



**VALSTYBINĖS METROLOGIJOS TARNYBOS
DIREKTORIUS**

**ĮSAKYMAS
DĖL BENDROSIOS PATIKROS METODIKOS BPM 300637345-01:2013 PATVIRTINIMO**

2013 m. vasario 27 d. Nr. V-37
Vilnius

Vadovaudamasis Lietuvos Respublikos metrologijos įstatymo (Žin., 1996, Nr. 74-1768, 2006, Nr. 77-2966) 19 straipsnio 8 dalimi bei Matavimo priemonių ir matavimo sistemų patikros metodikų rengimo, vertinimo, koregavimo ir apskaitos tvarkos, patvirtintos Valstybinės metrologijos tarnybos direktoriaus 2010 m. gruodžio 8 d. įsakymu Nr. V-120, 15 punktu:

1. T v i r t i n u bendrąją patikros metodiką BPM 300637345-01:2013 „Skystų produktų talpyklų patikra 3D lazerinio skenavimo metodu“ (pridedama).

2. Į p a r e i g o j u Metrologijos skyrių nustatyta tvarka perduoti patvirtintos bendrosios patikros metodikos originalą į AB „Vilniaus metrologijos centras“ patikros metodikų fondą.

Direktorius



Daivis Zabulionis

Parengė

Alma Gaižienė

PATVIRTINTA

Valstybinės metrologijos tarnybos

2013 m. vasario 27 d. direktoriaus
įsakymu Nr. V-34

SKYSTŲ PRODUKTŲ TALPYKLŲ PATIKRA 3D LAZERINIO SKENAVIMO METODU

BENDROJI PATIKROS METODIKA

BPM 300637345-01:2013

Parengė
Kauno technologijos universiteto
Metrologijos instituto direktorė

Patikrino
Valstybinės metrologijos tarnybos
Metrologijos skyriaus vedėja

Asta Meškuotienė
2013 - 01 - 23

Gerda Krukonienė
2013-02-26

Tiesioginis rengėjas
Kauno technologijos universiteto
Elektroninių ir matavimo sistemų katedros
vedėjas

Vytautas Krivėva
2013 - 01 - 22

TERMINAI IR APIBRĖŽIMAI

Talpyklos vardinė talpa (V_v) – didžiausias skysčio, kuris gali būti saugomas talpykloje, tūris. Talpyklos vardinė talpa įvertinama, atsižvelgiant į talpyklos eksploatavimo sąlygas ir nurodoma m^3 (suapvalinant iki sveiko skaičiaus).

Lygio matavimo anga – anga talpyklos viršutinėje dalyje, per kurią matuojamas užpildymo lygis arba kurioje įrengiamas užpildymo lygio matuoklis.

Vertikalieji lygio matavimo ašis – vertikali linija, einanti per lygio matuoklio liuko centrą ir atitinkanti užpildymo lygio matavimo vietą.

Vertikalieji lygio atskaitos ašis – vertikali linija, einanti per viršutinį atraminį ir pradinį lygio taškus. Vertikalieji lygio matavimo ir vertikalieji lygio atskaitos ašys gali nesutapti.

Pradinis lygio taškas (anglų k. – Dipping datum point) – vertikalsios lygio atskaitos ašies ir atraminės plokštės viršutinio paviršiaus arba talpyklos dugno (jei atraminės plokštės nėra) sankirtos taškas. Pradinis lygio taškas atitinka užpildymo lygio matuoklio atskaitos pradinį tašką (nulinį lygio rodmenį).

Viršutinis atraminis taškas – aiškiai pažymėtas vertikalsios lygio atskaitos ašies taškas, kurio atžvilgiu yra matuojamas talpyklos atraminis aukštis.

Atraminis aukštis (H_R) – atstumas tarp pradinio lygio taško ir viršutinio atraminio taško, išmatuotas išilgai vertikalsios lygio atskaitos ašies, esant norminėms sąlygoms.

Neužpildytas lygis – atstumas tarp saugomo skysčio laisvojo paviršiaus ir viršutinio atraminio taško, išmatuotas išilgai vertikalsios lygio atskaitos ašies.

Aukščiausias dugno taškas – aukščiausias talpyklos dugno taškas, kuris yra vėliausiai užliejamas, užpildant talpyklą.

Konstruktinis elementas (anglų k. – Deadwood) – bet koks talpyklos konstrukcijos arba įrangos elementas, įtakojantis talpyklos tūrį. Konstrukcinio elemento tūris priimamas teigiamu, jei jis padidina talpyklos talpą, ir priimamas neigiamu, jei jis sumažina talpyklos talpą.

Talpyklos pradinė talpa (V_0) – skysčio tūris, užpildantis talpyklą iki pradinio lygio taško.

Gradavimo lentelė - ryšys tarp užpildymo lygio ir talpyklos talpos, pateiktas lentelės forma.

Graduotoji zona – užpildymo lygių intervalas, kurį apima gradavimo lentelė. Gradavimo lentelė sudaroma užpildymo lygių intervalui nuo užpildymo lygio, atitinkančio pradinį lygio tašką ($H = 0$), iki užpildymo lygio H_{max} , atitinkančio talpyklos vardinę talpą.

Tūrio matavimo žemutinė riba (V_{min}) – minimali talpyklos talpa, nuo kurios pradėdant gradavimo neapibrėžtis neviršija leidžiamosios paklaidos normos. Tūrio matavimo žemutinė riba priklauso nuo talpyklos konstrukcijos bei jos gradavimo metodo ir nustatoma pirminės patikros metu.

Talpyklos juosta – talpyklos juosta vadinamas horizontalus vienodo aukščio metalinių lakštų žiedas, sudarantis talpyklos sienos dalį.

Talpyklos pjūvio plokštuma - įsivaizduojama horizontali plokštuma, kertanti talpyklą. Tūris apskaičiuojamas, pjūvio plokštumos plotą dauginant iš atstumo tarp pjūvio plokštumų.

Plaukiojantis stogas – talpyklos stogas - išorinis talpyklos stogas, kurio padėtis vertikalia kryptimi priklauso nuo talpyklos užpildymo lygio.

Plaukiojanti danga. – papildomas talpyklos stogas, kurio padėtis vertikalia kryptimi priklauso nuo talpyklos užpildymo lygio. Talpyklose, kuriose įrengta plaukiojanti danga yra ir išorinis (stacionarus) talpyklos stogas, kurio padėtis vertikalia kryptimi nepriklauso nuo talpyklos užpildymo lygio.

1. ĮVADAS

1.1. Ši metodika skirta požeminėms bei antžeminėms horizontaliosioms ir vertikaliosioms skystų produktų talpykloms, naudojamoms kaip tūrio matavimo priemonės, ir numato metodus bei priemones, naudojamus, vykdant jų pirminę ir periodinę patikrą. Ši metodika netaikoma vertikaliosioms talpykloms su įrengta plaukiojančia danga ir plaukiojančiu stogu.

1.2. Užpildymo lygio, temperatūros bei slėgio matavimo priemonės, įrengtos talpykloje, yra talpyklos (arba talpyklų komplekso) apskaitos sistemos dalys, ir jų patikra atliekama pagal apskaitos sistemos patikros metodiką (jeigu nėra numatyta išmontuoti sistemos dalis) arba atskirasias šių matavimo priemonių patikros metodikas.

1.3. Patikrai pateikiama:

- talpyklos brėžinių komplektas (patvirtintas nustatyta tvarka);
- talpyklos gradavimo lentelė (tik atliekant periodinę patikrą);
- talpykla (tuščia, išvalyta ir degazuota);
- pažymos, nurodytos 6.1 ir 6.2. punktuose.

1.4. Talpyklai turi būti priskirtas sąlyginis identifikavimo šifras, leidžiantis ją identifikuoti tarp kitų talpyklų (tame tarpe tarp to paties užsakovo talpyklų).

1.5. Patikros metodika sudaryta, atsižvelgiant į:

1.5.1. OIML R 71 Fixed storage tanks – General requirements;

1.5.2. LST ISO 7507-1:2004 Nafta ir skystieji naftos produktai. Vertikaliųjų cilindrinėse rezervuarų kalibravimas. 1 dalis. Apmatavimo metodas (tpt ISO 7507-1:2003);

1.5.3. LST ISO 7507-2:2006 Nafta ir skystieji naftos produktai. Vertikaliųjų cilindrinėse rezervuarų kalibravimas. 2 dalis. Optinės pamatinės linijos metodas (tapatus ISO 7507-2:2005);

1.5.4. LST ISO 7507-4:2010 Nafta ir skystieji naftos produktai. Vertikaliųjų cilindrinėse rezervuarų kalibravimas. 4 dalis. Atstumo vidinio elektrooptinio matavimo metodas (tapatus ISO 7507-4:2010);

1.5.5. BPM 8871101-96/1:2005 Skystų produktų talpyklos (vardinė talpa 3 – 200 m³);

1.5.6. BPM 8871101-85:2004 Vertikalios cilindrinės talpyklos (su išorine termoizoliacija).

2. KONTROLUOJAMI METROLOGINIAI PARAMETRAI IR JŲ NORMOS

2.1. Patikros metu kontroliuojami metrologiniai parametrai nurodyti 1 lentelėje.

1 lentelė. Kontroliuojami metrologiniai parametrai ir jų normos

Parametro pavadinimas	Parametro vertė	Leidžiamas parametro nuokrypis
Tūrio matavimo ribos	$V_{\min} - V_V$	–
Talpyklos gradavimo paklaida:		
- vertikaliosioms cilindrinėms talpykloms	–	±0,2 %
- horizontaliosioms cilindrinėms talpykloms		±0,3 %
- kitoms talpykloms		±0,5 %

3. PATIKROS VEIKSMAI

3.1. Patikros metu atliekami veiksmai nurodyti 2 lentelėje.

2 lentelė. Patikros veiksmai

Veiksmo pavadinimas	Metodikos punkto Nr.	Pirminė patikra	Periodinė patikra
Regimoji kontrolė	8.1.	Taip	Taip
Talpyklos paruošimas gradavimui	8.2.	Taip	Taip
3D lazerinis skenavimas ir duomenų apdorojimas	8.3.	Taip	Taip
Gradavimo lentelės sudarymas	8.4.	Taip	Taip
Tūrio matavimo ribų nustatymas	8.5.	Taip	Ne
Tūrio matavimo ribų ir talpyklos gradavimo paklaidos įvertinimas	8.6.	Ne	Taip

3.2. Talpyklos gradavimo lentelės pirmame (tituliniame) lape turi būti nurodyta:

- gradavimą atlikusios organizacijos pavadinimas ir rekvizitai;
- talpyklos savininkas;
- talpyklos sąlyginis identifikavimo šifras;
- gradavimo lentelės numeris.

3.3. Talpyklos gradavimo lentelės antrame lape turi būti nurodyta:

- talpyklos savininkas;
- talpyklos sąlyginis identifikavimo šifras;
- gradavimo lentelės numeris;
- talpyklos atraminis aukštis (H_R);
- talpyklos gradavimo norminė temperatūra (15°C);
- talpyklos talpos, atitinkančios temperatūrą $t \neq 15^{\circ}\text{C}$, apskaičiavimo formulė (tik antžeminėms talpykloms);
- saugomo skysčio tankis ir leidžiama tankio tolerancija (tik vertikaliosioms cilindrinėms talpykloms ir, kai talpyklos talpos pokytis dėl slėgio poveikio neviršija 0,025%).

3.4. Talpyklos gradavimo lentelės kiekviename sekančiame lape turi būti nurodyta:

- talpyklos sąlyginis identifikavimo šifras;
- gradavimo lentelės numeris;
- saugomo skysčio tankis ir leidžiama tankio tolerancija (tik vertikaliosioms talpykloms).

4. PATIKROS PRIEMONĖS

4.1. Etaloninės matavimo priemonės, naudojamos patikros procese, nurodytos 3 lentelėje.

3 lentelė. Etaloninės matavimo priemonės

Matavimo priemonės pavadinimas	Matavimo priemonės charakteristikos		Rekomenduojamas tipas	Pastabos
	Matavimo ribos	Paklaida		
3D skeneris: – atstumas – atstumo matavimo triukšmas (anglų k. – range noise) – horizontalus kampas – vertikalus kampas	(1,0 ... 50) m	±2mm ±3mm 0,01° (0,174mrad) 0,01° (0,174mrad)	–	–
Etaloninis lygiomatuoklis (ruletė su svoriu; metrolazdė)	H_R	II klasė; ±1,5 mm	–	–
Slankmatis	(0...125) mm	± 0,1 mm	–	–
Ruletės	(0...5) m (0...20) m	II klasė	–	–

Čia: H_R - talpyklos atraminis aukštis

Pastabos:

1. Etaloninės matavimo priemonės turi būti kalibruotos. Etaloninių matavimo priemonių paklaidos, paskaičiuotos, remiantis jų kalibravimo duomenimis, neturi viršyti 3 lentelėje nurodytų verčių.

2. Gali būti naudojamos kitų tipų etaloninės matavimo priemonės, jei jų charakteristikos tenkina 3 lentelėje nurodytus reikalavimus.

4.2. Pagalbinės priemonės, naudojamos patikros procese, nurodytos 4 lentelėje.

4 lentelė. Pagalbinės priemonės

Pagalbinės priemonės pavadinimas	Pagalbinės priemonės charakteristikos		Rekomenduojamas tipas	Pastabos
	Parametro pavadinimas	Reikšmė		
Termometras	Matavimo ribos	(-10 ... 40)°C		Paklaida ±0,5 °C

Pastabos:

1. Gali būti naudojamos kitų tipų pagalbinės priemonės, jei jų charakteristikos tenkina 4 lentelėje nurodytus reikalavimus.

2. Matavimo funkciją turinčios pagalbinės patikros priemonės turi būti kalibruotos arba joms turi būti atlikta patikra.

5. LEIDŽIAMŲ IŠORINIŲ POVEIKIŲ

Patikra vykdoma, esant šioms sąlygoms:

- aplinkos temperatūra neviršija skenerio charakteristikose pateiktų darbo temperatūrų ribų.

6. DARBŲ SAUGOS REIKALAVIMAI

6.1. Patikra gali būti atliekama, tik pateikus pažymą apie talpyklos atitikimą darbų saugos reikalavimams.

6.2. Patikra gali būti atliekama, tik pateikus pažymą apie talpyklos išvalymą ir degazavimą.

6.3. Atliekant patikrą, turi būti vykdomi saugos reikalavimai, nurodyti aktualiose šių dokumentų redakcijose:

- Lietuvos Respublikos Darbuotojų saugos ir sveikatos įstatymas (Žin., 2003, Nr. 70-3170).
- Saugos, eksploatuojant elektros įrenginius, taisyklės, patvirtintos Lietuvos Respublikos energetikos ministro 2010 m. kovo 30 d. įsakymu Nr. 1-100 (Žin., 2010, Nr.39-1878);

6.4. Atliekant patikrą, turi būti vykdomi saugos reikalavimai, nurodyti tikrinamosios talpyklos eksploatacijos instrukcijoje.

7. PASIRUOŠIMAS PATIKRAI

Prieš patikrą būtina:

- susipažinti su tikrinamosios matavimo priemonės ir etaloninių matavimo priemonių eksploatavimo dokumentais ir šia metodika;
- įsitikinti, kad etaloninių matavimo priemonių charakteristikos atitinka jų kalibravimo duomenis;
- įsitikinti, kad aplinkos sąlygos atitinka leidžiamas išorinių poveikių atžvilgiu;
- patikrinti pagalbinių priemonių tinkamumą.

8. PATIKROS VYKDYMO TVARKA

8.1. Regimoji kontrolė.

8.1.1. Patikrai turi būti pateikti dokumentai ir įrenginiai, nurodyti 1.4. punkte.

8.1.2. Talpyklos konstrukcija turi atitikti patvirtintus talpyklos brėžinius:

- turi būti įrengti visi brėžiniuose numatyti liukai;
- vidinių konstrukcinių elementų matmenys turi atitikti nurodytus brėžiniuose (tikrinkite vizualiai; matmenis, dėl kurių kyla abejonės, išmatuokite).

Jei talpyklos konstrukcija neatitinka talpyklos brėžinių, tai šis neatitikimas turi būti pašalintas ir patikra atliekama pirminės patikros apimtyje.

8.1.3. Prie talpyklos šalia lygio matavimo angos ar lygio matuoklio įrengimo vietos turi būti pritvirtinta informacinė lentelė, kurioje turi būti nurodyta:

- talpyklos identifikacinis numeris;
- talpyklos atraminis aukštis (H_R), išreikštas milimetrais;
- talpyklos nominali talpa, išreikšta m^3 .

Rekomenduojama talpyklos informacinėje lentelėje nurodyti:

- talpyklos gradavimo ir patikros datą;
- gradavimą ir patikrą atlikusios institucijos pavadinimą.

8.1.4. Talpykloje neturi būti susikaupusių sąnašų.

8.1.5. Talpykloje gali būti įrengtos (laikinos arba nuolatinės) priemonės (kopėčios, laiptai, aikštelės ir t.t.), palengvinančios gradavimo atlikimą, jei to reikalauja patikrą atliekanti organizacija.

8.2. Talpyklos paruošimas gradavimui.

8.2.1. Parinkite vieną ar kelis skenerio pastatymo taškus, kad būtų užtikrintas pakankamas visų skenuojamų paviršių (talpyklos sienos, vidiniai konstrukciniai elementai) matomumas.

8.2.2. Atraminio aukščio nustatymas. Išmatuokite atstumą tarp talpyklos pradinio lygio taško ir talpyklos viršutinio atraminio taško (H'_R). Pagal (1) formulę apskaičiuokite talpyklos atraminį aukštį (H_R), esant norminėms sąlygoms (15°C):

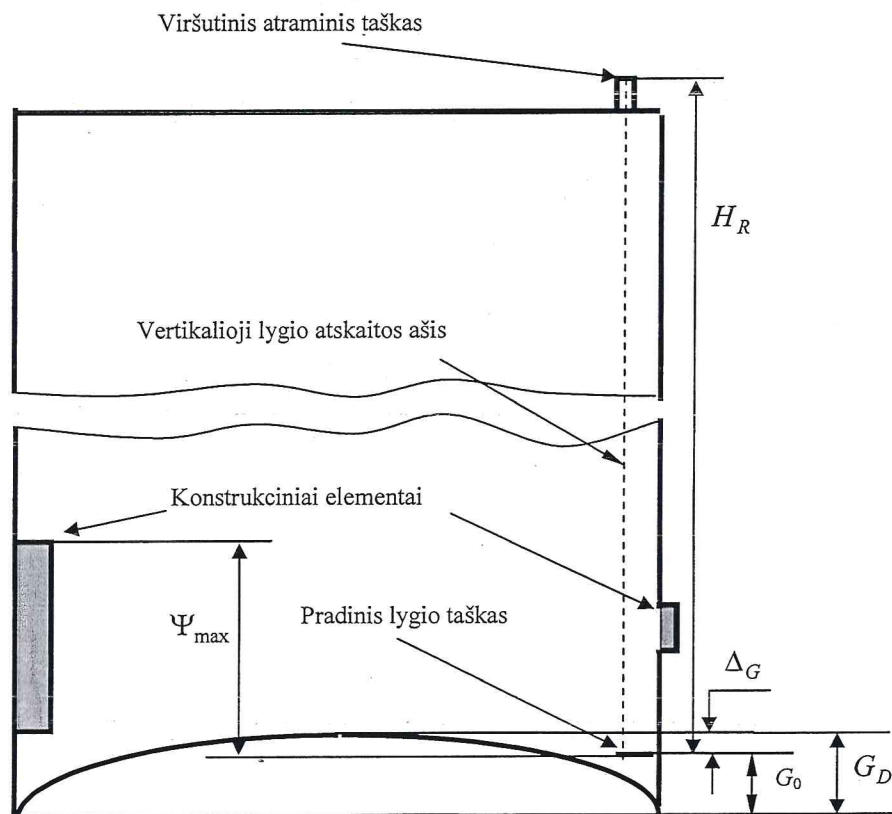
$$H_R = H'_R \cdot [1 + (\alpha_{mj} - \alpha_{tk}) \cdot (T_{tk} - 15)], \text{ mm} \quad (1)$$

Čia: α_{tk} – talpyklos sienų medžiagos linijinis temperatūrinis plėtimosi koeficientas;

α_{mj} – matavimo ruletės medžiagos linijinis temperatūrinis plėtimosi koeficientas;

T_{tk} – talpyklos sienų temperatūra H'_R matavimo metu.

8.2.3. Vertikaliosioms talpykloms išmatuokite atstumą tarp pirmosios juostos apatinės briaunos ir pradinio lygio taško (matmuo G_0 1 pav.).



1 pav. Vertikalioji talpykla

8.2.4. Vertikaliosioms talpykloms sudarykite konstrukcinių elementų tūrių lentelę (5 lentelė).

Konstrukcinių elementų tūrių lentelė sudaroma pagal jų geometrinių matmenų matavimo rezultatus arba remiantis talpyklos brėžiniais.

5 lentelė. Konstrukcinių elementų tūrių lentelė

Užpildymo lygis (H), mm	$K1_H$	$K2_H$	$K3_H$	ΣK_H	$u(\Sigma K_H)$
Z_1						
Z_2						
Z_3						
.....						
Z_{\max}						

Čia: Z_1, Z_2, Z_i – atstumas nuo lygio H_0 iki i-tojo lygio, kuriame keičiasi konstrukcinių elementų tūrių sumos dalis, tenkanti vieno mm užpildymo lygių pokyčiui;

$K1_H, K2_H, Ki_H$ – atitinkamo lokalaus konstrukcinio elemento tūrio dalis, esanti tarp užpildymo lygių Z_{i-1} ir Z_i ;

ΣK_H – visų konstrukcinių elementų tūrių, esančių tarp užpildymo lygių Z_{i-1} ir Z_i , algebrinė suma;

Z_{\max} – aukščiausio konstrukcinio elemento viršutinio taško atstumas iki H_0 lygio (vertikalia kryptimi);

$u(\Sigma K_H)$ – konstrukcinių elementų tūrių, esančių tarp užpildymo lygių Z_{i-1} ir Z_i , absoliutinė standartinė neapibrėžtis, kuri apskaičiuojama pagal (2) formulę:

$$u(\Sigma K_H) = \frac{0,015}{2 \cdot \sqrt{3}} \cdot \sqrt{(K1_H)^2 + (K2_H)^2 + (K3_H)^2 + \dots} \quad (2)$$

Pastaba. Užpildymo lygis $H=0$ atitinka talpyklos užpildymą iki pradinio lygio taško.

8.3. 3D lazerinis skenavimas ir duomenų apdorojimas

8.3.1. Atlikite talpyklos skenavimą iš 8.2.1. punkte parinktų skenerio pastatymo taškų. Skenerio rezoliuciją parinkite, atsižvelgdami į talpyklos dydį, kad labiausiai nuo skenerio pastatymo taško nutolusius talpyklos konstrukcinius elementus atvaizduojančių taškų skaičius būtų pakankamas konstrukcinio elemento geometrijai įvertinti. Skenavimo iš pasirinktų skenerio pastatymo taškų duomenis apjunkite skenerio programinės įrangos priemonėmis.

8.3.2. Nustatykite skenavimo duomenų z koordinatės nulio postūmį, t.y. atstumą z ašyje tarp skenavimo duomenų z koordinatės nulio ir talpyklos pradinio lygio taško z koordinatės.

8.3.3. Atlikite gautų skenavimo duomenų vizualinę analizę. Įsitikinkite ar skenavimo duomenų pakanka įvertinti talpyklos geometrinius parametrus.

8.4. Gradavimo lentelės sudarymas

8.4.1. Turi būti sudaryta gradavimo lentelė ($V_H = f(H)$) užpildymo lygio reikšmėms nuo $H = 0$ iki H_{\max} , atitinkančio talpyklos vardinę talpą. Užpildymo lygio H kitimo žingsnis – 10 mm. Kiekvienai užpildymo lygio H reikšmei turi būti apskaičiuota talpyklos gradavimo neapibrėžtis, t.y. talpyklos talpos absoliutinė išplėstinė neapibrėžtis $U(V_H)$.

Kiekvienam intervalui tarp gretimų H reikšmių turi būti apskaičiuota talpyklos statumo reikšmė S_H , m^3/mm .

Gradavimo lentelės skaičiavimo algoritmas pateiktas 1 priede.

8.5. Tūrio matavimo ribų nustatymas

8.5.1. Talpyklos pirminės patikros metu turi būti nustatytos tūrio matavimo ribos.

Tūrio matavimo žemutinė riba (V_{\min}) atitinka talpyklos talpą, kurią viršijus talpyklos gradavimo absoliutinė išplėstinė neapibrėžtis tenkina (3) sąlygą:

$$U(V_H) \leq \frac{A \cdot V_H}{100}, \text{ m}^3 \quad (3)$$

Čia: V_H – talpyklos talpa esant užpildymo lygiui H , m^3 ;

$U(V_H)$ – talpyklos gradavimo absoliutinė išplėstinė neapibrėžtis, m^3 ;

A – koeficientas (vertikaliosioms cilindrinėms talpykloms - $A = 0,2$; horizontaliosioms cilindrinėms talpykloms $A = 0,3$; kitoms talpykloms $A = 0,5$);.

Tūrio matavimo viršutinė riba atitinka talpyklos vardinę talpą (V_V), t.y. talpyklos talpą, esant užpildymo lygiui H_{\max} (V_V iš talpyklos gradavimo lentelės).

8.6. Tūrio matavimo ribų ir talpyklos gradavimo paklaidos įvertinimas

8.6.1. Tūrio matavimo ribų ir talpyklos gradavimo paklaidos įvertinimas atliekamas periodinės patikros metu. Tūrio matavimo ribos ir talpyklos gradavimo paklaida atitinka nustatytus reikalavimus, jei intervale nuo V_{\min} iki V_V tenkinama sąlyga (3).

9. PATIKROS REZULTATŲ ĮFORMINIMAS

Atlikus patikrą, įforminami šie dokumentai:

- patikros protokolas;
- patikros sertifikatas (esant teigiamiems patikros rezultatams);
- talpyklos gradavimo lentelė;
- pažyma apie neatitiktį, jei talpykla neatitinka šiame dokumente nustatytų reikalavimų.

Priedas

GRADAVIMO LENTELĖS SKAIČIAVIMO ALGORITMAS

P1.1. Talpyklos tūrio skaičiavimas.

Tūrio skaičiavimui talpykla horizontaliais pjūviais sudalinama į atitinkamą skaičių elementarių dalių. Vienos talpyklos dalies tūris lygus pjūvio plokštumos ploto ir atstumo tarp pjūvių sandaugai. Siekiant užtikrinti mažesnes tūrio matavimo paklaidas, atstumas tarp horizontalių pjūvio plokštumų lygus skenavimo žingsniui. Talpyklos tūris užpildymo lygyje H apskaičiuojamas, sumuojant talpyklos elementarių dalių tūrius iki lygio H . Talpyklos užpildymo lygis: $H = 0, \dots, H_{\max}$ (cm), čia H_{\max} – maksimalus užpildymo lygis.

P1.2. Talpyklos j -ojo pjūvio plokštumos plotas apskaičiuojamas pagal (4) formulę:

$$A_j = \frac{1}{2} \sum_{i=0}^{N-1} (x_{i,j} y_{i+1,j} - x_{i+1,j} y_{i,j}) \quad , \quad \text{m}^2 \quad (4)$$

Čia: A_j – j -tojo pjūvio plokštumos plotas ($j = 1, \dots, H_{\max} \cdot 10/\Delta h$); Δh – skenavimo žingsnis, mm; x_i ir y_i – j -ojo pjūvio perimetro taškų koordinatės, m; N – j -ojo pjūvio perimetro taškų skaičius.P1.3. Talpyklos užpildymo lygio H tūris V_H apskaičiuojamas pagal (5) formulę:

$$V_H = V_{H-1} + \sum_{j=(H-1) \cdot M+1}^{H \cdot M} A_j \cdot \Delta h + \Sigma K_H + \Omega_H \quad , \quad \text{dm}^3 \quad (5)$$

Čia: M – pjūvio plokštumų skaičius viename cm ($M = 10/\Delta h$);

ΣK_H – visų konstrukcinių elementų tūrių algebrinė suma, atitinkanti užpildymo lygį H (pagal 5 lentelės duomenis);

 Ω_H – pataisa dėl hidrostatinio slėgio (tik vertikaliosioms cilindrinėms talpykloms).Pataisa dėl hidrostatinio slėgio Ω_H , dm^3 , apskaičiuojama pagal šias formules:– pirmajai juostai ($0 < H \leq h_1$)

$$\Omega_H = \frac{0,8 \cdot K \cdot H^2}{t_1} \quad (6)$$

– antrajai juostai ($h_1 < H \leq h_2$)

$$\Omega_H = 0,8 \cdot K \cdot \left[\frac{\Delta h_1^2}{t_1} + \frac{2 \cdot \Delta h_1 (H - h_1)}{t_1} \right] + K \cdot \left[\frac{(H - h_1)}{t_2} \right] \quad (7)$$

– trečiajai juostai ($h_2 < H \leq h_3$)

$$\Omega_H = 0,8 \cdot K \cdot \left[\frac{\Delta h_1^2}{t_1} + \frac{2 \cdot \Delta h_1 (H - h_1)}{t_1} \right] + K \cdot \left[\frac{\Delta h_2^2}{t_2} + \frac{2 \cdot \Delta h_2 (H - h_1)}{t_2} \right] + K \cdot \left[\frac{(H - h_2)}{t_3} \right] \quad (8)$$

– n-ajai juostai ($h_{n-1} < H \leq h_n$)

$$\Omega_H = 0,8 \cdot K \cdot \left[\frac{\Delta h_1^2}{t_1} + \frac{2 \cdot \Delta h_1 (H - h_1)}{t_1} \right] + K \cdot \left[\frac{\Delta h_2^2}{t_2} + \frac{2 \cdot \Delta h_2 (H - h_1)}{t_2} \right] + \dots + K \cdot \left[\frac{(H - h_{n-1})}{t_n} \right] \quad (9)$$

Čia: H – talpyklos užpildymo lygis, mm;

$t_1, t_2, t_3, \dots, t_n$ – pirmosios, antrosios, trečiosios ir n-osios juostos sienelės storis (iš talpyklos brėžinių), mm;

$h_1, h_2, h_3, \dots, h_n$ – pirmosios, antrosios, trečiosios ir n-osios juostos aukštis (iš talpyklos brėžinių), mm;

K – talpyklos konstanta.

Talpyklos konstanta K apskaičiuojama pagal (10) formulę:

$$K = \frac{\pi \cdot g \cdot D_j^3 \cdot (\rho_s - 1,2)}{8 \cdot E \cdot 10^9} \quad (10)$$

Čia: ρ_s – saugomo skysčio tankis, kg/m³;

D_j – talpyklos vidinis diametras, apskaičiuotas iš j -ojo pjūvio perimetro (C_j / π), mm;

g – laisvo kritimo pagreitis, m/s²;

E – Jungo modulis, N/m².

P1.4. Talpyklos užpildymo lygio H tūris V_{Htr} kai saugomo skysčio temperatūra atitinka norminę temperatūrą (15°C) apskaičiuojamas pagal (11) formulę (skaičiuojama tik antžeminėms talpykloms):

$$V_{Htr} = V_H \cdot [1 + 2 \cdot \alpha_{tk} \cdot (T_{tk} - 15)] , \text{ dm}^3 \quad (11)$$

Čia: α_{tk} – talpyklos sienų medžiagos linijinis temperatūrinis plėtimosi koeficientas;

T_{tk} – talpyklos sienų temperatūra gradavimo metu.

P1.5. Talpyklos j -ojo pjūvio plokštumos ploto A_j skaičiavimo absoliutinė standartinė neapibrėžtis apskaičiuojama pagal (12) formulę:

$$uA_j = 2 \cdot uC_j \cdot \frac{A_j}{C_j} , \text{ m}^2 \quad (12)$$

C_j – j -ojo pjūvio perimetras apskaičiuojamas pagal (13) formulę:

$$C_j = \sum_{i=0}^{N-1} \sqrt{(x_{i,j} - x_{i+1,j})^2 + (y_{i,j} - y_{i+1,j})^2} , \text{ m} \quad (13)$$

Čia: $x_{i,j}$ – j -ojo pjūvio perimetro i -ojo taško X koordinatė;

$y_{i,j}$ – j -ojo pjūvio perimetro i -ojo taško Y koordinatė.

uC_j – j -ojo pjūvio perimetro skaičiavimo absoliutinė standartinė neapibrėžtis apskaičiuojama pagal (14) formulę:

$$uC_j = \sqrt{uX_j^2 + uY_j^2} \quad , \quad \text{m} \quad (14)$$

Čia: uX_j – j -ojo pjūvio perimetro taškų X koordinatinių matavimo absoliutinė standartinė neapibrėžtis;

uY_j – j -tojo pjūvio perimetro taškų Y koordinatinių matavimo absoliutinė standartinė neapibrėžtis.

uX_j – j -ojo pjūvio perimetro taškų Y koordinatinių matavimo absoliutinė standartinė neapibrėžtis apskaičiuojama pagal šias formules:

$$uX_j = \frac{\sqrt{\sum_{i=0}^{N-1} uX_{i,j}^2}}{N} \quad , \quad \text{m}; \quad (15)$$

$$uX_{i,j} = \sqrt{uX_{D_{i,j}}^2 + uX_{\theta_{i,j}}^2 + uX_{\varphi_{i,j}}^2} \quad , \quad \text{m} \quad (16)$$

$$uX_{D_{i,j}} = u(D) \cdot \frac{x_{i,j}}{D_{i,j}} \quad , \quad \text{m} \quad (17)$$

$$uX_{\theta_{i,j}} = -u(\theta) \cdot D_{i,j} \cdot \sin(\theta_{i,j}) \cdot \cos(\varphi_{i,j}) \quad , \quad \text{rad} \quad (18)$$

$$uX_{\varphi_{i,j}} = -u(\varphi) \cdot D_{i,j} \cdot \cos(\theta_{i,j}) \cdot \sin(\varphi_{i,j}) \quad , \quad \text{rad} \quad (19)$$

Čia: $uX_{i,j}$ – j -ojo pjūvio perimetro i -ojo taško X koordinatės matavimo absoliutinė standartinė neapibrėžtis;

$uX_{D_{i,j}}$ – j -ojo pjūvio perimetro i -ojo taško X koordinatės atstumo matavimo absoliutinė standartinė neapibrėžtis;

$uX_{\theta_{i,j}}$ – j -ojo pjūvio perimetro i -ojo taško X koordinatės horizontalaus kampo matavimo absoliutinė standartinė neapibrėžtis;

$uX_{\varphi_{i,j}}$ – j -ojo pjūvio perimetro i -ojo taško X koordinatės vertikalaus kampo matavimo absoliutinė standartinė neapibrėžtis;

$D_{i,j}$ – j -ojo pjūvio perimetro i -ojo taško atstumas nuo koordinatinių pradžių;

$u(D)$ – atstumo matavimo absoliutinė standartinė neapibrėžtis;

$u(\theta)$ – horizontalaus kampo matavimo absoliutinė standartinė neapibrėžtis;

$u(\varphi)$ – vertikalaus kampo matavimo absoliutinė standartinė neapibrėžtis.

uY_j – j -ojo pjūvio perimetro taškų Y koordinatinių matavimo absoliutinė standartinė neapibrėžtis apskaičiuojama pagal šias formules:

$$uY_j = \frac{\sqrt{\sum_{i=0}^{N-1} uY_{i,j}^2}}{N} \quad , \quad \text{m} \quad (20)$$

$$uY_{i,j} = \sqrt{uY_{D_{i,j}}^2 + uY_{\theta_{i,j}}^2 + uY_{\varphi_{i,j}}^2} , m \quad (21)$$

$$uY_{D_{i,j}} = u(D) \cdot \frac{Y_{i,j}}{D_{i,j}} , m \quad (22)$$

$$uY_{\theta_{i,j}} = u(\theta) \cdot D_{i,j} \cdot \sin(\theta_{i,j}) \cdot \cos(\varphi_{i,j}) , rad \quad (23)$$

$$uY_{\varphi_{i,j}} = -u(\varphi) \cdot D_{i,j} \cdot \cos(\theta_{i,j}) \cdot \sin(\varphi_{i,j}) , rad \quad (24)$$

Čia: $uY_{i,j}$ – j -ojo pjūvio perimetro i -ojo taško Y koordinatės matavimo absoliutinė standartinė neapibrėžtis;

$uY_{D_{i,j}}$ – j -ojo pjūvio perimetro i -ojo taško Y koordinatės atstumo matavimo absoliutinė standartinė neapibrėžtis;

$uY_{\theta_{i,j}}$ – j -ojo pjūvio perimetro i -ojo taško Y koordinatės horizontalaus kampo matavimo absoliutinė standartinė neapibrėžtis;

$uY_{\varphi_{i,j}}$ – j -tojo pjūvio perimetro i -tojo taško Y koordinatės vertikalaus kampo matavimo absoliutinė standartinė neapibrėžtis;

$$D_{i,j} = \sqrt{x_{i,j}^2 + y_{i,j}^2 + z_{i,j}^2} , m \quad (25)$$

Čia: $x_{i,j}, y_{i,j}, z_{i,j}$ – j -ojo pjūvio perimetro i -ojo taško koordinatės;

$$\sin(\varphi_{i,j}) = \frac{z_{i,j}}{D_{i,j}} \quad (26)$$

$$\cos(\varphi_{i,j}) = \sqrt{1 - \sin^2(\varphi_{i,j})} \quad (27)$$

$$\sin(\theta_{i,j}) = \frac{y_{i,j}}{D_{x_{i,j}}} \quad (\text{čia: } D_{x_{i,j}} = \sqrt{x_{i,j}^2 + y_{i,j}^2}) \quad (28)$$

$$\cos(\theta_{i,j}) = \sqrt{1 - \sin^2(\theta_{i,j})} \quad (29)$$

Atstumo matavimo absoliutinė standartinė neapibrėžtis apskaičiuojama pagal (29) formulę:

$$u(D) = \sqrt{u(\Delta D)^2 + u(D_r)^2} , m \quad (30)$$

Čia: $u(\Delta D)$ – absoliutinė standartinė neapibrėžtis dėl skenerio atstumo matavimo paklaidos;

$u(D_r)$ – absoliutinė standartinė neapibrėžtis dėl matavimo ruožo triukšmų;

$$u(\Delta D) = \frac{\Delta D}{2\sqrt{3}} , m; \quad (31)$$

$$u(D_r) = \frac{D_r}{2\sqrt{3}} , m; \quad (32)$$

Horizontalaus kampo matavimo absoliutinė standartinė neapibrėžtis apskaičiuojama pagal (33) formulę:

$$u(\theta) = \frac{\Delta\theta}{2\sqrt{3}}, \text{ rad} \quad (33)$$

Čia: $\Delta\theta$ – skenerio horizontalaus kampo matavimo tikslumas (anglų k. - horizontal accuracy).

Vertikalaus kampo matavimo absoliutinė standartinė neapibrėžtis apskaičiuojama pagal (34) formulę:

$$u(\varphi) = \frac{\Delta\varphi}{2\sqrt{3}}, \text{ rad} \quad (34)$$

Čia: $\Delta\varphi$ – skenerio vertikalaus kampo matavimo tikslumas (anglų k. - vertical accuracy).

P1.6. Talpyklos dugno srities tūrio įvertinimo neapibrėžtis.

Šiuo sandu įvertinama talpyklos dugno srities tūrio skaičiavimo specifika. Dugno srities tūrio įvertinimo neapibrėžtis uV_d iki užpildymo lygio H_d , kuriame talpyklos pjūvio plokštuma tampa viena vientisa figūra, skaičiuojama pagal (35) formulę. Priimama, kad dugno srityje, t.y. iki talpyklos užpildymo lygio H_d , dugno srities tūrio įvertinimo neapibrėžtis uV_d lygi 0,25% V_H . Aukštesniuose talpyklos užpildymo lygiuose (kai $H > H_d$) dugno srities tūrio įvertinimo neapibrėžties sandas uV_d lieka talpyklos užpildymo lygyje H_d apskaičiuoto dydžio.

$$uV_d = 0,0025 \cdot V_H, \text{ dm}^3 \quad (35)$$

P1.7. Pataisos dėl hidrostatinio slėgio Ω_H įvertinimo neapibrėžtis (tik vertikaliosioms talpykloms) apskaičiuojama pagal (36) formulę:

$$u\Omega_H = \Omega_H \cdot \sqrt{(3 \cdot uR_j / R_j)^2 + (uE / E)^2 + (ut_j / t_j)^2}, \text{ dm}^3 \quad (36)$$

Čia: uR_j – talpyklos vidinio spindulio R_j ($R_j = C_j / 2\pi$) j -ojo pjūvio plokštumoje įvertinimo neapibrėžtis: $uR_j = uC_j / 2\pi$, m;

E – Jungo modulis (tipinė šio dydžio neapibrėžties uE vertė: $5 \cdot 10^9 / \sqrt{3}$, N/m²);

ut_j – talpyklos sienelės storio t_j j -ojo pjūvio plokštumoje įvertinimo neapibrėžtis (kadangi sienelės storio vertės imamos iš talpyklos brėžinių, $ut_j = 0,001 / (2 \cdot \sqrt{3})$, m).

P1.8. Absoliutinė standartinė neapibrėžtis dėl talpyklos korpuso temperatūrų skirtumo gradavimo ir eksploataavimo metu $uV_{\Delta T}$ (tik požeminėms talpykloms). Priimama, kad šis neapibrėžties sandas lygus 0,03% V_H , t.y. $uV_{\Delta T} = 0,0003 \cdot V_H$.

P1.9. Papildoma absoliutinė standartinė neapibrėžtis apskaičiuojama pagal (37) formulę.

Šiuo sandu įvertinama neapibrėžtis dėl skenavimo duomenų apjungimo, jei skenuojama iš dviejų ar daugiau taškų, bei neapibrėžtis dėl skenavimo duomenų z koordinatės nulio nustatymo paklaidos. Taip pat, šiuo sandu įvertinama absoliutinė standartinė neapibrėžtis dėl antžeminėms talpykloms įvedamos tūrio pataisos, pateikiant gradavimo duomenis prie norminės temperatūros (15°C). Priimama, kad papildoma absoliutinė standartinė neapibrėžtis lygi 0,05% V_H .

$$uV_{ad} = 0,0005 \cdot V_H, \text{ dm}^3 \quad (37)$$

P1.10. Talpyklos užpildymo lygio H tūrio V_H skaičiavimo absoliutinė standartinė neapibrėžtis apskaičiuojama pagal (38) formulę:

$$uV_H = \sqrt{\left(\sum_{j=0}^{H \cdot M} uA_j \cdot \Delta h\right)^2 + uV_d^2 + u\Omega_H^2 + uV_{\Delta T}^2 + uV_{ad}^2 + u(\Sigma K_H)^2} \quad , \text{ dm}^3 \quad (38)$$

Čia: $H = 1, \dots, H_{\max}$, cm;

M – pjūvio plokštumų skaičius viename centimetre ;

$u(\Sigma K_H)$ – konstrukcinių elementų tūrių absoliutinė standartinė neapibrėžtis (pagal 5 lentelės duomenis).

P1.11. Talpyklos talpos absoliutinė išplėstinė neapibrėžtis apskaičiuojama pagal (39) formulę:

$$UV_H = 2 \cdot uV_H \quad , \text{ dm}^3 \quad (39)$$