1 – 3 % didesnio drėgnio ($W = W + 0,01...0,03$), čia paklotas gruntas turi būti ypač kruopščiai tankinamas.

3.8. Geofiltracijos, šlaitų pastovumo, deformacijų skaičiavimai

Geofiltracijos skaičiavimai

Geofiltracijos skaičiavimų tikslas dvejopas:

- 1) apskaičiuoti geofiltracinės tėkmės parametrus:
 - b) geofiltracijos slėgio aukščius h_f
 - c) geofiltracijos slėgio aukščio gradientus I_f ir
 - d) geofiltracijos debitą Q_f ir
- 2) įvertinti gruntų filtracinį stiprumą (GFS).

Geofiltracijos slėgio aukščiai h_f yra pjezometriniai vandens slėgio aukščiai, fiksuojami geofiltracinės tėkmės zonoje, intervale $0 \leq h_f \leq H_{pr}$. Tai svarbiausias geofiltracinės tėkmės parametras. Turint pakankamai duomenų apie h_f galima apskaičiuoti ir I_f ir Q_f .

Išsamūs h_f skaičiavimai yra sudėtingas uždavinys, nes pati geofiltracinė tėkmė žemių užtvankose yra sudėtinga – bendru atveju ji yra nenusistovėjusi, erdvinė, ji vyksta nevienalyčiame grunte esant įvairioms pakraštiniams sąlygoms. Iš jų labai svarbu tai, kad viršutinė tėkmės riba – depresijos paviršius – negali būti iš anksto apibrėžtas. Jo nustatymas $h_f = h_{fd}$ vertėmis yra skaičiavimų esminis uždavinys.

Skaičiavimams supaprastinti erdvinė geofiltracinė tėkmė sąlyginai keičiama į dvi dvimates (plokštumines):

- *tiesioginę* per žemių užtvanką (*profilenę*) ir
- *aplinkinę* per užtvankos galus slėnio šlaituose horizontalioje plokštumoje (*planinę*).

Plokštuminius (plokščiuosius) geofiltracijos uždavinius efektyviai galima spręsti elektromodeliavimu EHDA metodu (LŽŪU Hidrotechnikos katedroje), skaitmeniniu modeliavimu (programa PLAFI LŽŪU Statybinių konstrukcijų katedroje). Profilinės filtracijos depresijos kreivei bei debitui apskaičiuoti yra inžinerinių metodų (žr. pvz., [20]).

Geofiltracijos slėgio aukščio gradientas išreiškiamas šia formule:

$$I_f = \Delta h_f / \Delta s_f, \quad (3.26)$$

čia Δh_f ir Δs_f – filtracinio slėgio aukščio pokytis *tėkmės linijos* atkarpoje Δs_f .

Taigi I_f reiškia geofiltracinės tėkmės intensyvumą (pagal Darsi dėsnį, geofiltracijos greitis $v_f = k_f I_f$; čia k_f – grunto filtracijos koeficientas). Žinant I_f galima apskaičiuoti geofiltracijos debitus Q_f ir įvertinti gruntų filtracinį stiprumą (GFS).

I_f vertės paprastai nustatomos būdingiausiose geofiltracinės tėkmės zonose – ties skirtingų gruntų sąlyčio vietomis, prie drenų ir t. t.

Geofiltracijos debitas Q_f yra viena iš vandens balanso išlaidų dedamųjų. Be to, nuo jo didumo priklauso užtvankos drenažo, jo atvirkštinio filtro, gamtosauginio debito pralaidos parametrai ir kt. Turint išsamią informaciją apie h_f vertes, Q_f galima apskaičiuoti elementariai: $Q = \omega_f \cdot v_f$; čia ω_f – geofiltracijos tėkmės skerspjūvio, statmeno tėkmės linijoms, plotas, o $v_f = k_f \cdot I_f$. Taip galima apskaičiuoti ir suminį debitą $Q_{f,s}$ ir bet koki debitą $Q_{f,d}$, ištekantį, pvz., į antšlaitinį drenažą. Skaičiuojant inžineriniais būdais, pvz., pagal [20], paprastai galima apskaičiuoti tik $Q_{f,s}$.

Gruntų filtracinis stiprumas (GFS) yra grunto geba priešintis galimoms grunto filtracinėms deformacijoms, kurių yra keletas rūšių.

Grunto filtracinis stipris išreiškiamas kritine geofiltracijos slėgio aukščio gradiento I_f^{kr} verte, kuriai esant prasideda neleidžiamos grunto filtracinės deformacijos.

Norint, kad būtų užtikrintas grunto filtracinis stiprumas turi būti išlaikyta ši sąlyga:

$$I_f^{sk} \leq I_f^{lei}, \quad (3.27)$$

čia I_f^{sk} – skaičiuojamoji (faktinė) I_f vertė;

I_f^{lei} – leidžiamoji I_f vertė:

$I_f^{lei} = I_f^{kr} / \gamma_n$, čia γ_n – statinio patikimumo koeficientas, priklausantis nuo statinio klasės: CCI klasės statiniams $\gamma_n = 1,10$, CCII klasės – $\gamma_n = 1,15$.

Bendrasis GFS įvertina apibendrintą žemių užtvankos *masyvo* ir jos *pagrindo* gebą priešintis grunto filtracinėms deformacijoms ir yra išreiškiamas sąlyga, analogiška anksčiau pateiktoms:

$$I_{f,b}^{sk,m} \leq I_{f,b}^{kr,m} / \gamma_n, \quad I_{f,b}^{sk,p} \leq I_{f,b}^{kr,p} / \gamma_n, \quad (3.28)$$

čia nurodytos $I_{f,b}^{sk,m}$ ir $I_{f,b}^{sk,fr}$ vertės nustatomos, pvz., pagal [20].

Vietinis GFS vertinamas žiūrint, ar tam tikrose jautriose geofiltracijos zonose (skirtingų gruntų sąlyčio, ištekėjimo į drenažą vietose ir pan.) nepažeidžiama anksčiau nurodyta GFS sąlyga, būtent:

$$I_{f,v}^{lei} = I_{f,v}^{kr} / \gamma_n, \quad (3.29)$$

čia „v“ reiškia įvairias galimas vietinių GFS rūšis. Bendruoju atveju jų išskiriamos 5:

- 1) mechaninė bei cheminė sufozija;
- 2) kontaktinis išplovimas,
- 3) kontaktinis išspaudimas,
- 4) filtracinis išspaudimas ir
- 5) kolmatacija.

Konkrečiais atvejais GFS rūšių gali būti mažiau, nes, pvz., mechaninė sufozija gali vykti tik nerišliuose gruntuose. Vietinio GFS skaičiavimo detalės aprašytos [21].

Visus geofiltracijos skaičiavimus reikia atlikti pagrindiniam ir tikrinamajam (-iesiems) (kontroliniam(-s) atvejui(-ams)).

Pagrindiniu skaičiavimų atveju paprastai laikomas toks atvejis, kai aukštutiniame bjefe yra NPL, o žemutiniame – MinŽBVL. Tikrinamasis (-ieji) atvejis(-ai) taikytinas esant nepalankiems ABVL ir ŽBVL deriniams, pvz., esant aukštam ŽBVL, kai apsemiamas užtvankos vidinis drežas ir depresijos kreivė kerta žemutinį šlaitą.

Šlaitų pastovumo skaičiavimai

Pagal 3.4 lentelę suprojektuoti šlaitai bus pastovūs, jei užtvankos aukštis ne didesnis kaip 10 m, ir masyvo bei pagrindo gruntai atitinka ten nurodytuosius. Visais kitais atvejais skaičiavimas būtinas.

Svarbiausia apskaičiuoti žemutinio šlaito pastovumą, kuris paprastai yra statesnis ir jį nepalankiai veikia geofiltracinė tėkmė. Aukštutinio šlaito pastovumas skaičiuojamas tik tada, jei numatomas nemažas ir staigus ABVL pažeminimas.

Bendrasis šlaito pastovumas apskaičiuojamas inžineriniais būdais, pagrįstais prielaida, kad šlaitas gali nušliaužti apskritiminiu cilindrinio paviršiumi ir nušliaužimo pradžioje šliaužianti masė nesideformuoja. Sukurta daug šia prielaida besiremiančių skaičiavimo būdų, bet visi jie šlaito pastovumą leidžia įvertinti tik pakartotiniais bandymais: skaičiuojama daug spėjamų nušliaužimo variantų su skirtingomis šliaužimo spindulio R centro padėtimis ir įvairiomis R skaitmeninėmis vertėmis, kol įsitikinama, kad atrasta minimaliausia šlaito pastovumo atsargos koeficiento K_{sp} vertė, išreikšta, pvz., taip:

$$K_{s.p}^{\min} = (\sum F + \sum C) / \sum T, \quad (3.30)$$

čia $\sum F$, $\sum C$, ir $\sum T$ – atitinkamai suminės trinties, sankabumo ir tangentinės jėgos nagrinėjamame šliaužimo paviršiuje.

Gautoji $K_{s.p}$ vertė turi tenkinti šią sąlygą:

$$K_{s.p}^{lei} \leq K_{s.p}^{\min} \leq 1,1K_{s.p}^{lei}, \quad (3.31)$$

čia $K_{s.p}^{lei}$ – leidžiamoji $K_{s.p}$ vertė:

$$K_{s.p}^{lei} = \gamma_{lc} \gamma_c / \gamma_n, \quad (3.32)$$

čia γ_{lc} , γ_c ir γ_n – atitinkamai apkrovų derinių, veikimo sąlygų ir patikimumo koeficientai.

Žemių užtvankų su ekranu dar reikia tikrinti ir jo pastovumą, pvz., pagal [20].

Skaičiuojant ir šlaito, ir ekrano pastovumą reikia patikimų gruntų geotechninių charakteristikų – pirmiausia vidinės trinties kampų ϕ ir sankibių c . Norminės jų vertės ϕ^n ir c^n pateiktos 3.10 – 3.12 lentelėse. Skaičiuojamosios jų vertės ϕ ir c nustatomos šiomis formulėmis:

$$\varphi = \varphi^n / \gamma_{gr.t} \text{ ir } c = c^n / \gamma_{gr.s}, \quad (3.33)$$

čia $\gamma_{gr.t}$ ir $\gamma_{gr.s}$ – grunto patikimumo koeficientai:

$\gamma_{gr.t}$: smėlio grunto 1,1, molio grunto 1,15,

$\gamma_{gr.s}$: smėlio ir molio gruntų – 1,5.

3.10 lentelė. Smėlinių kvartero gruntų vidaus trinties kampo φ^n , sankibio c^n bei deformacijos modulio E normatyvinės vertės

Gruntas	φ^n 0 cn kPa E MPa	Porėtumo koeficientas e			
		0,45	0,55	0,65	0,75
Žvyrėtas ir stambiagrūdis smėlis	φ^n	43	40	38	-
	c^n	2	1	-	-
	E	50	40	30	-
Vidutinio stambumo smėlis	φ^n	40	38	35	-
	c^n	3	2	1	-
	E	50	40	30	-
Smulkus smėlis	φ^n	38	36	32	28
	c^n	6	4	2	-
	E	48	38	28	18
Dulkinis smėlis	φ^n	36	34	30	26
	c^n	8	6	4	2
	E	39	28	18	11

3.11 lentelė. Dulkiškų – molinių kvartero gruntų vidaus trinties kampo φ^n , sankibio c^n normatyvinės vertės

Gruntas	Konsistencijos rodiklis IL	φ^n 0 cn kPa	Porėtumo koeficientas e							
			0,45	0,55	0,65	0,75	0,85	0,95	1,05	
Plastiškas smėlis	0 – 0,25	φ^n	30	29	27	24	-	-	-	
		c^n	21	17	15	13	-	-	-	
	0,25 – 0,75	φ^n	28	26	24	21	18	-	-	
		c^n	19	15	13	11	9	-	-	
Priemolis: puskietis	0 – 0,25	φ^n	26	25	24	23	22	20	-	
		c^n	47	37	31	25	22	19	-	
	kietai plastiškas	0,25 – 0,50	φ^n	24	23	22	21	19	17	-
			c^n	39	34	28	23	18	15	-
	minkštai plastiškas	0,50 – 0,75	φ^n	-	-	19	18	16	14	12
			c^n	-	-	25	20	16	14	12
Molis: puskietis	0 – 0,25	φ^n	-	21	20	19	18	16	14	
		c^n	-	81	68	54	47	41	36	
	kietai plastiškas	0,25 – 0,50	φ^n	-	-	18	17	16	14	11
			c^n	-	-	57	50	43	37	32
	minkštai plastiškas	0,50 – 0,75	φ^n	-	-	15	14	12	10	7
			c^n	-	-	45	41	36	33	29

3.12 lentelė. Dulkiškų – molinių ne liosinių kvartero gruntų normatyvinės deformacijos modulio E vertės MPa

Grantai		Konsistencijos rodiklis IL	Porėtumo koeficientas e							
			0,35	0,45	0,55	0,65	0,75	0,85	0,95	1,05
Aliuviniai, Deliuviniai, Limniniai, Limno-glacialiniai	Priesmėliai	0 – 0,75	-	32	24	16	10	7	-	-
	Priemoliai	0 – 0,25	-	34	27	22	17	14	11	-
		0,25 – 0,50	-	32	25	19	14	11	8	-
		0,50 – 0,75	-	-	-	17	12	8	6	5
	Moliai	0 – 0,25	-	-	28	24	21	18	15	12
		0,25 – 0,50	-	-	-	21	18	15	12	9
0,50 – 0,75		-	-	-	-	15	12	9	7	
Eliuvio-glacialiniai	Priesmėliai	0 – 0,75	-	33	24	17	11	7	-	-
	Priemoliai	0 – 0,25	-	40	33	27	21	-	-	-
		0,25 – 0,50	-	35	28	22	17	14	-	-
		0,50 – 0,75	-	-	-	17	13	10	7	-
Moreniniai	Priesmėliai, priemoliai	$\leq 0,50$	75	55	45	-	-	-	-	

Deformacijų skaičiavimai

Žemių užtvankos galimos deformacijos yra nuosėdis, poslinkis ir posvyris.

Nuosėdis S yra pagrindinė deformacijų rūšis. Jis susidaro iš užtvankos pagrindo nuosėdžio S_p ir masyvo nuosėdžio S_m . T. y. $S = S_p + S_m$.

S_p vertė, esant storam ir silpnam puraus grunto pagrindui, gali būti gana didelė. Ji apskaičiuojama pagal specialias metodikas.

S_m vertė apskaičiuojama ties keliomis būdingomis užtvankos vertikalėmis (šlaitais, ketera) pagal šią formulę:

$$S_m = \sum_{j=1}^n \frac{e_{0j} - e_{1j}}{1 + e_{0j}} \Delta h_j, \quad (3.34)$$

čia e_{0j} , e_{1j} – elementaraus grunto sluoksnio Δh_j pradinis ir galutinis porėtumo koeficientai, nustatomi kompresiniais bandymais;

n – vienodo storio Δh_j sluoksnių kiekis.

Yra ir empirinių formulių S_m vertei skaičiuoti, pvz.:

$$S_m = 0,001 H_u^{1,5} [\text{m}], \quad (3.35)$$

čia H_u – užtvankos aukštis metrais.

Pagal apskaičiuotas nuosėdžio S vertes patikslinama pradinė projektinė žemių užtvankos keteros altitudė, statybų darbų kiekiai.

Žemių užtvankos keteros horizontalus *poslinkis* apskaičiuojamas pagal specialias formules. Paprastai poslinkio vertė yra maždaug lygi nuosėdžio vertei.

Posvyris žemių užtvankoms mažai aktualus.

3.9. ŽU masyvo statyba

ŽU masyvo statybos technologinė eiga glaudžiai susieta viso hidromazgo statybos eiga ir yra labai įvairi. Pagrindiniai etapai tokie:

- ŽU, vandens pralaidų, kitų HTS, karjerų, kavaljerų, grunto pervežimo kelių pagrindinių ašių nužymėjimas;
- statybinio debito praleidimo priemonių paruošimas, statybos etapų išskyrimas;
- I etapo ŽU pado/pagrindo paruošimas;
- karjerų paruošimas;
- grunto pervežimo kelių, įvažų į karjerus bei užvažų ant ŽU (jei reikia) paruošimas;
- I etapo ŽU antifiltracinių priemonių, drenažo, kitų konstrukcinių elementų žemiau ŽU pado statyba;
- I etapo ŽU pagrindiniai statybos darbai;
- vandens pralaidos (-ų), kitų HTS statyba;
- II etapo ŽU statybos darbai, gali būti ir daugiau ŽU statybos etapų (žr. 3.14 pav., e).
- aplinkos, apželdinimo darbai;
- naudojimo pastatų statyba, elektrifikavimas ir telefonizavimas (jei reikia);
- karjerų rekultivavimas, laikinų kelių likvidavimas.

Pastaba. Visi hidromazgo statybos eigos etapai konkrečiai išdėstomi ir suderinami statybos organizavimo projekte.

Nužymėjimo darbai

ŽU nužymima vadovaujantis pagrindiniais reikalavimais, pateiktais ST 120793378.01:2004. ŽU pagrindinę ašį, vandens pralaidų, kitų HTS pagrindines ašis nužymi užsakovas arba rangovas, dalyvaujant užsakovo atstovui ir projekto vadovui. Pagrindiniai ašies ženklai turi būti iškelti už ŽU ribų, saugioje vietoje, kad netrukdytų statybos darbams ir išliktų nepažeisti iki statybos pabaigos. Tikslinga juos aptverti. Būtina įrengti dubliuojančius ašies ženklus tam atvejui, jei pagrindiniai ženklai statybos metu gali būti sunaikinti. Aukščių reperiai (pagrindiniai ir papildomi) turi būti įrengti taip, kad statybos metu bet kuri ŽU tašką galima būtų niveliuoti viena niveliavimo stotimi. Detaliam ŽU nužymėjimui, statybos proceso tikslumo kontrolei sudaromas statybinis koordinacinių tinklas, kurio kraštinių ilgis gali būti 25, 50 arba 100 m. Jo taškai ŽU statybvietėje žymimi betoniniais ar gelžbetoniniais stulpeliais, įkastais iki 1 m gylio. ŽU pado kontūro linija nužymima statmenimis nuo pagrindinės ašies (žr. 3.12 pav.), įvertinant augalinio bei netinkamo grunto nukasimą, skersinius nuolydžius, užtvankos šlaitų formavimo ypatumus. Pirminis ŽU bei kitų HTS kontūrų nužymėjimas gali būti atliktas pagal projekto brėžinius. Įvertinant konkrečią situaciją lauke, ŽU pado kontūro atstumas nuo ašies į ŽB pusę paskaičiuojamas pagal formulę:

$$l = 0,5b_k + \sum b_b + \sum [m(Z_{m,a} - Z_{m,z})], \quad (3.36)$$

čia b_k – keteros plotis;

$\sum b_b$ – bermų pločių b_b suma;

m – šlaito tarpų šlaito koeficientai;

$Z_{m,a}$ – šlaito tarpo su šlaito koeficientu m aukštesnė ($Z_{m,a}$) ir žemesnė ($Z_{m,z}$) altitudės.

(3.36) formulės taikymo pavyzdžiai:

– kai šlaite yra tik viena berma (žr. 3.12 pav., b), atstumo $l = l_a$ išraiška supaprastėja:

$$l_a = 0,5b_k + b_b + m'(Z_k - Z_b) + m''(Z_b - Z_{p,z}), \quad (3.37)$$

čia Z_k, Z_b ir $Z_{p,z}$ – ŽU keteros bermos ir žemės paviršiaus susikirtimo su šlaitu altitudė;

– kai šlaite bermos nėra ir šlaito koeficientas $m = const$ (žr. 3.12 pav., b), atstumo $l = l_z$ išraiška tokia:

$$l_z = 0,5b_k + m(Z_k - Z_{p,z}). \quad (3.38)$$

Pastabos.

1. Bendroju atveju altitudė Z_p yra kintama, todėl l reikšmes tenka skaičiuoti pakartotiniais bandymais:

- 1) lauke išmatuojamas atstumas l_1^* iki spėtinio ŽU kontūro taško;
- 2) niveliavimu nustatoma to taško altitudė $Z_{p,1}^*$;
- 3) pagal atitinkamą formulę (3.36...3.38 ir pan.) apskaičiuojama l_1 reikšmė;
- 4) tikrinama sąlyga $l_1^* = l_1$;
- 5^c) jei sąlyga $l^* = l_1$ galioja, taškas fiksuojamas lauke,
- 5^c) jei sąlyga $l^* = l_1$ negalioja, keičiamas l_1^* į l_2^* ir kartojamos 1) – 5) procedūros.

2. Nužymėjimams palengvinti tikslinga sudaryti l reikšmių lenteles aukštesniam ir žemesniam šlaitams.

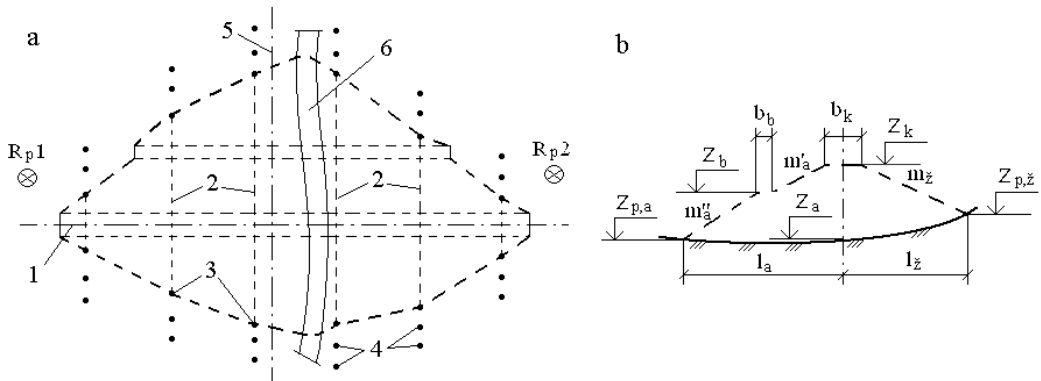
Kai ŽU padas *plokščias*, l dydžiai apskaičiuojami tiesiogiai:

- kai ŽU padas *horizontalus*, jo žemės paviršiaus altitudė $Z_p = const$, tai atstumai l apskaičiuojami atitinkamomis (3.36), (3.37), (3.38) ir pan. formulėmis;
- kai ŽU padas *pasviręs pastoviu nuolydžiu* $i = const$, tai taikoma formulė:

$$l_p = l'_h (1 \pm im_{z,d}), \quad (3.39)$$

čia l'_h – sąlyginis horizontalus atstumas, apskaičiuotas atvejais (3.36) – (3.38) ir pan. formulėmis, imant jose $Z_p = Z_a$, t. y. žemės paviršiaus altitudę *ties ŽU ašimi*; $m_{z,d}$ – šlaito koeficientas žemutinėje šlaito dalyje; sudėtingais atvejais tikslinama pagal šlaito skersinį profilį;

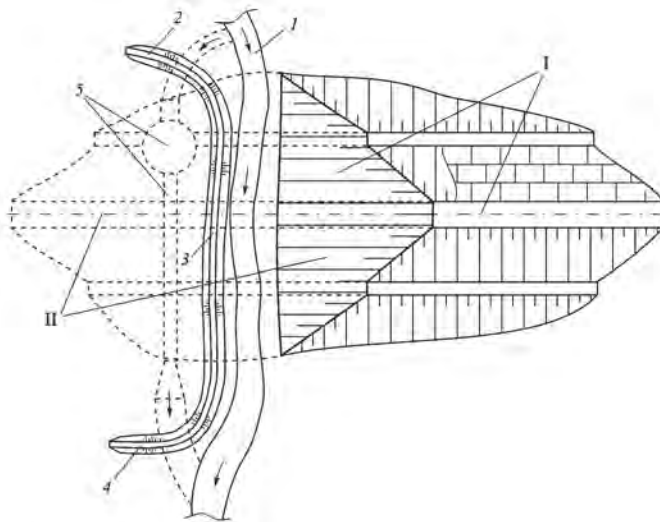
„+“ imamas skaičiuojant l_p į nuokalnės pusę, o „–“ į įkalnės pusę.



3.12 pav. ŽU nužymėjimo schemas: *a* – pagrindinių ašių ir taškų; *b* – ŽU kontūro taškų padėtimis apskaičiuoti; 1 – ŽU ašis, 2 – ŽU skersiniai profiliai; 3 – ŽU kontūro taškai; 4 – ŽU skersinių profilių gairės; 5 – vandens pralaidos ašis; 6 – upelis; R_p – reperis

Statybinio debito praleidimo priemonių paruošimas, statybos etapų išskyrimas

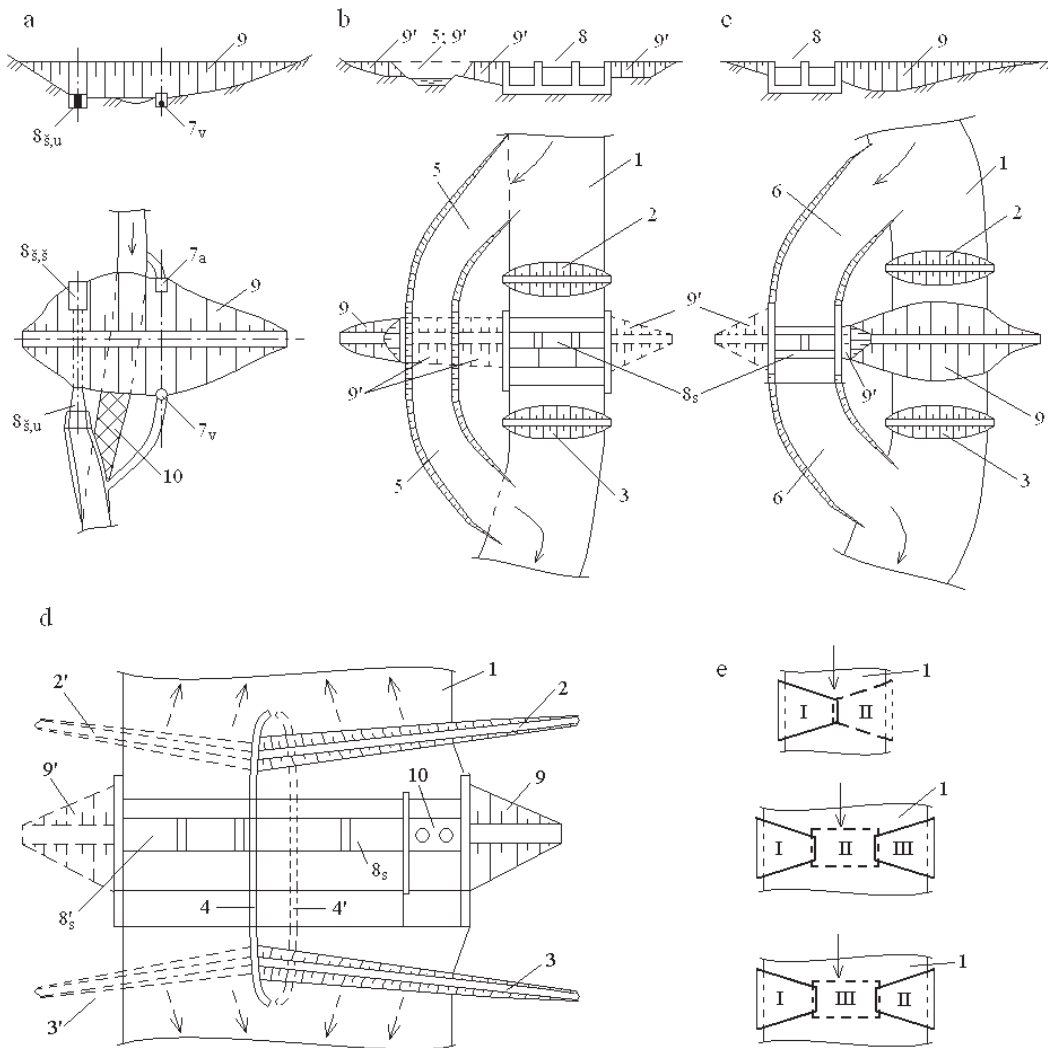
Statybinio debito praleidimo galimybės ir priemonės priklauso nuo upelio ar upės didumo ir nuo statybos trukmės. Kai upelis ir jame suprojektuotas hidromazgas mažas, pagrindinius statybos darbus galima atlikti vasaros sausmečiu be ypatingų statybinio debito praleidimo priemonių, nes prateka nedidelis sausmečio debitas. Didesnių upelių hidromazgų, statomų išnaudojant vasaros sausmetį, kai kurie HTS turi būti atitverti užtūromis (žr. 3.13 pav.); turi būti pastatyta dugninė vamzdinė vandens pralaida (žr. 3.14 pav., *a*) arba latakas ant estakadų ir kt.



3.13 pav. Statybinio debito praleidimo schema, ŽU statybos etapų išskyrimas:

1 – upelis, 2 – aukštutinė užtūra, 3 – šoninė užtūra, 4 – žemutinė užtūra, 5 – šachtinė pertekliaus vandens pralaida, I, II – ŽU statybos etapai

Didesnėse upėse, esant gana plačiam slėniui, statybiniam debitui praleisti kasami aptekėjimo kanalai – laikinasis (3.14 pav., *b*) arba pastovusis (3.14 pav., *c*). Pastaruoju atveju kanalu turi būti praleidžiamas maksimalus skaičiuotinis potvynių debitas, todėl toks kanalas yra gana brangus statinys.



3.14 pav. Statybinio debito praleidimo schemas:

a – dugninė vandens pralaida; *b* – laikinu apvedimo kanalu; *c* – pastoviu apvedimo kanalu; *d* – statant dviem sekcijomis; *e* – kitomis sekcijų schemomis: 1 – upelis, upė; 2 – aukštutinė užtūra; 3 – žemutinė užtūra; 4 – išilginė užtūra; 5 – laikinas apvedimo kanalas; 6 – pastovus apvedimo kanalas; 7 – dugninė vandens pralaida (T_a – aukštutinis antgalis, T_v – valdymo sklendės šulinys); 8 – potvynių vandens pralaida (8s – slenkstinė, 8š – šachtinė; 8š.š – šachta, 8š.v – vandens ramavimo baseinas); 9 – žemių užtvanka, 10 – hidroelektrinė; 2', 3', 4', 8', 9' – atitinkamų statinių statybos antrieji etapai; I, II, III – hidromazgo statybos etapai

Didelių upių hidromazguose dažnai nėra galimybių išsiversti anksčiau aptartais statybinio debito praleidimo būdais, todėl naudojamas sudėtingesnis ir brangesnis statybinio debito praleidimas sekcijiniu būdu (žr. 3.14 pav., *d* ir *e*). Taikant šį būdą tenka praleisti pagal HTS pasekmių klasę nustatytos tikimybės potvynių debitus, įvertinant statybos trukmę. Todėl užtūros turi būti reikiamo aukščio ir stiprumo. Daugiausia dėmesio turi būti skirta išilginei užtūrai. Ją veikia greitesnė upės tėkmė, nes sudarius I statybos sekciją, vaga susiaureja. Padidėjus tėkmės greičiui išplauinama upės vaga (dugnas ir krantas), todėl reikia į tai atsižvelgti statant užtūrą.

Taupant išlaidas užtūroms statyti, kai kada numatoma per didelį potvynį leisti užtvindyti statybvieta. Praėjus potvyniui, statybvieta nusauginama ir darbai tęsiami. Daug papildomų problemų sukelia pasiruošimas užtvindymui, papildomų užtvindymo pasekmių (uždumblinimo, sąnašų prinešimo ir kt.) šalinimas.

Aptartos statybinio debito praleidimo galimybės ir priemonės išryškina atskirų hidromazgo HTS, tarp jų ir ŽU, statybos etapus, pažymėtus 3.13 ir 3.14 paveiksluose. Etapai turi būti gerai suderinti, kad prieš pavasario potvynio pradžią ŽU galėtų laikyti projekte nustatytą patvankos lygį, o perteklinio vandens pralaida praleistų pagal pasekmių klasę nustatytos tikimybės potvynio debitą.

Prie ŽU statybos darbų priklauso ir minėtų užtūrų statyba. Užtūros dažniausiai statomos iš grunto, bet siaurose srauniose upėse – iš betono, gelžbetonio, plieninių įlaidinių polių ir kt. Ypač svarbu patikimai pastatyti išilginę užtūrą, įvertinti susidarantį vagos išplovimą prie užtūros. Dėl to užtūros yra saviti laikini statiniai.

I etapo ŽU pado/pagrindo paruošimas

ŽU pagrindo/pado paruošimo darbai yra atskira žemės darbų sritis, kurią reglamentuoja ST 120793378.01:2004 bei kiti normatyviniai dokumentai. Nuo ruošiamo ŽU pado turi būti pašalinti krūmai, medžiai, jų kelmai ir šaknys, dideli akmenys, esami statiniai ir įvairūs kiti pašaliniai daiktai. Krūmai šalinami krūmarovėmis arba buldozeriais, medžiai nupjaunami arba išraunami buldozeriais, kelmai ir šaknys šalinami buldozeriais bei kelmarovėmis, kai upės slėnio šlaitų koeficientas $m_{sl} \geq 2$. Jei $m_{sl} < 2$, reikia naudoti ekskavatorius arba traktorius su lynu. Dideli akmenys iškeliami akmenų iškeltuvais arba susprogdinami. Augalinis gruntas, durpės turi būti nukastos ir supiltos į sampylas, kad vėliau jį būtų galima panaudoti ŽU žemutiniam šlaitui tvirtinti, aplinkai rekultivuoti. Sampylos neturi trukdyti tolesniems darbams. Nukasamas ir silpnas dumblo, dribsmėlio ir pan. gruntas ir išvežamas į sąvartas. Jei nurodyta projekte, turi būti atlikti pagrindo grunto stiprinimo darbai. Paviršinis (iki 1 m gylio) grunto stiprinimas atliekamas gruntą išpurenant, įterpianč jį stiprinimo medžiagų (granuliuotų priedų, kalkių ir kt.), o vėliau sutankinamas.

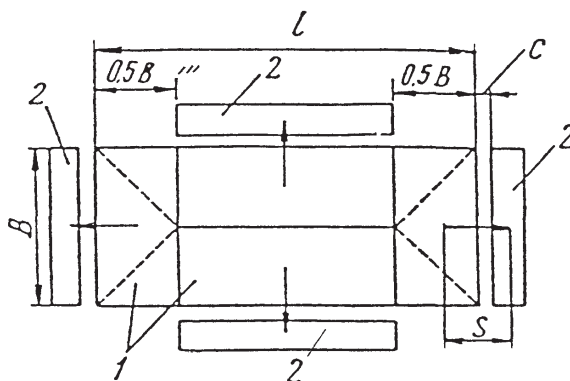
Giluminį silpnų dulkiškų ar smulkiagrūdžio smėlio gruntų stiprinimą galima atlikti smėlio poliais, kaip nurodyta ST 120793378.01:2004. Giluminiam silpnų gruntų stiprinimui taip pat naudojamas cementinimas, silikatinimas, o molio gruntuose – terminis bei elektrocheminis stiprinimo metodas.

Kai ruošiant ŽU padą kai kuri jo paviršiaus dalis atsiduria žemiau gruntinio vandens lygio arba slėginio požeminio vandens iškrovos zonoje, turi būti numatytas gruntinio bei požeminio vandens šalinimas taikant ST 120793378.01:2004 nurodytus būdus ir priemones. Prireikus, žemoji ŽU pado dalis turi būti atitverta užtūromis.

Karjerų paruošimas

Didelė dalis karjerų paruošimo darbų yra analogiška ŽU pado paruošimo darbams.

Kai yra palanki karjero situacija, karjero augalinis bei ŽU statybai netinkamas gruntas nukasamas pagal 3.15 pav. schemą. Jei gruntą kasti numatyta buldožeriais ir (ar) skreperiais, rišlų gruntą tikslinga purenti panaudojant grunto purentuvus. Turi būti garantuojami projektiniai gilių karjerų šlaitų nuolydžiai (šlaitų koeficientai).



3.15 pav. Karjero racionalaus suskirstymo į sklypus augaliniam bei netinkamam gruntui nukasti schema: 1 – karjero sklypai; 2 – augalinio ar netinkamo grunto kavaljerai; B – karjero plotis; l – karjero ilgis; c – atstumas tarp karjero ir kavaljero; s – grunto perkėlimo atstumas

Grunto pervežimo kelių, įvažų į karjerus bei užvažų ant ŽU (jei reikia) paruošimas

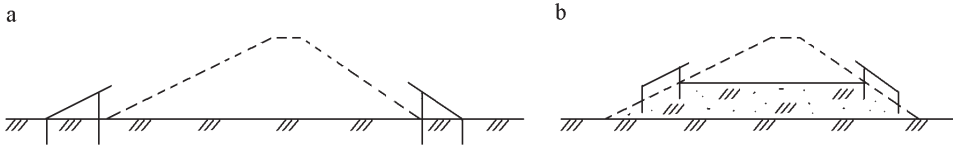
Grunto pervežimo kelių eismo dalies karjeruose plotis savivarčiams iki 12 t kėlimo galios turi būti lygus: esant vienpusiam eismui – 3,5 m, dvipusiam – 7 m. Didesniems savivarčiams bei kitokioms grunto pervežimo priemonėms kelių eismo dalies plotis turi būti nurodytas projekte. Turi būti neviršyti nustatyti kelių didžiausi leistiniai nuolydžiai (keliuose $\leq 1 - 0,9\%$, karjeruose $\leq 13 - 14\%$) ir nesumažinti mažiausi lanksmų spinduliai (plane $\geq 30 - 60$ m; profilyje 600–1000 m, ypatingais atvejais 200–300 m). Kelių dangos taikomos atsižvelgiant į pervežimo apimtį, intensyvumą ir kitus rodiklius ir daromos iš smėlio-žvyro/skaldos, asfalto bei betono/gelžbetonio. Įvažos į karjerus bei užvažos ant ŽU nurodomos projekte ir turi atitikti situaciją, pločius, nuolydžius ir dangos tipą.

I etapo ŽU antifiltracinių priemonių, drenažo, kitų konstrukcinių elementų žemiau ŽU pado statyba

ŽU antifiltraciniai paklodai (priešslenksčiai) (žr. 3.2 pav.) statomi prieš pradedant pilti ŽU masyvą, prieš pradedant formuoti ŽU ekraną. Šiuo statybos tarpsniu daromi ir antifiltraciniai dantys, „sienelės grunte“ bei įlaidinių lentų ar polių antifiltracinės užuolaidos. Iš anksto turi būti paklotos vidinio plokščiojo, vidinio vamzdinio ar mišraus tipo drenažo linijos, padaryta vertikalojo drenažo (jei numatyta projekte) sistema. Turi būti užtikrinta drenažo sudėtinių dalių, atvirkštinių filtrų sluoksnių medžiagų kokybė.

I etapo ŽU pagrindiniai statybos darbai

Prieš pradėdant pagrindinių ŽU statybos darbus šablonais nužymimi ŽU šlaitai (3.16 pav., a).

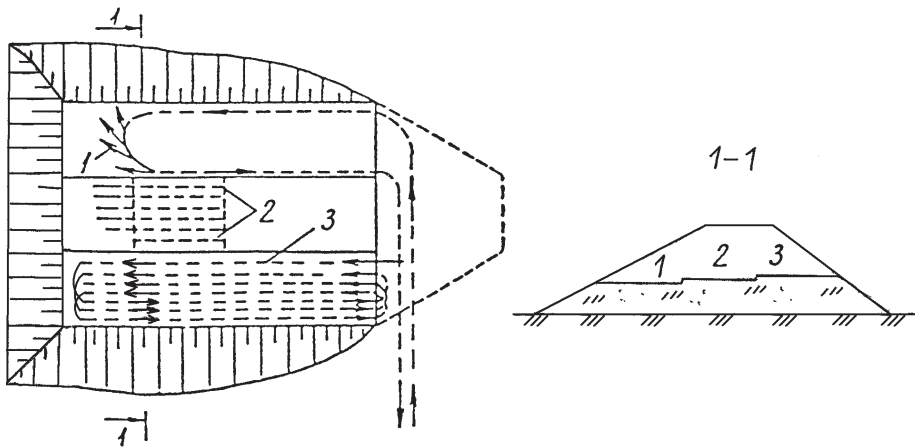


3.16 pav. Šablonai ŽU šlaitams žymėti:

a – pradinei ŽU šlaitų kryptčiai; b – tarpinei /galinei šlaitų kryptčiai

ŽU masyvas supilamas buldožeriais (kai grunto perkėlimo vidutinis atstumas $L_m \leq 70$ m, prikabinamaisiais skreperiais (kai $L_m = 70-500$ m), savaeigiais skreperiais (kai $L_m = 500-2000$ m) bei savivarčiais automobiliais (kai $L_m = 1000-2000$ m). ŽU pilamos sluoksniais. Jų storis parenkamas atsižvelgiant į grunto tankinimo priemonių charakteristikas ir neturi viršyti naudojamos tankinimo priemonės 80% didžiausio tankinamo sluoksnio storio.

Supilant ŽU žemutinę dalį skreperiais, gruntovežiais, savivarčiais automobiliais tikslinga ŽU suskirstyti į 3 juostas išilgai ŽU ašies. Pirmoje juostoje gruntas supilamas, antrą išlyginamas, o trečioje sutankinamas (3.17 pav.)



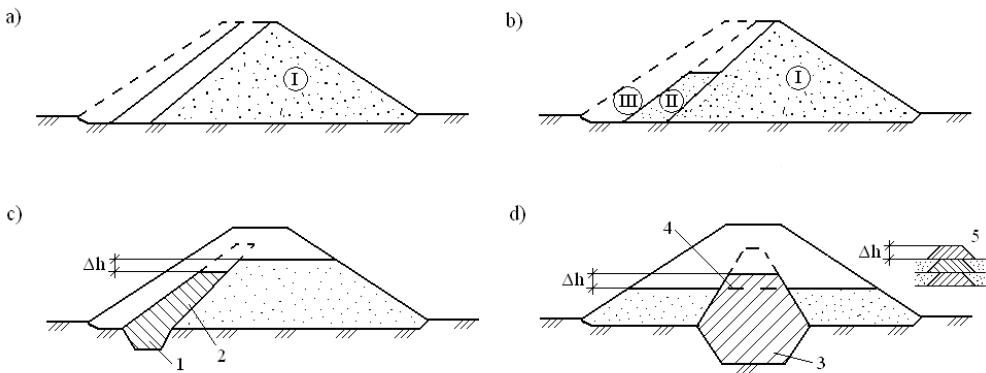
3.17 pav. Technologinių procesų paskirstymo supilant ŽU schema:

1 – grunto supylimas savivarčiais; 2 – grunto išlyginimas buldožeriu; 3 – grunto sutankinimas volu

Bet kuriuo atveju supilto sluoksnio paviršius turi turėti $\sim 0,05$ (5%) nuolydį į AB pusę.

Nevienalytės ŽU bei ŽU su antifiltraciniais ekranais ar branduoliais pilamos taip, kad skirtingi gruntai vieno sluoksnio storium Δh būtų skirtinguose aukščiuose (3.18 pav.),

kad skirtingi gruntai nesusimaišytų. Iš ekrano bei iš branduolio danties tranšėjos iškastas netinkamas gruntas pašalinamas, o tinkamas – supilamas užtvankoje.



3.18 pav. Nevienalytės, su ekranu ir branduoliu ŽU supylimo technologinės schemas:

a, b – ŽU iš trijų rūšių grunto; *c* – ŽU su ekranu, *d* – ŽU su branduoliu; I, II, III – nevienalytės ŽU supylimo tarpiniai; 1 – ekrano dantis; 2 – ekranas; 3 – branduolio dantis; 4 – branduolys; 5 – branduolio sluoksnių schema

Grunto tankinimo priemonės parenkamos atsižvelgiant į grunto rūšį: rišliems gruntams – kumštiniai arba pneumatinių didelio slėgio ratų volai; biriems gruntams – lygūs volai, pneumatinių mažo slėgio ratų volai arba įvairūs vibrotankintuvai. Biriems gruntams, žvyrai, skaldai, sudžiūvusiems ir sušalusiems gruntams smulkinti ir tankinti geriausiai tinka perforuoto paviršiaus volai.

ŽU šlaitai sutankinami vienakaušiais ekskavatoriais su specialia gelžbetonine plokšte (2-3 t masės) arba nesutankintas šlaitų gruntas nukasamas. Pastaruoju atveju pilamos užtvankos plotis į abi puses padidinamas po 0,5 m. Grunto sutankinimo kokybė tikrinama kiekvienam sluoksniui atskirai, dalyvaujant statytojo (užsakovo) atstovui. Patikrinus grunto sutankinimo kokybę surašomas paslėptų darbų aktas ir leidžiama supilti kitą sluoksnį. Sutankinus eilinį sluoksnį, grunto paviršius supurenamas akėčiomis ar kitomis priemonėmis, kad geriau sukibtų su kitu sluoksniu.

II etapo ŽU statybos darbai

Šio etapo ŽU statybos darbai atliekami, kai užbaigiami pagrindiniai perteklinio vandens pralaidos, kitų hidromazgo statinių darbai, vykdyti kartu su I etapo ŽU statybos darbais, kai sudaroma galimybė praleisti statybinį debitą per perteklinio vandens pralaidą, kitus hidromazgo statinius. Šiame etape hidromazgo statybos projekte numatytu laiku (metų sausmetyje) ir nustatyta tvarka užtvankiamas upelis laikinomis užtūromis, iš atitvertos zonos išsiurbiamas vanduo, paruošiamas ŽU padas bei pagrindas, įrengiamos reikiamos anfiltracinės priemonės ir pradedamas ŽU pylimas.

II etapo ŽU statybos darbai analogiški I etapo darbams, tačiau reikia įvertinti statybos savitumus, liečiančius pertekliaus vandens pralaidos, kitų hidromazgo statinių bei I etapo ŽU susiejimą su II etapo ŽU masyvu. Jau pastatyti HTS turi būti nepažeisti, sąsajos su

ŽU masyvo gruntu turi būti patikimos ir sandarios. II etape ŽU statyba užbaigiama pagal projektą, atliekami, jei reikia, kiti statybos darbai, išardomos užtūros, išvežama statybos technika, sutvarkoma ir apželdinama statyb vietės teritorija.

Pagal projektą sutvarkomi karjerai, likviduojami laikinieji grunto pervežimo ir kiti keliai; kai kurie iš jų pritaikomi hidromazgo reikmėms [12].

4. VANDENS PRALAI DOS H I D R O M A Z G U O S E

4.1. Konstrukcinės schemos ir elementai

Įvadinės pastabos

Vandens pralaidos yra antrasis būtinas upinių hidromazgų elementas (pirmasis elementas – užtvanka). Pagal svarbą jos yra lygiavertės užtvankoms hidromazgo funkcionalumo, patikimumo ir statybinės kainos prasmėmis.

Vandens pralaidos hidromazguose pagal paskirtį būna dviejų pagrindinių tipų:

- 1) perteklinio vandens pralaidos – statybinės bei eksploatacinės ir
- 2) vandens išleistuvai – paviršiniai, giluminiai, dugniniai.

Dar gali būti specialios pralaidos, pavyzdžiui, gamtosauginiam debitui praleisti ir pan. Pralaidos gali būti arba savarankiškos arba sukomponuotos į bendrą hidrotechnikos statinį.

4.2. Vandens pralaidų tipai, jų taikymo atvejai ir bendrieji reikalavimai

Pagal naudojimo laiką vandens pralaidos (VP) yra tokios: *laikinos* (statybinės ar remontinės), *nuolatinės* (eksploatacinės), *katastrofinės* (ekstreminiams debitams praleisti) bei *statybinės-eksploatacinės*.

Toliau aptariamos svarbiausios – nuolatinės – VP. Jos skiriamos į *pertekliaus* (potvynių, poplūdžių) *vandens pralaidas* (PVP), *išleidimo vandens pralaidas* (IVP), *gamtosaugos vandens pralaidas* (GVP) bei *mišrios paskirties* VP. Racionalu projektuoti pastarojo tipo VP, komponuojant jose du ar visus tris anksčiau nurodytus VP tipus.

Pertekliaus vandens pralaidos (PVP) yra kapitališkiausios, todėl jų tipas parenkamas lyginant galimų variantų statybos bei eksploatacijos sąlygas ir ekonominius rodiklius.

Galimi tokie PVP tipai: 1) *slenkstinės* PVP, 2) *vamzdinės* PVP su paprastais, kaušiniai, tranšėjiniiais, šachtiniais bei bokštiniiais antgaliais ir 3) *aptekėjimo kanalai*.

Slenkstinės PVP statomos, kai maksimalus projektinis debitas $Q_{\max}^{pr} > 200 - 300 \text{ m}^3/\text{s}$, kai vandens saugykla gali eiti ledai, kai reikia riboti vandens saugyklos NPL viršijimą ir kt. Slenkstinės PVP šioje mokomojoje knygoje detalčiau nenagrinėjamos.

Vamzdinės PVP taikomos, kai $Q_{\max}^{pr} < 150 - 300 \text{ m}^3/\text{s}$, kai kuriais atvejais iki $500 \text{ m}^3/\text{s}$. Jos gali būti statomos ir upės slėnyje (ties užtvanka), ir slėnio šlaite ar net jo viršuje.

Vamzdinės PVP su paprastais – atvirais ar uždara – įtekėjimo antgaliais upės slėnyje statomos retai, tik esant mažiems Q_{\max}^{pr} . Jų konstrukcija analogiška vamzdinių šliuzų reguliatorių konstrukcijai.

Vamzdinės PVP su šachtiniais antgaliais (trumpiau – šachtinės PVP) paprastai statomos tik upės slėnyje, kai $Q_{\max}^{pr} < 150 - 300 \text{ m}^3/\text{s}$, patvankos aukštis $H_{pt} = 4 - 12 \text{ m}$, normaliojo patvankos lygio NPL viršijimas (iki maksimaliojo patvankos lygio MaxPL) $\Delta H \leq 1,0 - 1,5 \text{ m}$. Šių PVP hidraulinės savybės ir konstrukcija paprasta, į jas nesunku įkomponuoti kitokių paskirčių VP (IVP, GVP), jos veikia automatiškai. Esminis trūkumas – būtinybė viršyti NPL. Lietuvoje dažniausiai statomos šachtinės PVP.

Vamzdinės PVP su sifoniniais antgaliais (trumpiau – sifoninės PVP) upės slėnyje taikytinos esant Q_{\max}^{pr} iki $500 \text{ m}^3/\text{s}$. Esminis jų teigiamas bruožas – mažas NPL viršijimo aukštis (0,2 – 0,4 m), trūkumas – sudėtingesnė konstrukcija, sudėtingesni hidrauliniai procesai, jų veikimas dažnai yra triukšmingas.

Vamzdines PVP upės slėnio šlaite ar pan. su paprastais, kaušiniais, tranšėjniais antgaliais bei aptekėjimo kanalus tikslinga projektuoti tada, kai upės slėnyje ties užtvanka yra silpni gruntai, intensyviai priteka požeminis vanduo, palanki slėnio šlaito konfiguracija ir plane, ir profilyje. Slėnio šlaite ar jo viršuje dažniausiai būna stipresnis gruntas, vamzdynas nekerta žemių užtvankos masyvo (dažnai eliminuoja incidentų priežastį). Tačiau šių pralaidų trasa paprastai būna ilgesnė negu šachtinių ar sifoninių PVP, trasą sudėtingiau sujungti su upe užtvankos žemutiniame bjeife, užtvankoje reikia statyti atskirą IVP. Per apvedimo kanalą reikia statyti kelio vandens pralaidą arba net tiltą.

Vamzdinės PVP su bokštiniu antgaliu yra specifinis, retai taikomas PVP tipas, labiau tinkantis IVP funkcijoms.

Parentant PVP tipą reikia atsižvelgti ir į statybos meto (statybinį) debitą. Kai jis gana didelis, geriau tinka slenkstinės, šachtinės bei sifoninės PVP. Pastarosiose statybiniam debitui praleisti panaudojamos būsimosios IVP.

IVP reikalingos vandens saugyklos vandens lygiui pažeminti ar net saugykloi ištuštinti atliekant užtvankos remonto darbus, taip pat tiekiant vandenį iš saugyklos numatytiems vandens naudotojams bei vartotojams. Kaip minėta, IVP pagal galimybes derinamos su PVP, taip pat su statybinio debito praleidimo reikmėmis.

Bendruoju atveju visos užtvankos, kurių patvankos aukštis ≤ 5 m, privalo turėti dugnines IVP su uždoriais, IVP. Kai patvankos aukštis didesnis, gali būti projektuojamos paviršinės arba giluminės IVP tik saugyklos VL pažeminti. Jis nustatomas pagal dažniau remontuotinių užtvankos bei saugyklos dalių altitudes, derinant su tipiniais uždoriais. Lai-koma, kad dažniau remontuotini yra užtvankos aukštutinio šlaito, saugyklos krantų tvirtinimai, siurblių, hidroelektrinių vandens ėmyklų elementai.

Hidroelektrinių vandens ėmyklos paprastai yra specifinės IVP, jų reikmės turi būti atskirai įvertinamos.

Gamtosaugos vandens pralaida (GVP) gali būti giluminė (su uždoriu) IVP, jeigu reikalingas uždorio pakėlimo aukštis, praleidžiant gamtosaugos debitą, yra ne mažesnis kaip 3 cm. Jei ši sąlyga netenkinama, projektuojamas specialus vamzdis su taruota sklende ir pan.

Gamtosaugos debitą (ar jo dalį) gali atstoti užtvankos geofiltracijos, HE ar kitoks tikslinis debitas.

PVP aukštutiniame bei žemutiniame bjeifuose turi būti numatytos vandens lygio matuoklės. Žemutiniame bjeife pagal galimybes įrengiamas hidrometrinis slenkstis nedidelis, pirmiausia gamtosaugos, debitams matuoti.

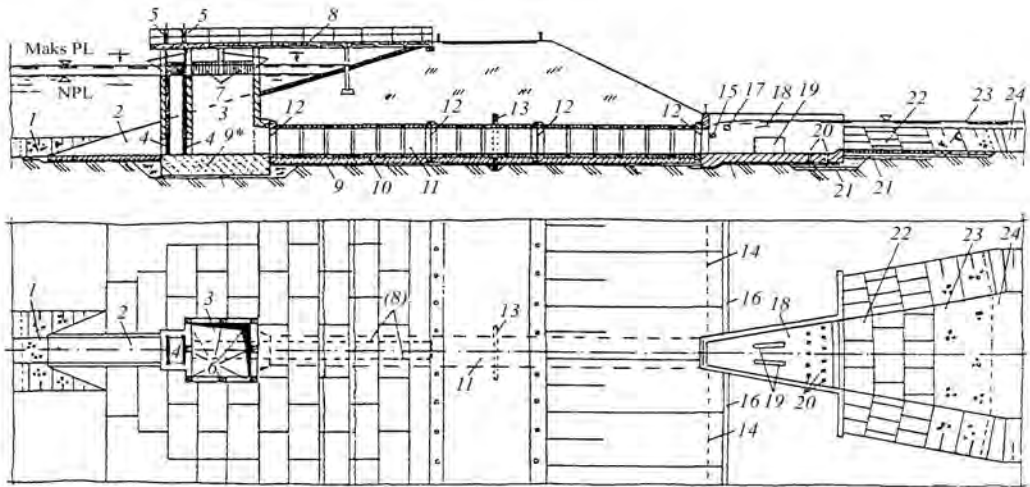
Projektuojant vandens pralaidas, ypač PVP, reikia parinkti racionalų jos tipą ir tinkamą statybos vietą. Kai kurie vietos parinkimo klausimai aptarti anksčiau; žemių užtvankų ir pralaidų vietų derinimas aprašytas 3 skyriuje.

4.3. Šachtinės pertekliaus vandens pralaidos

Upiniuose hidromazguose statomos tokios perteklinio vandens pralaidos (PVP):

- kai skaičiuojamasis maksimalus pralaidos debitas $< 150 - 300 \text{ m}^3/\text{s}$ – vamzdinės pralaidos su bokštinais („šachtiniais“), kaušiniais ir sifoniniais antgaliais bei aptekėjimo kanalai;
- kai skaičiuojamasis maksimalus pralaidos debitas $> 150 - 300 \text{ m}^3/\text{s}$ – slenkstinės pralaidos – užtvankos bei aptekėjimo kanalai.

Lietuvos hidromazguose daugiausia statomos vamzdinės perteklinio vandens pralaidos su bokštiniais („šachtiniais“) antgaliais (4.1 pav.). Dėl hidraulinės analogijos toks antgalis paprastai vadinamas šachta, o visa pralaida – šachtinė pralaida. Jos komponuojamos su statybinėmis pralaidomis ir dugniniais vandens išleistuvais.



4.1 pav. Šachtinė PVP:

1 – atitekėjimo kanalas; 2 – įtekėjimo antgalis-gelžbetoninis dokas; 3 – šachta; 4 – uždoriai; 5 – uždorių keltuvai; 6 – taureliai, plane sąlyginai nupjauti; 7 – grotos; 8 – tarnybinis tiltelis, plane sąlyginai pažymėta tik kontūrai (8); 9 – lieso betono pasluoksniai; 9* – šachtos pamatas; 10 – gelžbetoninis vamzdyno pamatas; 11 – vamzdynas iš surenkamų gelžbetoninių vamzdžių sekcijų; 12 – sėdimo siūlės; 13 – diafragma; 14 – užtvankos drenažo linijos; 15 – užtvankos drenažo žiotys; 16 – užtvankos pašlaitės latakai; 17 – užtvankos pašlaitės latakų žiotys; 18 – vandens ramavimo baseinas; 19 – ramintuvai-pirsai; 20 – drenažo šulinėliai; 21 – atvirkštiniai filtrai; 22 – risberma; 23 –galinis tvirtinimas; 24 – nutekėjimo kanalas.

Šachtinės PVP pagrindinės dalys yra šios:

- a) atitekėjimo dalis;
- b) šachta (atviras gelžbetoninis bokštas);
- c) vamzdynas;
- d) vandens ramavimo baseinas;
- e) risberma;
- f) galinis tvirtinimas.

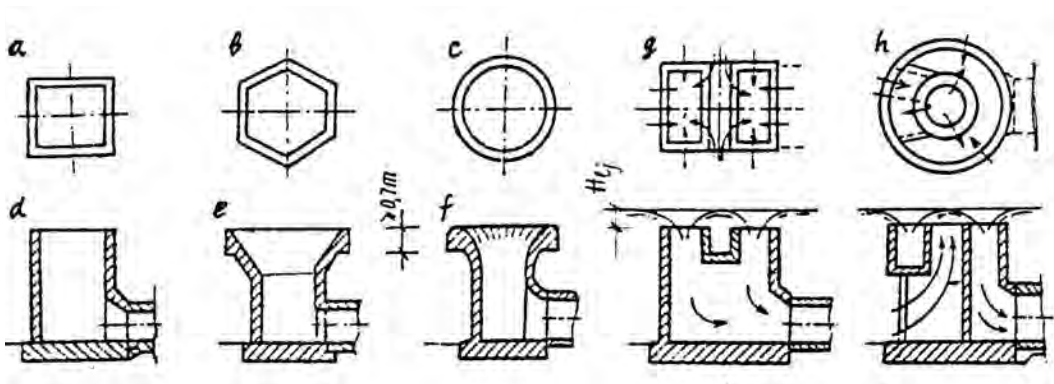
Papildomos dalys: išleidimo vandens pralaida (IVP); gamtosaugos vandens pralaida (GVP), uždorių (sklendžių) valdymo įranga; tarnybos tilteliai.

Pagrindinių dalių ir IVP bei GVP matmenys nustatomi hidrauliniams skaičiavimams.

Pirmiausia skaičiuojamos b)...f) dalys nuosekliais etapais, kuriuos sieja tas pats maksimalus projektinis debitas Q_{\max}^{pr} .

Šachta

Šachtos hidraulinė, statybinė bei estetinė kokybė labai priklauso nuo jos formos plane ir profilyje. Būdingiausios formos pavaizduotos 4.2 paveiksle. Plane apvali šachta turi didžiausią debito koeficientą, mažiausią perimetrą, masę ir armavimo procentą, tačiau mažiau patogi statyti (sunkesnis armatūros, klojinių paruošimas, sudėtingesnis sujungimas su vamzdžiais), todėl apvalias ir ovalines šachtas rekomenduojama projektuoti tik tada, kai jų skersmuo ne mažesnis kaip 4 m. Kitais atvejais taikomos keturkampės arba šešiakampės formos, taip pat su loviu(-iais) ar dvigubos šachtos. Kraštinės, į kurią įjungiamas vamzdynas, ilgis turi būti apytikriai lygus vamzdžio vidaus skersmeniui (pločiui), jei jis vienas, ir jei keli vamzdžiai – jų suminiam skersmeniui + tarpų tarp vamzdžių plotis.



4.2 pav. Šachtos: a – keturkampė; b – šešiakampė; c – apvali; d – vertikali su stačiakampe ketera; e – vertikali plėtėjanti su apvalia ketera; f – vertikali plėtėjanti su praktinio profilio ketera; g – vertikali su loviu, su stačiakampe ar apvalia ketera; h – vertikali dviguba su stačiakampe ar apvalia ketera

Mažiausią atstumą tarp viena prieš kitą esančių šachtos sienų reikia pasirinkti tokį, kad per priešingas sienas persiliejančios čiurkšlės netvenktų viena kitos.

Vertikaliame pjūvyje mažos keturkampės ar šešiakampės šachtos, kai jų kraštinės yra ne ilgesnės kaip 2 m, daromos prizmės formos, neišplėtėjančios viršutinėje dalyje. Didesnės šachtos, siekiant ekonominio efekto, viršutinėje dalyje platinamos. Praplatintai daliai suteikiama pasvirusios plonos sienelės arba praktinio profilio slenksčio forma pagal 4.2 pav. e ir f tipus.

Pasvirusios plonos sienelės profilis (4.2 pav., e) taikytinas mažesnėms daugiakampio profilio šachtoms, o praktinis profilis (4.2 pav., f) – apvalioms šachtoms. Siekiant išvengti galimo ledo keliamojo poveikio į tokio tipo šachtas tais atvejais, kai žiemą nenumatomas nuolatinis vandens persilieėjimas per šachtos keterą, išorinę šachtos briauną ledo zonoje (apie 0,7 m) reikia projektuoti vertikalią, kaip parodyta (4.2 pav., e ir f).

Praktinio profilio šachtų persilieėjimo sienelės kreivas paviršius projektuojamas bevakuumis.

4.3.1. PVP su šachtiniais antgaliais hidrauliniai skaičiavimai

Pagrindinis atvejis skaičiuojamas, kai praleidžiamas $Q_{\max}^{sk.p}$ (žr. 4.18) formulę esant FPL^p , kontrolinis ypatingasis atvejis, – kai praleidžiamas $Q_{\max}^{sk.y}$ esant FPL^y . Kiti kontroliniai atvejai skaičiuojami, kai praleidžiami $0,75 Q_{\max}^{sk.p}$; $0,50Q_{\max}^{sk.p}$ bei $0,25Q_{\max}^{sk.p}$ debitai. Skaičiuojant $Q_{\max}^{sk.p}$, į pro išleistuvą ar kitaip praleidžiamus debitus dažniausiai neatsižvelgiama, (4.18) formulės narys $\Sigma Q_{ki} \rightarrow 0$, – tai palengvina eksploataciją, padidina hidromazgo patikimumą.

Itekėjimo dalies hidrauliniai skaičiavimai.

Numatyto tipo šachtos hidrauliniu skaičiavimu galima nustatyti šiuos dydžius: a) reikiamą vandens liejimosi ilgį l (kai liejimosi aukštis H_{lj} lygus NPL viršijimo aukščiui ΔH_p pasirenkamas pagal vietos sąlygas) arba b) reikiamą liejimosi aukštį H_{lj} (iš anksto pasirinkus šachtos perimetrą l). Bendru atveju vandens liejimasis į šachtą turi būti nepatvenktas. Kad taip būtų (su atsarga) reikia, kad:

- 1) mažiausias atstumas B_m tarp priešingose pusėse esančių liejimosi sienelių būtų toks, kad priešpriešinės čiurkšlės netvenktų viena kitos, būtent $B_m > 4,4H_{lj}$ ir
- 2) projektinis vandens lygis šachtoje, kuris priklauso nuo vamzdyno pralaidumo, nebūtų aukščiau šachtos keteros.

Vandens liejimosi ilgis l paskaičiuojamas pagal:

$$l = Q_{\max}^{sk.p} / K_f K_g K_t m \sqrt{2g} (H_{lj(0)}^{\max})^{1,5} \quad (4.1)$$

čia K_f – šachtos keteros planinės formos koeficientas (apvalios šachtos $K_f=1,0$; šešiakampės – $K_f=0,97$; keturkampės – $K_f=0,93$);
 K_g – groių įtakos koeficientas: pagal autorių

$$k_g = 1 - 0,4\xi_g \quad (4.2)$$

ξ_g – groių hidraulinio pasipriešinimo koeficientas:

$$\xi_g = \beta (\delta_{g.s} / b_{g.s})^{1,33} \sin \alpha \quad (4.3)$$

čia β – groių strypų formos koeficientas (apvalių strypų

$$\beta = 1,8, \text{ keturkampių} - \beta = 2,4);$$

$$\delta_{g.s} - \text{groių strypų storis skersai t\u0117km\u0117s} (\delta_{g.s} \approx 0,01 \dots 0,02m);)$$

$$b_{g.s} - \text{atstumas tarp groių stryp\u0177} b (b_{g.s} \approx 0,1L \dots 0,2m);$$

α – groių stryp\u0177 kampas su horizontale ($\alpha = 60^\circ \dots 90^\circ$). Kai groių n\u0117ra, $K_g = 1$;

K_t – tauriuk\u0177 įtakos koeficientas:

$$K_t = 1 - (aH_{lj} / (H_{lj} + b_{an})); \quad (4.4)$$

čia a – tauriukų formos koeficientas (apvalių tauriukų $a=0,10$, keturkampių $a=0,20$);

$H_{lj} \equiv H_{lj}^{\max}$ – vandens liejimosi aukštis:

$$H_{lj}^{\max} = Z_{FPLP} - Z_{NPL} \quad (4.5)$$

čia b_{an} – angos tarp tauriukų plotis ($b_{an}=1,5\dots2,5$ m). Kai tauriukai nedaromi, $K_t=1,0$;

m – šachtos debito koeficientas (šachtos su vertikalia plona sienele $m \approx 0,41$; su pasvira plona sienele $m \approx 0,38$; su kreivo bevakuuminio profilio sienele $m \approx 0,49$, su vakuuminio profilio sienele $m \approx 0,55$);

$H_{lj(o)}^{\max}$ – visas liejimosi aukštis;

$$H_{lj(o)}^{\max} = H_{lj}^{\max} + \alpha_o v^2 / 2g, \quad (4.6)$$

čia α_o – Koriolio koeficientas ($\alpha_o=1,05$);

v_o – vandens atitekėjimo prie šachtos greitis tvenkinyje (dažniausiai $\alpha_o v^2 / 2g \approx 0$.

$$b_{an}^{(2)} = l^{(1)} / n_{an}, \quad (4.7)$$

čia n_{an} – angų tarp tauriukų skaičius ($n_{an}=(0,4\dots0,6) l^{(1)}$). Skaičiuojama nekeičiant n_{an} tol, kol $l^{(n)}$ nuo $l^{(n-1)}$ skirsis 1...2%.

Preliminariai skaičiuojant l (kol dar nežinoma, ar šachtinė pralaida apskritai tiks), imama, kad $\tilde{K}_t = \tilde{K}_g = 0.95$.

Tikrinama pralaidumo sąlyga:

$$B_{\min} \geq 4,4H_{lj}^{\max}, \quad (4.8)$$

čia B_{\min} – minimalus atstumas tarp priešingų išorinių šachtos keteros briaunų (kvadratinės šachtos $B_{\min}=0,25 l$;

šešiakampės $B_{\min} \cong 0,28 l$, apvalios – $B_{\min} = D \cong 0,32 l$); bendrai $B_{\min} = k_f l$.

Jei sąlyga netenkinama, mažinamas liejimosi aukštis:

$$H_{lj}^* \approx 0,55 B_{\min}^{0,4} (H_{lj}^{\max})^{0,6}, \quad (4.9)$$

ir didinamas vandens liejimosi perimetras l

$$l^* = 4,4 H_{lj}^* / k_t \quad (4.10)$$

čia k_f – koeficientas, priklausantis nuo geometrinės pralaidos formos.

Ekonominiu požiūriu šachtos įtekėjimo dalies matmenys turi būti tokie, kad galėtų ši sąlyga:

$$B_m \leq 9 H_{lj}^{\max} \quad (4.11)$$

Jei sąlyga negalioja, keičiama šachtos planinė forma arba tipas.

Kontrolinis skaičiavimų atvejis, praleidžiant maksimalų kontrolinį ypatingąjį debitą:

$$H_{lj}^{\max,y} = (Q_{\max}^{sk,y} / K_f K_g K_t m l \sqrt{2g})^{0,667} \quad (4.12)$$

Hidrauliniams skaičiavimams nustačius vandens liejimosi ilgį l , apskaičiuojamas visas jos keteros perimetras

$$L = l + b_t n_t + l_{ak} \quad (4.13)$$

čia b_t – tauriukų plotis ($b_t = 0,2 \dots 0,3$ m);

n_t – tauriukų skaičius;

l_{ak} – aklina šachtos keteros dalis, kuri kartais numatoma ties vandens išleistuvu.

Kvadratinės šachtos kraštinės ilgis $l_{kv} = L / 4$, šešiakampės – $l_{šeš} = L / 6$, apvalios šachtos skersmuo $D = L / \pi$.

Šachtos ekonomiškumas apytikriai įvertinamas pagal šias sąlygas:

-vientiso kontūro šachtų: $L \leq (25 - 30) H_{lj}$;

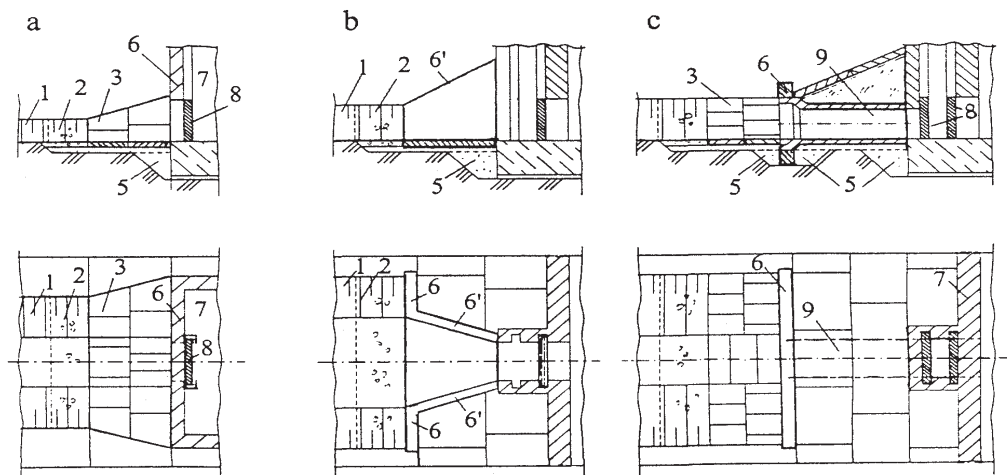
-sudėtinio kontūro (su loviais, dvigubų) šachtų: $L = (35 - 40) H_{lj}$.

Tiksliau ekonomiškumas nustatomas variantiniu projektavimu.

Jei ekonomiškumo sąlyga netenkinama, keičiamas šachtos tipas, užtikrinantis didesnę pralaidumą, didinama H_{lj} vertė (jei yra galimybė) arba šios priemonės taikomos kartu. Jei tai nepaveda, nagrinėjamos kitokios PVP.

Įsitikinus šachtos ekonomiškumu ir patikslinus šachtos plane gabaritus, apskaičiuojami į priekinę šachtos dalį įkomponuojamos išleidimo vandens pralaidos (IVP, trumpiau – išleistuvo) matmenys.

Išleistuvas



4.3 pav. Atitekėjimas iki šachtos ir išleistuvai:

a – tiesioginis; *b* – per gelžbetoninį doka; *c* – per vamzdį; 1 – atitekėjimo kanalas; 2 – tvirtinimas skalda, gargždu; 3 – tvirtinimas betonu; 4 – smėlio-žvyro pasluoksnis; 5 – atgalinis užpylimas; 6 – atbulinė siena; 6' – „neriančioji“ siena; 7 – šachta; 8 – uždoris; 9 – vamzdis

Išleistuvas paprastai turi užtikrinti statybinio debito bei vandens saugyklos išleidimo (ištuštinimo) debito praleidimą, todėl pasirenkami didesnieji išleistuvo angos matmenys.

Hidrauliniu požiūriu išleistuvo anga yra analogiška patvenktai arba nepatvenktai angai plonoje sienelėje ir gali būti apskaičiuojama pagal [16, 17, 18, 20].

Pagal išleistuvo angos gabaritus priderinama vandens atitekėjimo iki šachtos dalis, kuri gali būti trumpo trapecinio kintamo gylio betonu tvirtinto kanalo, doko arba vamzdžio tipo. Pastarasis tipas taikytinas esant lėkštam žemės užtvankos aukštutiniam šlaitui ($m_a > 2,5 - 3,0$), be to, siekiant padidinti šachtos stabilumą (kad ją iš visų pusių apsuptų storas žemių užtvankos masyvo grunto sluoksnis), norint, kad sumažėtų vamzdžio ilgis.

Vamzdynas

Perėjimas iš šachtos į vamzdyną turi būti sklandus ir plane, ir profilyje, suprojektuojant atitinkamą intarpą tarp šachtos ir vamzdžio. Intarpas turi būti ant to paties šachtos pamato, monolitiškai susietas su šachta.

Šachtinės PVP vamzdynas, jungiantis šachtą su vandens ramavimo baseinu, gali būti horizontalus arba su nuolydžiu. Esant nedideliame patvankos aukščiui (iki 5 – 7 m), taip pat numatant šachtoje įrengti HE hidroagregatus, pirmenybė teiktina horizontaliam vamzdynui.

Kai vamzdynas projektuojamas dideliu nuolydžiu, siekiant išvengti nepastovaus hidraulinio režimo, tekėjamą vamzdynu reikia projektuoti tik neslėginį arba pusiauslėginį.

Vamzdžio(-ių) skerspjūvio plotas turi būti parinktas toks, kad jame, tekant maksimaliam projektiniam debitui, tėkmės greitis būtų ne didesnis kaip:

- surenkamame vamzdyne – 6 – 8 m/s;
- monolitiniame vamzdyne – 8 – 10 m/s.

Aukštose šachtose nurodytą vandens greitį galima užtikrinti neišnaudojant viso slėgio aukščio, kuris gali susidaryti šachtoje, pakilus joje vandens lygiui iki šachtos keteros. Esant dideliame vamzdžio nuolydžiui, greitį iki nurodytų ribų galima sumažinti sudarius dirbtinį šurkštumą.

Pratekėjimo dalies hidrauliniai skaičiavimai.

Vadovaujantis anksčiau nurodytais ribiniais greičiais, pagal Q_{\max}^p apskaičiuojamas vamzdžio skerspjūvio plotas, kuris priderinamas prie standartinių vamzdžių skerspjūvio plotų:

$$\Sigma\omega_{st} \geq \max(\Sigma\omega_{(H)}; \Sigma\omega_{(v)}) \quad (4.14)$$

Iš „trumpo“ vamzdžio debito formulės:

$$\Sigma\omega_{(H)} = Q_{\max}^{sk.p} / \mu \sqrt{2gH_{pt}^s}, \quad (4.15)$$

čia μ – „trumpo“ vamzdžio debito koeficientas;
 H_{pt}^s – šachtinės pralaidos patvankos aukštis:

$$H_{pt}^s = \alpha_s v_s^2 / 2g + Z_{SVL} - Z_{is}, \quad (4.16)$$

čia α_s ir v_s – tėkmės šachtoje Koriolio koeficientas ($\alpha_s \approx 1,10$ ir greitis

$$(v_s = Q_{\max}^{sk.p} / \omega_s);$$

v_s – šachtos skerspjūvio plotas;

Z_{SVL} – vandens lygio šachtoje altitudė (kai įtekėjimas nepatvenktas, $Z_{SVL} \leq Z_{ket}$,

kai patvenktas, $Z_{SVL} > Z_{ket}^s$); Z_{ket}^s – šachtos keteros altitudė;

Z_{is} – būdingoji ištekėjimo altitudė:

$$Z_{is} = \max(Z_{vm}^{as}; Z_{is}^*); \quad (4.17)$$

čia Z_{vm}^{as} – vamzdžio ašies altitudė, Z_{vm}^{as} – vandens lygio altitudė ištekėjimo pradžioje.

Skerspjūvis pagal leidžiamą greitį:

$$\Sigma\omega_{(v)} = Q_{\max}^{sk.p} / v_{\max}^{lei}; \quad (4.18)$$

čia v_{\max}^{lei} – maksimalus leistinas vandens greitis vamzdžiuose.

Patikslinamas vamzdžio debito koeficientas:

$$\mu^2 = 1 / \sqrt{\Sigma \xi} \quad (4.19)$$

čia $\Sigma \xi$ – „trumpo“ vamzdžio hidraulinio pasipriešinimo koeficientų suma:

$$\Sigma \xi = \xi_s (\Sigma \omega_{st} / \omega_s)^2 + \xi_{pos} + \xi_{vm}^{(1)} + \xi_{i\check{s}}; \quad (4.20)$$

čia ξ_s – šachtos hidraulinio pasipriešinimo koeficientas (dažniausiai $\Sigma \omega_{st} / \omega_s \approx 1$, ξ_s). Jei reikia, kai $\Sigma \omega_{st} / \omega_s \approx 1$, ξ_s skaičiuojamas pagal specialią literatūrą arba modeliuojamas; ξ_{pos} – tėkmės posūkio iš šachtos į vamzdį hidraulinio pasipriešinimo koeficientas (staigaus posūkio; $\xi_{pos} \approx 0,5$, sklendaus posūkio $\xi_{pos} = 0,2 \dots 0,3$); ξ_{vm} – vamzdžio hidraulinio pasipriešinimo koeficientas:

$$\xi_{vm}^{(1)} = \lambda_{vm}^{(1)} l_{vm} / D_{vm}^{(1)}; \quad (4.21)$$

čia $\lambda_{vm}^{(1)}$ – vamzdžio hidraulinės trinties koeficientas, skaičiuojamas pagal įvairias nomogramas ar formules, pavyzdžiui:

$$\lambda_{vm}^{(1)} = 0,11 (\Delta_e / D_{vm} + 68 / \text{Re})^{0,25} \quad (4.22)$$

čia Δ_e – ekvivalentinis vamzdžio šiurkštumas (gelžbetonio $\Delta_e = 0,0025$ m); $D_m^{(1)}$ – vamzdžio vidaus skersmuo. Neapvalių vamzdžių fiktyvus skersmuo:

$$D_{vm}^{(1)*} = 2b_{vm} h_{vm} / (b_{vm} + h_{vm}); \quad (4.23)$$

Re – Renoldso skaičius:

$$\text{Re} = v_{vm}^{(1)} D_{vm}^{(1)} / \nu \quad (4.24)$$

$v_{vm}^{(1)}$ – tikrasis tėkmės greitis vamzdyje:

$$v_{vm}^{(1)} = Q_{\max}^{sk.p} / \Sigma \omega_{st}^{(1)} \quad (4.25)$$

ν – kinematinės klampos koeficientas ($\nu = 1,7 \cdot 10^{-6}$ m²/s);

l_{vm} – vamzdžio ilgis;

$\xi_{i\check{s}}$ – ištekėjimo iš vamzdžio hidraulinio pasipriešinimo koeficientas

($\xi_{i\check{s}} = 1,0$).

Apskaičiuavus patikslintą $m^{(2)}$ reikšmę, pagal (4.15) formulę apskaičiuojama patikslinta $A \Sigma\omega_{(H)}^{(2)}$ reikšmė ir tikrinama (4.14) sąlyga. Jei ji netenkinama ($\Sigma\omega_{vm}^{(2)}$ ir $\Sigma\omega_{vm}^{(1)}$ skiriasi $\pm(10...20)$ % ir daugiau), reikia pataisų: kai ($\Sigma\omega_{vm}^{(2)}$ ir $\Sigma\omega_{vm}^{(1)}$, parenkami mažesni vamzdžiai, kai ($\Sigma\omega_{vm}^{(2)}$ ir $\Sigma\omega_{vm}^{(1)}$, reikia pagal galimybes sumažinti ξ reikšmes. Pataisų tinkamumas įvertinamas pakartotiniais skaičiavimais. Jei (4.14) sąlyga tenkinama ($\Sigma\omega_{vm}^{(2)} / \Sigma\omega_{vm}^{(1)} \leq 1,05 \dots 1,10$), šis skaičiavimų etapas baigiamas.

Paskaičiuojamas faktinis šachtinės pralaidos patvankos aukštis:

$$H_{pt}^{s.f} = (Q_{\max}^{sk.p} / \Sigma\omega_{vm} \mu \sqrt{2g})^2 \quad (4.26)$$

Ir faktinis vandens lygis šachtoje:

$$Z_{sVL} = Z_{i\check{s}}^{(1)} + H_{pt}^{s.f} \quad (4.27)$$

Prireikus patikslinami vamzdyno skerspjūvio gabaritai bei suminis vamzdyno plotis:

$$\Sigma b_{vm} = n_{vm} b_{vm} + (n_{vm} - 1) b_{tar},$$

čia n_{vm} – ir b_{vm} – vamzdyno linijų kiekis bei vamzdžių išorinis plotis (apvalių $b_{vm} = d_{vm}$);
 b_{tar} – tarpų tarp vamzdyno linijų plotis.

Siekiant, kad būtų išvengta iš vamzdyno ištekėjusio srauto paviršinio jungimosi su ŽB, vamzdyno dugną reikia projektuoti VRB dugno lygyje.

Vandens ramavimo baseinas (VRB). Ištekėjimo dalies hidrauliniai skaičiavimai.

VRB gali būti projektuojami šių tipų:

- prizminis (pastovaus pločio) su vertikaliomis sienomis, lygiu horizontaliu dugnu, neįgilintas arba įgilintas (su „šuliniu“);
- platėjantis su vertikaliomis sienomis; visa kita kaip a) tipo;
- tų pačių a) ir b) tipų, bet su tėkmės ramintuvais – trinkomis (šaškėmis), pirsais, grotomis („šukomis“), lygiomis ar dantytomis sienelėmis VRB dugne ar jo gale;
- specialių tipų. Pagrindinis VRB tipo pasirinkimo kriterijus – hidraulinio šuolio apsėmimo koeficientas K_{aps} .

Pateikiama skaičiavimų metodika pagrindiniam skaičiuojamajam atvejui, kai ištekėjimas yra be pakopos. Pirmas susijęs gylis:

$$h^I = \Sigma\omega_{vm} / \Sigma b_{i\check{s}} \quad (4.28)$$

čia $\Sigma b_{i\check{s}}$ – suminis ištekėjimo dalies plotis;

$$\Sigma b_{i\check{s}} = b_{vm} n_{vm} + (n_{vm} - 1) b_{tar} \quad (4.29)$$

čia b_{vm} ir n_{vm} – vamzdžio vidinis plotis ir vamzdžių linijų skaičius;
 b_{tar} – tarpo tarp vamzdžių plotis įskaitant ir sienelių storį ($b_{tar} \approx 1,0$ m).

Antras susijęs gylis platėjančioje užslenkstėje:

$$h_{pla}^{II} = h^{II} (1 - 2(((Fr^I)^{0,167} - 1)tg\beta)) \quad (4.30)$$

čia h^{II} – antrasis susietas gylis pastovaus pločio užslenkstėje:

$$h^{II} = 0,5h^I (\sqrt{1 + 8Fr^I} - 1) \quad (4.31)$$

Fr^I – Frudo skaičius pirmame susijusiame gylyje:

$$Fr^I = \alpha^I (Q_{max}^{sk.p})^2 / g(\Sigma b_{is})^2 (h^I)^3 \quad (4.32)$$

Užslenkstės platėjimo kampas β :

$$tg\beta \approx 0,33 / \sqrt{Fr^I} \leq 0,20 \quad (4.33)$$

Paskaičiuojamas hidraulinio šulio apsėmimo koeficientas $K_{aps.}$:

$$K_{aps.} = h_{už} / h_{pla}^{II} \geq K_{aps.}^{nor} = 1,10 \quad (4.34)$$

Pirmiausia nagrinėtini neįgilinti VRB be ramintuvų. Jei tokie VRB neužtikrina $K_{aps.} \geq 1,10$, projektuotini tėkmės ramintuvai (trinkos, pirsai ir kt.), kurie pradinę h^{II} vertę sumažina: $h_{ram}^{II} = (0,80 - 0,85)h^{II}$. Jei ir to nepakanka, projektuojamos sienelės arba įgilintas VRB (su „šuliniu“). VRB su „šuliniu“ visada gali užtikrinti hidraulinio šulio apsėmimą, bet dėl to žemėja VRB dugno altitudė, sunkėja ir brangsta statyba.

Prizminis VRB taikytinas tuo atveju, kai vamzdyno suminis plotis yra didesnis arba lygus nuvedančiosios vagos dugno pločiui. Šiuo atveju VRB plotis pasirenkamas lygus suminiam vamzdyno pločiui Σb_{vm} .

Platėjantį VRB rekomenduojama projektuoti tuo atveju, kai vamzdyno plotis yra mažesnis už nutekėjimo kanalo dugno plotį. Šiuo atveju VRB plotis pradžioje pasirenkamas lygus vamzdyno pločiui, o gale – nutekėjimo kanalo dugno pločiui.

Kad tėkmė neatitrūktų nuo VRB šoninių sienų, kampas θ tarp šoninės sienos ir VRB ašies turi tenkinti šią sąlygą:

$$\theta = \arctg\left(\frac{1}{\sqrt{Fr^I}}\right) \leq 10^0 - 15^0, \quad (4.35)$$

čia Fr – Frudo skaičius ties pirmuoju susietu gyliu $h^I \approx \Sigma \omega_{vm} / \Sigma b_{vm}$:

$$Fr^l = (v^l)^2 : (gh^l), \quad (4.36)$$

čia v^l – tėkmės greitis ties h^l ; $v^l \approx Q_{\max}^{pr} : \sum \omega_{vm}$. Didesnis kampas θ leidžiamas VRB su ramintuvais.

Specialių tipų VRB yra ekonomiškesni ir progresyvesni, negu įprastiniai a) ... c) tipų. Todėl tais atvejais, kai projektuojama šachtinė PVP modeliuojama arba kai jai tinka anksčiau ištyrinėti, turintys hidraulinio skaičiavimo metodikas, praktiškai pasiteisinę VRB, tai jie ir projektuojami vietoje įprastinių. Kitos skaičiavimų metodikos yra pateiktos doc. B. Ruplio [20] ir kitų autorių darbuose.

Risberma, galinis tvirtinimas

Projektuojant risbermą ir galinį tvirtinimą, būtina turėti patikimus duomenis apie ŽB nutekėjimo kanalo grunto atsparumą išplovimui, atsižvelgiant į tėkmės greičių pulsaciją. Pulsacijos intensyvumas priklauso nuo daugelio veiksnių [21, 22].

Mažų šachtinių PVP ($Q < 50 \text{ m}^3/\text{s}$) risbermos ir galiniai tvirtinimai turi būti projektuojami taip, kad išplovimo žemiau jų būtų visiškai išvengta. Didesnėms PVP, kurių galiniai tvirtinimai paprastai siejami su nereguliuota vaga, galima leisti, kad būtų išplaunamos nepavojingo dydžio duobės (išplovimo duobės).

Risbermos ilgį ir išplovimo duobės gylį rekomenduojama skaičiuoti pagal literatūroje [20] pateiktą metodiką. Tuo atveju, kai išplovimas neleistinas, linijinis debitas q risbermoje mažinamas tiek, kad apskaičiuotas išplovimo duobės gylis būtų ne didesnis kaip natūralaus upelio gylis žemutiniame bjeje.

Kitos pastabos

Šachtinių PVP geofiltracija paprastai neskaičiuojama, jei suminis sumonolitintų vamzdyno linijų plotis $\sum b_{vm} < (0,6 - 0,7)H_{pt}$.

Projektuojant šachtinę PVP, reikia atlikti daug konstrukcinių sprendinių ir skaičiavimų. Šachtai reikalingas ir specifinis – pastovumo iškėlimui – skaičiavimas, nes šachta yra „tuščiaavidurė“ konstrukcija, palyginti nedidelio svorio G_s , o jos pado apačią veikia didelė hidrostatinio kėlimo jėga

$$U_k = A_{pd} \cdot H_{pd} \cdot \rho_v \cdot g, \quad (4.37)$$

čia A_{pd} ir H_{pd} – pado apačios plotas ir slėgio aukštis; $H_{pd} = Z_{NPL} - Z_{pd}$;
 ρ_v – vandens tankis;
 g – gravitacinis pagreitis.

Pastovumo iškėlimui atsargos koeficientas apskaičiuojamas pagal šią formulę:

$$K_{išk} = \frac{G_s^*}{U_k} \geq 1,1, \quad (4.38)$$

čia G_s^* – tarnybos tiltelių, šachtos, joje esančių uždorių, lovių (jei jų yra), vidinės šachtos (jei šachta dviguba) ir joje esančio vandens, taip pat grunto, esančio virš šachtos pamatų, svoris.

Aukštoms (>10 m) šachtoms dar reikia apskaičiuoti pastovumą apvertimui dėl grunto, bangų ar ledo šoninio spaudimo į šachtą. Tais atvejais, kai nustatytų matmenų šachta neturi reikiamo pastovumo iškėlimui ar apvertimui, rekomenduojama šachtą „įtraukti“ į žemių užtvanką. Šachtos pastovumą galima reikiamai padidinti didinant jos pado matmenis, bet tai didina šachtos kainą.

4.4. Kaušinės pertekliaus vandens pralaidos

Kaušinės PVP iš esmės yra šachtinių PVP variantas, gaunamas maksimaliai mažinant šachtos aukštį ir atitinkamai didinant vamzdyno nuolydį.

Kaušinės pralaidos gali būti taikomos tik tais atvejais, kai daliniam arba visiškam vandens saugyklos vandens išleidimui yra kitokia pralaida arba vandens išleidimas iš viso nereikalingas. Jų taikymui būtinos ir specialios topografinės sąlygos, leidžiančios didelio nuolydžio vamzdžius kloti ant nejudinto grunto.

Kaušo vandens liejimosi perimetras hidrauliškai apskaičiuojamas taip pat kaip ir šachtinės pralaidos. Patvenkto slenksčio bei ištekėjimo per „trumpą“ vamzdį režimas netaikomas.

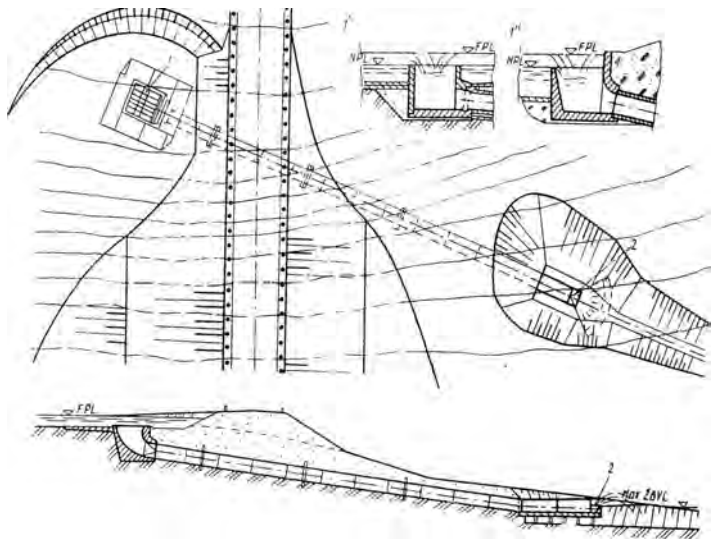
Kaušo minimalus gylis turi būti ne mažesnis už vandens patvankos aukštį prieš vamzdį H_{pt}^* , reikalingą skaičiuojamajam debitui per vamzdį praleisti. H_{pt}^* vertė priklauso nuo tėkmės režimo vamzdyne. Jis turi būti suprojektuotas taip, kad jame būtų neslėginis arba pusiau slėginis tėkmės režimas ir neišsivystytų didesni negu anksčiau nurodyti greičiai.

Turint omeny, kad paprastai kaušinių PVP vamzdyno nuolydis yra didesnis už kritišką, neslėginio režimo atvejis susidaro, kai $H_{pt}' < a$, čia a – vamzdžio aukštis. Šiuo atveju apskaičiuojama, pavyzdžiui, pagal [15, p.62] pateiktas formules.

Pusiau slėginio režimo atveju $H_{pt} > a$, apskaičiuojama pagal [15, p.63] pateiktas formules.

Kaušinių pralaidų žemutiniame bjefe visada bus dugninis tėkmės režimas, palankus audringai tekmei raminti.

Vandens ramavimo baseinas projektuojamas pagal tuos pačius principus kaip ir šachtinių pralaidų VRB, tik šiuo atveju, norint rasti pirmą susietąjį gylį h' , reikės



4.4 pav. Kaušinė vandens pralaida: aptakios formos kaušas: 1I - supaprastintas kaušas; 1II - kaušas su daliniu tekėjimo perimetru; 2 - ištekėjimas su „purkštuvu“

nustatyti vandens laisvojo paviršiaus vamzdyje padėtį, apskaičiuavus slūgio kreivę, pvz., pagal [16].

4.5. Sifoninės pertekliaus vandens pralaidos

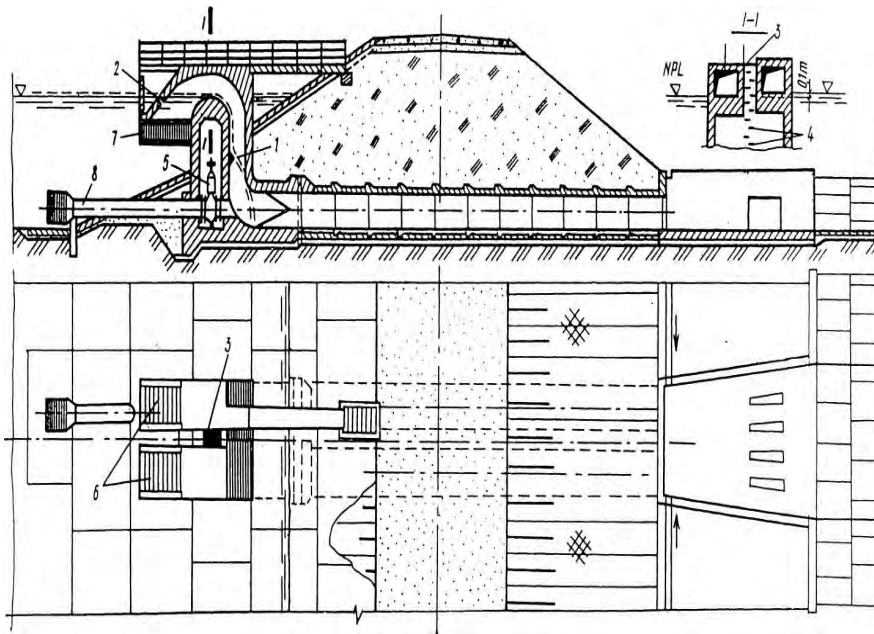
Šiose pralaidose vietoje šachtos statomas sifoninis antgalis, trumpiau tariant, sifonas. Konstrukcinis jo schemas variantas pateiktas 4.5 paveiksle. Sifonui pakanka minimalaus AB VL forsavimo aukščio (0,10 – 0,20 m), taigi galima geriau išnaudoti vandens saugyklos tūrį, sudaryti didesnę patvankos aukštį. Tačiau sifono statyba ir eksploatacija sudėtingesnė, jo hidraulinis veikimas netolyginis. Paprasčiausia sifoninė PVP gali būti lenktas vamzdis. Priekinė jo dalis paneriama žemiau NPL per 0,7 – 1,0 m. Lanksmo apatinės dalies altitudė atitinka vandens saugyklos NPL.

Galinė vamzdžio dalis baigiasi vandens ramino baseine. Formuojantis MaxPL, per vamzdį tekantis vanduo palengva išneša iš vamzdžio orą, ir sifonas įsijungia – vanduo ima tekėti visu vamzdžio skerspjūviu. Jo gabaritai nustatomi hidrauliniams skaičiavimams pagal „trumpo“ vamzdžio formules. Šitokia PVP tinka tik nedideliems debitams praleisti [20].

Tobulesnė sifoninė PVP turi specialų gelžbetoninį sifoninį antgalį, atstojančią šachtinės PVP šachtą. Antgalis privalo užtikrinti sklandų sifono įsijungimą ir išsijungimą esant nedideliam forsavimo aukščiui (0,2 – 0,4 m), reikiamą pralaidumą, ribotą vakuumą ir kitus reikalavimus.

Žinoma, yra labai daug sifoninio PVP antgalio konstrukcinių variantų [17, 20].

Sifoninės PVP pranašumai ir trūkumai išvardyti anksčiau; papildomai pažymėtinas ribotas patvankos aukštis, t. y. $\leq 10 - 12$ m.

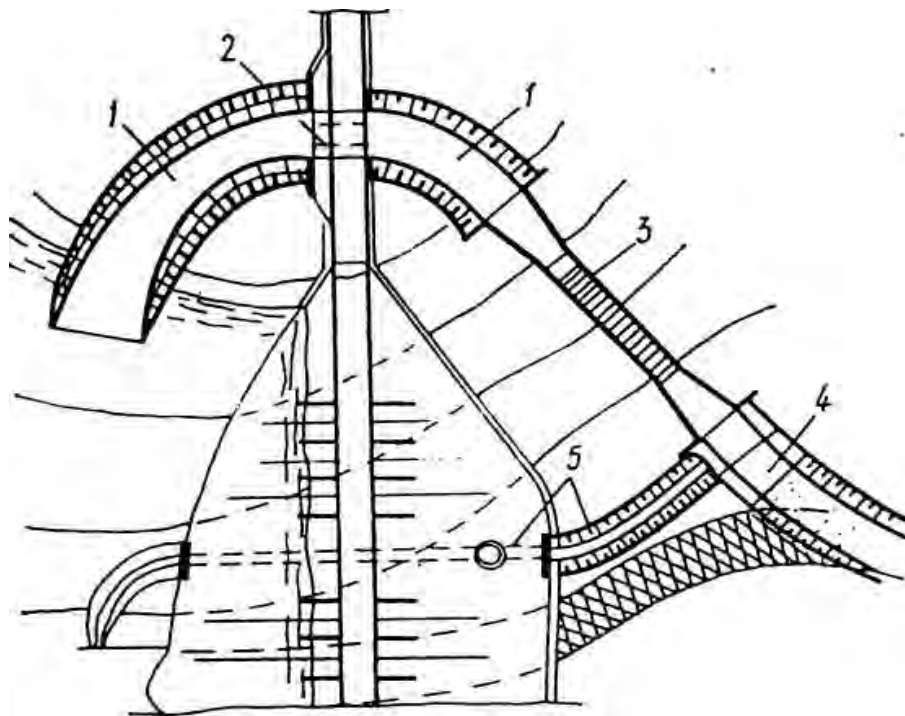


4.5 pav. Sifoninė vandens pralaida:

1 – čiurkšlės nukreipimo briauna; 2 – oro anga; 3 – liuko nusileisti prie sklendės dangtis; 4 – kabės; 5 – sklendė; 6 – viršutinės grotos; 7 – žemutinės grotos; 8 – vandens išleistuvo vamzdis

4.6. Aptekėjimo kanalai

Jie trasuojami šalia užtvankos, todėl padidina viso hidromazgo patikimumą, tačiau jų statybai reikia palankių topografinių ir geologinių sąlygų, būtinas atskiras dugninis išleistuvas 4.6 paveiksle.



4.6 pav. Aptekėjimo kanalas:

1 – aptekėjimo kanalas; 2 – šliuzas reguliatorius; 3 – greitvietė; 4 – nutekėjimo kanalas;
5 – vandens išleistuvas

4.7. Šachtos statybos darbai

Įvadinės pastabos

Vamzdynių VP statybos vieta hidromazge nustatoma atsižvelgiant į vietovės sąlygas. Pertekliaus/potvynio vandens pralaidoms (PVP) labai svarbios statybinio debito pralaidimo galimybės (žr. 4.3 poskyryje). Palankesnės vamzdynių PVP statybos sąlygos susidaro statant jas upės salpoje, o statybinį debitą praleidžiant upės vage. Vamzdynę PVP racionaliausia pastatyti sausuoju metų laiku ir taip, kad būtų galima kartu užbaigti žemės užtvankos bei kitų hidromazgo HTS statybą iki pavasario potvynio. Tada statybinis debitas priklauso nuo palyginus nedidelio metų sausmečio debito, kurio pralaidimas ir paprastesnis, ir pigesnis. Bet kokių vamzdynių VP pagrindines ašis nužymi statytojas (užsakovas) arba rangovas, dalyvaujant statytojo atstovui. Nužymint turi būti laikomasi ST 120793378.01.2004 reikalavimų. Papildomą VP nužymėjimą atlieka rangovas. Pagrindiniai PVP įtekėjimo dalies statybos darbai siejasi su šachtos, kaušo ar su šachtos, kaušo ar sifono įtekėjimo antgalio vandens išleistuvui statyba.

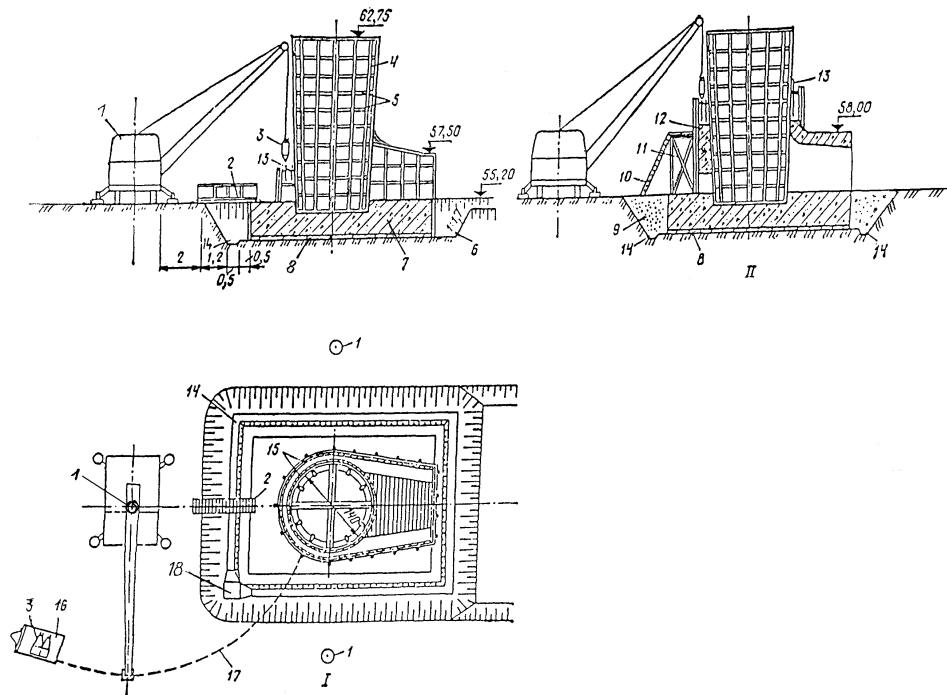
Šachtos statybos darbai

Šachtos ir ŽU statybos vietos paruošiamos kartu. Šachtos pamatų duobė kasama paženklus jos kontūrus ir įtvirtinus aukščių kontrolės atraminius įtaisus–aptvarus, šablonus, pastovias vizires, kaip nurodyta ST 120793378.01:2004. Pamatų duobė kasama vienakaušiu ekskavatoriumi, neiškasant iki projekcinio gylio 5–10 cm. Iki projekcinio gylio iškasama ir dugnas išlyginamas rankomis, didelėse pamatų duobėse – buldozeriais prieš pat betono klojimą. Pamatų duobei nusausti įrengiami adatiniai filtrai (smėliniuose gruntuose) arba vandens surinkimo tranšėjos ir duobės vandeniui išsiurbti (moliniuose gruntuose); (žr. 4.7 pav.). Pamatų duobės dugne paklojamas 10 cm paruošiamasis lieso C6/7,5 klasės betono sluoksnis. Klojiniai įrengiami ir paruošiami betonavimui laikantis šių Taisyklių XVIII skyriaus reikalavimų.

Šachtos pamatas turi būti betonuojamas vadovaujantis ST 120793378.01:2004 nurodymais vartojant hidrotechninį betoną. Į pamatą pagal projektą įbetonuojami šachtos vertikaliųjų sienų armatūros strypai pirmajam sienų betonavimo etapui, įdėtinės dalys dugniniams uždoriams (žr. 4.7 pav.). Šachtos sienos betonuojamos etapais po 1,5 m aukščio, kiekvieną kartą įtaisant armatūros strypynus bei įdėtinės dalis kitam etapui betonuoti. Vidiniai klojiniai šachtos sienoms betonuoti daromi per visą šachtos aukštį, o išoriniai klojiniai – etapais, kad būtų galima suvirinti armatūrą, įtvirtinti įdėtinės dalis, supilti ir sutankinti betono mišinį. Pastovaus skerspjūvio šachtų sienoms betonuoti geriau tinka slenkantieji klojiniai. Betonuojant slenkančiuose klojiniuose, pirmiausia jie užpildomi 60–70 cm storio betono mišinio sluoksniu, po 2,5–3,5 val. klojiniai pamažu pradedami kelti į viršų. Nenutrūkstamai keliant į viršų klojinius, betono mišinys klojamas 20–40 cm storio sluoksniais. Klojinių kėlimo greitis turi būti toks, kad betono mišinys nesukibtų su klojiniais ir nebūtų pažeistas konstrukcijos paviršius. Negalima daryti ilgesnių kaip 2–3 val. pertraukų. Betono mišinys į klojinius tiekiamas betono mišinio dėžėmis (žr. 4.7 pav.) arba betono siurbliais. Betono mišinys sutankinamas giluminiais vibratoriais laikantis ST 120793378.01:2004 reikalavimų. Sukietėjus betonui, klojiniai nuimami ir ištaisomi leistini betonavimo defektai. Šachtos klojiniai nuimami betonui įgijus 0,2–0,3 N/mm² (2–3 kg/cm²) stiprį.

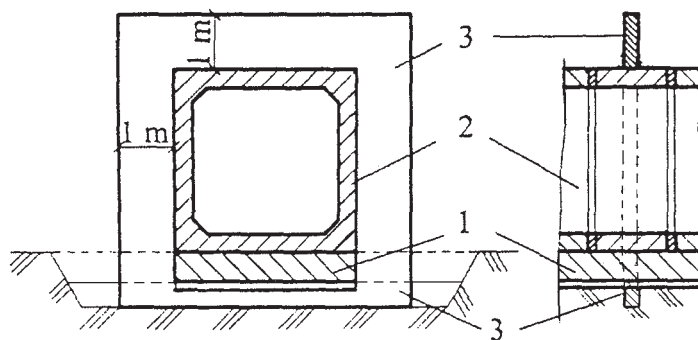
Atskirą darbų etapą sudaro šachtos taurelių, šachtos apžiūros tiltelio betonavimas, apžiūros tiltelio turėklų įtaisymas. Šachtos apžiūros tiltelis sujungiamas su žemės užtvanka tarnybos tilteliu su turėklais (4.7 pav.). Detalūs betonavimo bei kiti darbai vykdomi ir kokybė tikrinama vadovaujantis specialiais normatyviniais dokumentais.

Baigiant visos šachtinės PVP statybą į šachtą įmontuojami uždoriai ir jų valdymo įranga. Detaliau apie ŽU ir PVP statybos darbus ir technologines schemas aprašyta prof. L. Katkevičiaus darbuose [12,13,14].



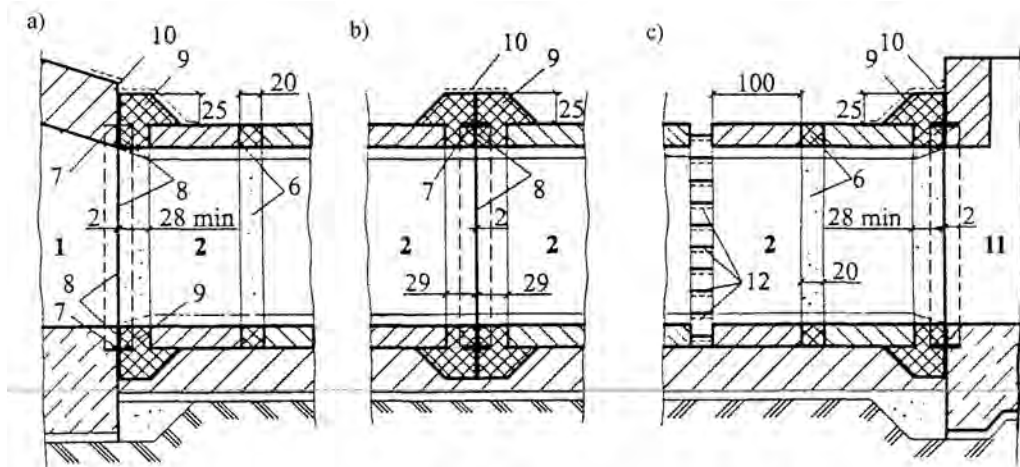
4.7 pav. Šachtos statybos technologinė schema (matmenys metrais):

I-II – šachtos betonavimo pirmas, antras ir trečias etapai; 1 – autokranas (autokrano stovėjimo vietos); 2 – tiltelis; 3 – betono mišinio dėžės; 4 – vidaus klojinių vertikalūs statramsčiai; 5 – vidaus klojinių horizontalūs tašai; 6 – pamatų duobė; 7 – šachtos pamatas; 8 – betono paruošiamasis sluoksnis; 9 – supiltas gruntas; 10 – laiptai; 11 – pastoliai; 12 – paklotas betono mišinys; 13 – armatūra; 14 – besifiltruojančio ir lietaus vandens surinkimo grioveliai; 15 – klojinių lentos; 16 – skydas; 17 – autokrano veikimo zona; 18 – duobė vandeniui išsiurbti



4.8 pav. Stačiakampio vamzdyno antifiltracinės diafragmos fragmentas:

1 – vamzdyno pamatas; 2 – vamzdis; 3 – antifiltracinė diafragma



4.9 pav. Stačiakampių gelžbetoninių vamzdžių detalės:

a – šachtos (sifono, kaušo) ir vamzdyno sujungimas-deformacinė siūlė; *b* – vamzdyno deformacinė siūlė; *c* – vamzdyno ir VRB sujungimas-deformacinė siūlė; 1 – šachta; 2 – vamzdžio sekcija; 3 – cemento skiedinys; 4 – vamzdyno pamatas; 5 – paruošiamasis sluoksnis; 6 – vamzdžių sekcijų gelžbetoninė jungtis; 7 – profilinės gumos juosta; 8 – impregnuotas veltinis; 9 – siūlių gelžbetoninė jungtis; 10 – klijuotinė hidroizoliacija; 11 – VRB

LITERATŪRA

1. STR 1.05.01:1997 Statinio projekto rengimo tvarka.
2. LST 1330:1995 Betonas. Charakteristikos, ruošimas, klojimas, atitikties požymiai.
3. STR 2.01.01 (1):99 Esminiai statinio reikalavimai. Mechaninis patvarumas ir pastovumas.
4. STR 2.01.01 (3):99 Esminiai statinio reikalavimai. Higiena, sveikata, aplinkos apsauga.
5. STR 2.01.01 (4):99 Esminiai statinio reikalavimai. Naudojimo sauga.
6. STR 2.05.14:2004 „Hidrotechninių statinių pagrindai“ (Žin., 2005, Nr. 36-1189)
7. STR 2.05.04:2003 „Poveikiai ir apkrovos“ (Žin., 2004, Nr. 130-4681)
8. STR 2.05.17:2005. „Gruntinių medžiagų užtvankos“ (Žin., 2006, Nr. 19-664)
9. STR 2.05.18:2005. „Betoninės ir gelžbetoninės užtvankos ir jų konstrukcijos“ (Žin., 2006, Nr. 23 - 758)
10. STR 2.02.05:2004 „Hidrotechniniai statiniai. Pagrindinės nuostatos“ (Žin., 2004, Nr. 90-2818)
11. STR. 1.05.01:1997. Statinio projekto rengimo tvarka.
12. Firmų statybos taisyklės / Hidrotechninės statybos darbai. ST 120793378.05:2005 / V. Damulevičius, Č. Ramonas (vad.), Z. Rimkus, B. Ruplys, K.A. Vaišvila ir kt.
13. Hidrotechninė statyba: Metodiniai patarimai / V.Damulevičius, Č.Ramonas, Z.Rimkus, B. Ruplys, K.A.Vaišvila ir kt.; sudarė Č.Ramonas. Akademija: LŽŪU leidybos centras. ISBN 9955-448-02-4, 2000, –324p.
14. Hidrotechnikos statinių projektavimas: Metodiniai patarimai/V.Damulevičius, Č.Ramonas, Z.Rimkus, B.Ruplys ir kt.; Sudarė Z.Rimkus. Akademija: LŽŪU leidybos centras. 2001, 125p.
15. Nurodymai melioracijos projektams sudaryti. VI dalis. Hidrotechniniai statiniai. K.: (RVŪPI), 1977.183 p.
16. Dabužinskas K.Hidraulika. V.: Mokslas, 1984.
17. Design of small dams. 3 rd ed. (Washington): USBR, 1987. 860 p.
18. Hydraulic structures // P.Novak, A.I.B. Moffat, C.Nalluri, R. Narayanan. Znd ed. London,..., Madras: E&FN SPON, 1996, 599 p.
19. Poška A., Punys P. Inžinerinė hidrologija. K.: 1996, 452 p.
20. Ruplys B. Hidrotechniniai statiniai. V.: Mokslas, 1988, 344 p.
21. Гидравлические расчеты водосборных гидротехнических сооружений: Справочное пособие. М.: Энергоатомиздат, 1988, 624 с.
22. Гидротехнические сооружения // Л.Н. Рассказов, В. Г. Орехов, Ю.М. Правдивец и др. -и. 1; 2. Москва: Стройиздат, 1996, Ч.1, с.440, ч. 2, с. 344.
23. Гидротехнические сооркжения //Справочник проектировщика. М. Стройиздат, 1983, 450 с.

Tiražas 250 vnt.
Spausdino UAB „Ardiva“
Jonavos g. 254, LT-44132, Kaunas,
Tel.: (8-37) 36 34 01; Faks.: (8-37) 33 47 34;
El. p.: info@ardiva.lt; www.ardiva.lt.