

### 3 laboratorinis darbas

#### PADIDĖJUSIO SLĖGIO, ŠILDANT SKYSTĮ APARATE, ĮTAKA GAISRO PAVOJUI

##### *Darbo tikslas*

1. Pagilinti teorines žinias.
2. Įsisavinti slėgio pokyčio šildomuose skysčiu užpildytuose aparatuose parametrų nustatymo metodiką.

##### **Teorinė dalis**

Šildant dujomis ar skysčiu užpildytus hermetinius aparatus ir vamzdynus, juose padidėja slėgis, kuris, viršydamas leistiną, gali sukelti technologinės įrangos avarijas. Paprastai avarijų metu įrangoje atsiranda įtrūkių, plyšių, per kuriuos degieji produktai patenka į gamybines patalpas ar atviras aikšteles ir atsiranda gaisro bei sprogimo pavojus.

Aparatuose, užpildytuose dujomis ar perkaitintais garais, šildant slėgis didėja proporcingai temperatūrai. Dažniausiai jis nėra didelis. Galinis slėgis yra skaičiuojamas pagal formulę:

$$P_g = kP_p T_g / T_p, \quad (1)$$

čia:  $P_g$  ir  $P_p$  – atitinkamai galinis ir pradinis slėgis aparate MPa;  $T_g$  ir  $T_p$  – atitinkamai galinė ir pradinė temperatūra K;  $k$  – dujų ar garų suspaudimo koeficientas, esant atitinkamai temperatūrai ir slėgiui (paprastai duodamas žinyuose ir skaičiuojamas iš atitinkamų grafikų).

Aparatuose ar technologinėse talpose, iš dalies užpildytose skysčiu, garų slėgis vadinamas sočiųjų garų slėgiu. Jį galima apskaičiuoti pagal Antuano lygtį:

$$P_g = 133,3 \cdot 10^A - \frac{B}{C + t_d}, \quad (2)$$

čia:  $A$ ,  $B$ ,  $C$  – lygties koeficientai;  $t_d$  – skysčio darbinė temperatūra °C.

Šios lygties koeficientus, esant atitinkamoms temperatūroms, ir slėgio dimensiją galime rasti žinyuose.

Tačiau ypač pavojingi yra hermetiški aparatai ir kita technologinė įranga, visiškai užpildyta skysčiu ar suskystintomis dujomis. Tuo atveju slėgio pokytį sunku prognozuoti, nes šildant plečiasi ne tik funkcionuojanti medžiaga, bet ir pats aparatas. Svarbiausia, skystis paprastai plečiasi labiau nei aparatas. Tokiais atvejais, netgi esant nedideliems aplinkos temperatūros svyravimams, gali įvykti avarija. Tada galinis slėgis išreiškiamas taip:

$$P_g = P_p + \Delta p, \quad (3)$$

čia:  $P_g$  ir  $P_p$  – atitinkamai galinis ir pradinis skysčio slėgis MPa;  $\Delta p$  – skysčio slėgio prieauglis dėl temperatūros pokyčio MPa.

Visiškai užpildytame šildomame hermetiškame aparate skysčio slėgio prieauglis  $\Delta p$  (be aparato matmenų pokyčio dėl temperatūros poveikio) išreiškiamas taip:

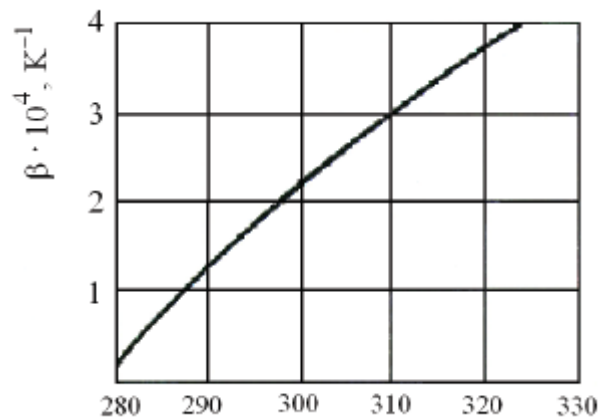
$$\Delta p = \frac{\beta}{\beta_s} \Delta T, \quad (4)$$

čia:  $\beta$  – terminis skysčio plėtimosi koeficientas 1/K;  $\beta_s$  – skysčio tūrinio suspaudimo koeficientas 1/MPa;  $\Delta T$  – temperatūros pokytis K.

Terminis skysčio plėtimosi koeficientas ( $\beta$ ) priklauso nuo skysčio temperatūros (1 pav.). Kai skystis yra vanduo, šio koeficiento reikšmė priklausomai nuo temperatūros ( $T_{vid.}$ ) skaičiuojama taip:

$$\beta_{(H_2O)} = [4,5 + 1,1 \cdot (T_{vid.} - 283)^{0,975}] \cdot 10^{-5}, \quad (5)$$

Skysčių tūrinio suspaudimo koeficientai mažai priklauso nuo temperatūros bei slėgio ir plačiose šių rodiklių ribose yra maždaug pastovūs dydžiai. Sutarta, kad vandens tūrinio suspaudimo koeficientas lauko sąlygomis eksploatuojamiems rezervuarams yra  $4,9 \cdot 10^{-4}$  1/MPa.



**1 pav.** Terminio vandens plėtimosi koeficiento priklausomybė nuo temperatūros

Siekdami išvengti avarijų, aparatus ar kitas talpas nevysiškai užpildome skysčiais. Tada laisvoje aparato erdvėje slėgį lemia skysčio garų slėgis esant konkrečiai temperatūrai.

Mažiausią laisvos erdvės tūrį arba rezervuaro užpildymo laipsnį skaičiuojame taip:

$$V_l = V_{ap} \beta \cdot \Delta T_{max}, \quad (6)$$

$$\xi = 1 - \beta \cdot \Delta T_{max}, \quad (7)$$

čia:  $V_l$  – laisvos erdvės aparate tūris  $m^3$ ;  $V_{ap}$  – aparato tūris  $m^3$ ;  $\xi$  – aparato užpildymo skysčiu laipsnis;  $\Delta T_{max}$  – maksimalus galimas temperatūros pokytis eksploatacijos sąlygomis K;  $\beta$  – skysčio terminio plėtimosi koeficientas. Taigi pagrindiniai gaisro pavojaus šildomų hermetiškų, visiškai užpildytų skysčiu talpų rodikliai yra skysčio terminio plėtimosi koeficientas ir temperatūros pokyčio intervalas.

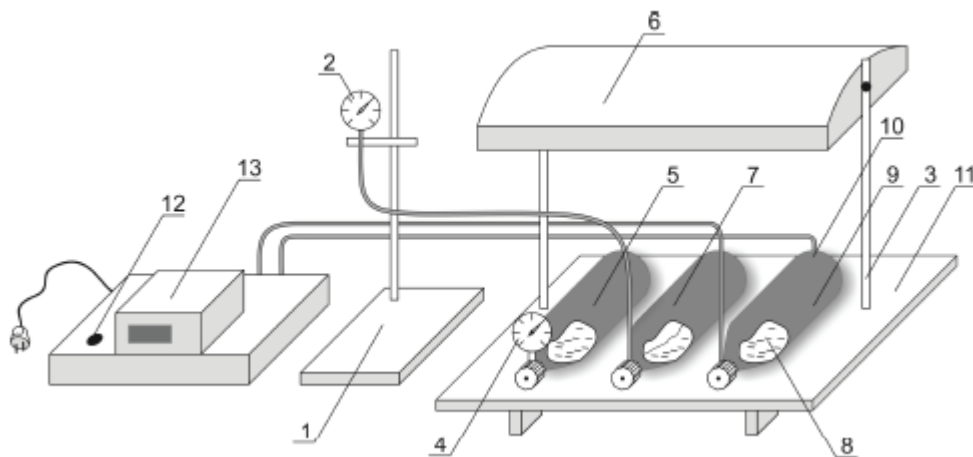
Rekomenduojamas technologinėms talpoms su suskystintomis dujomis  $\xi = 0,85 - 0,9$ , su degiaisiais skysčiais  $\xi = 0,9 - 0,95$ .

## Įranga ir prietaisai

Laboratorinė įranga (2 pav.) turi tris vienodus aukšto slėgio indus (balionus): du bandomuosius (5, 7) ir vieną kontrolinį (9). Vienas bandomasis indas (5) ir kontrolinis indas (9) yra visiškai užpildyti vandeniu. Kitas bandomasis indas (7) užpildytas vandeniu nevisiškai (~ 80 % tūrio). Vienas termoelektrinis keitiklis (8) įmontuotas kontrolinio indo (9) viduje ir yra indą užpildančiame vandenyje. Kitas termoelektrinis keitiklis (10) pritvirtintas prie kontrolinio indo korpuso. Termoelektriniai keitikliai per mygtuką-perjungiklį (12) sujungti su elektroniniu termometru (13). Bandomuosiuose induose susidarantys slėgiai matuojami manometrais (2, 4). Vienas manometras (2) pritvirtintas prie stovo (1), kitas (4) tiesiog prie bandomojo indo (5). Indai šildomi virš jų prie kreipiklių (3) pritvirtintu radiaciniu šildytuvu (6). Indų šildymo greitį galima parinkti keičiant šildytuvo aukštį. Indai išdėstyti ant padėklo (11).

## Užduotys

1. Susipažinti su laboratorinio darbo teorine dalimi.
2. Atlikti eksperimentą, nustatant pagrindinius rodiklius, charakterizuojančius gaisro ir sprogimo pavojų, šildant hermetinius aparatus su skysčiais. Šiuos pačius rodiklius nustatyti ir skaičiuojant.
3. Pateikti priklausomybių  $P_{eks} = f T(vid.)$ ,  $P_{sk.} = f T(vid.)$  rezultatus, juos palyginti.
4. Paruošti laboratorinio darbo ataskaitą.



**2 pav.** Laboratorinė įranga: 1 – stovas; 2, 4 – manometrai; 3 – kreipikliai; 5, 7 – bandomieji indai; 6 – šildytuvas; 8, 10 – termoelektriniai keitikliai; 9 – kontrolinis indas; 11 – padėklas; 12 – mygtukas-perjungiklis; 13 – elektroninis termometras

## Darbo atlikimo tvarka

1. Susipažinti su laboratorinio darbo įranga, prietaisais ir darbo bei gaisrinės saugos reikalavimais.
2. Įjungti į elektros tinklą elektroninį termometrą ir, praėjus 5 min., užrašyti manometrų ir elektroninio termometro rodmenis. Elektroninio termometro rodmenys fiksuojami esant nenuspaustam mygtukui-perjungikliui (išmatuojama kontrolinio indo vandens temperatūra) ir nuspaudus jį (išmatuojama kontrolinio indo paviršiaus temperatūra).

3. Patikrinti šildytuvo aukštį. Jo atstumas nuo balionų paviršiaus turi būti nuo 6 iki 8 cm. Šildytuvą įjungti į elektros tinklą.
4. Kas 2 min. pagal manometrų rodmenis registruoti slėgių kitimą bandomuosiuose induose ir pagal elektroninio termometro rodmenis registruoti vandens temperatūrą kontroliniame inde ir jo paviršiaus temperatūrą. Kai tik elektroninio termometro ekrane pasirodys skaičius, didesnis už 70, esant nuspaustam mygtukui-perjungikliui, išjungti šildytuvą iš elektros tinklo ir baigti eksperimentą.

### Kontroliniai klausimai

1. Kokie veiksniai lemia slėgio pokytį aparatuose, užpildytuose skysčiais, eksploatacijos sąlygomis?
2. Kokias žinote teorinio pobūdžio lygtis, nusakančias slėgio priklausomybę nuo kitų rodiklių gaisro pavojaus aspektu?
3. Galinis slėgis. Kokie yra jo skaičiavimo ypatumai?
4. Apibūdinkite laboratorinio darbo atlikimo esmę.
5. Kaip manote, kurioje hermetinio indo vietoje galimas skysčio garų (dujų) išsiveržimas, esant ribinėms sąlygoms?
6. Ar visais atvejais esant nuotėkiui galimas gaisro kilimo pavojus, kokie veiksniai tam turi lemiamos įtakos?
7. Kokius žinote gamybos ar technologinio proceso reguliavimo mechanizmus, užtikrinančius avarijos prevenciją?

Temperatūrai matuoti naudojamas EMT-100-K tipo elektroninis termometras, komplektuojamas su TP-202K tipo termoelektriniu keitikliu.

Laboratoriniame darbe dėl indų konstrukcijos ypatumų yra panaudoti Txk tipo termoelektriniai keitikliai. Todėl elektroninio termometro rodmenys neatitinka temperatūrų tikrų verčių. Perskaičiuojant elektroninio termometro rodmenis į tikrąsias temperatūrų vertes Celsijaus skalėje naudotis 3.1 lentele.

**3.1 lentelė.** Elektroninio termometro rodmenų perskaičiavimas į temperatūrų vertes

Elektroninio termometro rodmuo	Temperatūra, °C	Elektroninio termometro rodmuo	Temperatūra, °C
3	10,0	40	32,5
4	10,5	41	33,0
5	11,0	42	33,5
6	11,5	43	34,0
7	12,0	44	35,0
8	13,0	45	35,5
9	13,5	46	36,0
10	14,0	47	36,5
11	15,0	48	37,0
12	15,5	49	38,0
13	16,0	50	38,5

3.1 lentelės tęsinys

Elektroninio termometro rodmuo	Temperatūra, °C	Elektroninio termometro rodmuo	Temperatūra, °C	
14	16,5	51	39,5	
15	17,0	52	40,0	
16	18,0	53	40,5	
17	18,5	54	41,0	
18	19,0	55	41,5	
19	19,5	56	42,0	
20	20,0	57	43,0	
21	21,0	58	43,5	
22	21,5	59	44,0	
23	22,0	60	44,5	
24	22,5	61	45,0	
25	23,0	62	46,0	
26	24,0	63	46,5	
27	24,5	64	47,0	
28	25,0	65	47,5	
29	25,5	66	48,0	
30	26,0	67	49,0	
31	27,0	68	49,5	
32	27,5	69	50,0	
33	28,0	70	51,0	
34	29,0	71	51,5	
35	29,5	72	52,0	
36	30,0	73	52,5	
37	20,5	74	53,0	
38	31,0	75	54,0	
39	32,5	–	–	

**3 laboratorinio darbo ataskaita**

Šildytuvo atstumas nuo aukšto slėgio indų \_\_\_\_\_ m.

Bandymo trukmė \_\_\_\_\_ min.

Vandens tūrio suspaudimo koeficientas \_\_\_\_\_ MPa–1.

Kiti užduoties reikalavimai \_\_\_\_\_

---



---



---

3.2 lentelė. Eksperimentiniai duomenys

Laikas nuo bandymo pradžios, min.	Matuojamas rodiklis				
	temperatūra, ° K			slėgis bandomuosiuose induose, užpildytuose vandeniū, Pa	
	vandens kontroliniame inde	kontrolinio indo paviršiaus	vidutinė	visiškai	nevisiškai
0					
2					
4					
-					
i					

Pastaba: vidutinę temperatūrą skaičiuoti taip:

$$T_{vid.} = 0,5(T_V + T_P); \quad (8)$$

čia:  $T_V$  – vandens temperatūra kontroliniame inde;  $T_P$  – kontrolinio indo paviršiaus temperatūra.

3.3 lentelė. Eksperimentinių duomenų apdorojimo rezultatai

Eil. Nr.	Rodikliai, charakterizuojantys šildymo pavojų		Temperatūrų intervalas, K		
			1	2	3
1	Temperatūra, °K:	pradinė			
		galinė			
		vidutinė			
2	Temperatūros pokytis, ° K				
3	Terminis vandens plėtimosi koeficientas, ° K <sup>-1</sup>				
4	Pradinis slėgis, MPa				
5	Slėgio prieauglis, MPa				
6	Galinis slėgis, MPa				

1. Eksperimentinių ir apskaičiuotų duomenų rezultatai.
2. Išvados.