

2 laboratorinis darbas

SPROGIŲ ZONŲ NEJUDANČIAME ORE SUSIDARYMO ĮVERTINIMAS, GARUOJANT LENGVAI UŽSILIEPSNOJANTIEMS SKYSČIAMS

Darbo tikslas

1. Pagilinti teorines žinias.
2. Nustatyti rodiklius, charakterizuojančius sprogią zoną, garuojant lengvai užsiliepsnojantiems skysčiams į nejudantį orą.

Teorinė dalis

Lengvai užsiliepsnojantių skysčių avarinio išsiliejimo atvejais sprogios garų koncentracijos nejudančiame ore virš skysčio susidaro tik tuo atveju, kai skysčio temperatūra yra lygi ar viršija pliūpsnio temperatūrą. Tada gaisro ir sproginimo pavojų galima charakterizuoti šiais rodikliais:

- 1) skysčio masė, perėjusia į garų fazę;
- 2) garų masė, kuri sudaro sprogios koncentracijos zoną;
- 3) garų koncentracijos skirtumais gamybinės patalpos aukščio atžvilgiu;
- 4) sprogios zonos tūriu.

Laikome, kad skysčio garai neišsisklaido ir nejudančiame ore pagal aukštį susidaro tam tikras jų koncentracijos gradientas, o garavimo plotas yra lygus skysčio paviršiaus plotui. Skysčio masę (G), perėjusią į garų fazę, galima apskaičiuoti taip:

$$G = C_s \cdot \rho \cdot S \cdot \sqrt{\frac{12D\tau}{(1-C_s)}}; \quad (1)$$

čia: C_s – sočiųjų garų koncentracija tūrio dalimis; ρ – garų tankis kg/m^3 ; S – garavimo paviršiaus plotas m^2 ; D – difuzijos koeficientas m^2/s ; τ – garavimo laikas s.

Sočiųjų garų koncentracija tūrio dalimis (C_s) izoterminėmis sąlygomis yra pastovus dydis ir priklauso nuo atitinkamų slėgių santykių taip:

$$C_s = \frac{P_s}{P_b}; \quad (2)$$

čia: P_s – sočiųjų garų slėgis (Pa), nustatomas eksperimentu ar iš žinytų arba pagal Antuano lygtį (24), atsižvelgiant į temperatūrą; P_b – bendras sistemos slėgis (Pa) arba darbinis slėgis hermetiniame aparate ar barometriniame, jeigu aparatas susisiekiama su atmosfera.

Garų tankis izoterminėmis sąlygomis priklauso nuo skysčio molekulinės masės (M) santykio su (iš esmės) atitinkamu temperatūrų santykiu taip:

$$\rho = \frac{M}{22,4 \cdot \frac{273 + t_d}{273}}; \quad (3)$$

čia t_d – darbinė temperatūra $^{\circ}\text{C}$.

Garų tankį taip pat galima rasti ir žinyuose.

Difuzijos koeficientas (D) paprastai imamas iš atitinkamų žinyų, o garavimo paviršiaus plotas (S) bei laikas (τ) – realūs konkrečiam atvejui.

Tačiau ne visi garai yra sprogiroje zonoje, o tik jų dalis, kurią galima išreikšti koeficientu (K_s) taip:

$$K_s = \frac{G_{sz}}{G}; \quad (4)$$

čia: G_{sz} – garų masė sprogiroje zonoje kg; G – bendra garų masė kg.

Sprogios zonos ribas, kuriose skysčio garai su oru gali sudaryti sprogų mišinį, galima nustatyti, naudojant tokias lygtis:

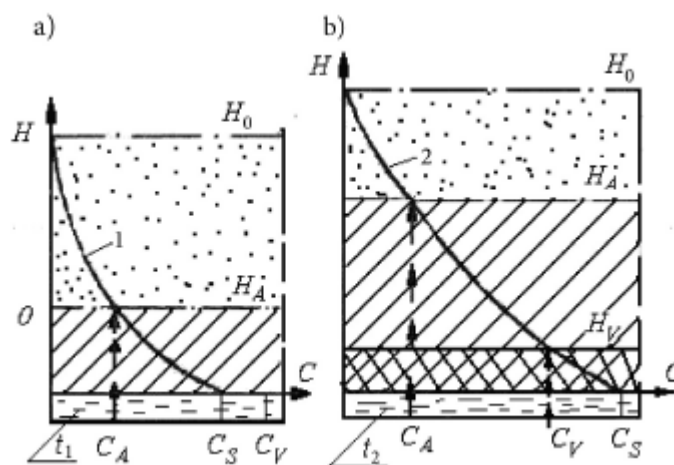
$$H_A = \sqrt{\frac{12D \cdot \tau}{1 - C_s} \cdot \left(1 - \sqrt{\frac{C_A}{C_s}}\right)}; \quad (5)$$

$$H_V = \sqrt{\frac{12D \cdot \tau}{1 - C_s} \cdot \left(1 - \sqrt{\frac{C_V}{C_s}}\right)}; \quad (6)$$

čia: H_A ir H_V – atitinkamai apatinė ir viršutinė sprogios zonos paviršiaus ribos pagal aukštį m; C_A ir C_V – atitinkamai apatinė ir viršutinė užsiliepsnojimo koncentracijos ribos tūrio dalimis.





Garuojant degiesiems skysčiams į nejudantį orą, galimi du sprogiųjų dujų susidarymo atvejai (1 pav.):

- 1) sprogios zonos susidarymas, kai ji prasideda iš karto nuo skysčio paviršiaus, esant sąlygai $C_A < C_s \leq C_V$;
- 2) sprogios zonos susidarymas, kai ji prasideda toliau nuo skysčio paviršiaus, esant sąlygai $C_s > C_V$.



1 pav. Skysčių garų koncentracijų įtaka sprogiųjų zonų pobūdžiui: a) sprogi

zona, prasidedanti iš karto virš skysčio; b) sprogi zona, atitolusi nuo skysčio paviršiaus; 1, 2 kreivės charakterizuoja garų koncentraciją

-  – mažų koncentracijų zona, $C < C_A$;
-  – užsiliepsnojimo koncentracijų zona, $C_A \leq C \leq C_V$;
-  – didelių koncentracijų zona, $C > C_V$;
-  – vonia su degiuoju skysčiu

Pagrindinių sprogios zonos rodiklių skaičiavimo formulės pateiktos 2.1 lentelėje.

2.1 lentelė. Rodiklių skaičiavimo formulės

Rodikliai	Formulės	
	kai $C_A < C_S \leq C_V$	kai $C_S > C_V$
Sprogių garų koeficientas K_S	$K'_S = 1 - \sqrt{\frac{C_A}{C_S}}$	$K''_S = \sqrt{\frac{C_V}{C_S}} - \sqrt{\frac{C_A}{C_S}}$
Sprogių garų masė G_{SZ} , kg	$G'_{SZ} = K'_S \cdot G$	$G''_{SZ} = K''_S \cdot G$
Sprogios zonos tūris V , m ³	$V' = S \cdot H_A$	$V''' = S(H_V - H_A)$

Išgaravusio skysčio masės prognozė pagal (12) formulę laikoma patikima tik naftos produktams. Kitais atvejais rezultatai gali būti nepakankamai tikslūs. Tiriant kitus skysčius, būtina šią formulę patikrinti eksperimentu.

Tuo atveju, kai degusis skystis garuoja į degazuotą izoterminę kamerą, susidaro papildomas garų slėgis, kurį galima lengvai išmatuoti manometru. Nustatant išgaravusio skysčio masę eksperimentu, tikslinga naudotis šia dujų būvio lygtimi:

$$PV = GRT, \quad (7)$$

čia: P – garų viršslėgis kameroje Pa; V – laisvos kameros tūris m³; G – išgaravusio skysčio masė kg; T – darbinė temperatūra K; R – dujų konstanta.

Konkretų garų viršslėgio dydį, panaudodami vandens manometrą, galime apskaičiuoti taip:

$$P = 9,81 \cdot h, \quad (8)$$

čia h – vandens stulpo aukščio skirtumo parodymas manometru mm.

Dujų konstantą galime apskaičiuoti taip:

$$R = 8314/M, \quad (9)$$

čia M – skysčio molekulinė masė.

Tada išgaravusio izoterminėje kameroje skysčio masę galime apskaičiuoti taip:

$$G = 1,18 \cdot 10^{-3} \cdot \frac{M \cdot V}{T} \cdot h \quad (10)$$

čia: G – išgaravusio skysčio masė kg; M – skysčio molekulinė masė; V – laisvos kameros tūris m^3 ; T – darbinė temperatūra K; h – vandens stulpo aukščio skirtumo parodymas manometru mm.

Naudojami prietaisai ir darbo principai

Bandymą atliekame su įrenginiu, kurio schema parodyta 2 paveiksle. Įrenginio pagrindinė dalis yra izoterminė kamera (2), kurioje garuoja bandomasis skystis. Skysčio garų viršslėgį (lyginant su atmosferiniu) fiksuojame manometru (1). Pagal skystį nustatyta temperatūra palaikoma izoterminėje kameroje (2) termoregulatoriumi (5) ir ultratermostatu (6). Pasirinktą temperatūrą nustatome kontaktiniu termometru (10). Prieš supildami bandomąjį skystį, izoterminę kamerą (2) degazuojame mikrokompresoriumi (7), pašalindami ankstesnio bandomojo skysčio garų likučius. Skystis į izoterminę kamerą (2) yra supilamas per piltuvėlį (8).

Bandymų esmė tokia: skysčiui garuojant izoterminėje kameroje, fiksuojame slėgio pokytį pasirinktame laiko intervale.

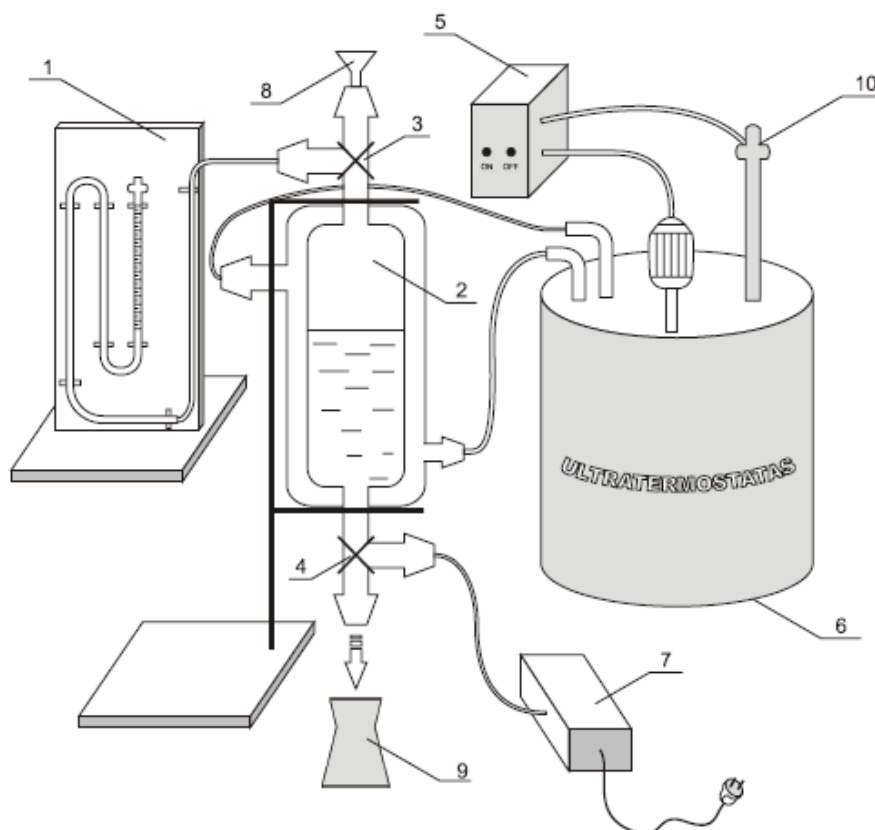
Užduotys

1. Išnagrinėti rodiklius, charakterizuojančius gaisro ir sproginimo pavojų, garuojant LUS ar DS į nejudantį orą.
2. Eksperimentu nustatyti išgaravusią į nejudrią oro erdvę skysčio masę ir apskaičiuoti pagrindinius rodiklius, charakterizuojančius gaisro ir sproginimo pavojų pagal teorines ir eksperimentines lygtis (1–10).
3. Remiantis eksperimentiniais ir teoriniais duomenimis nubrėžti funkcijų $G = f(\tau)$ ir $V = f(\tau)$ grafikus bei padaryti išvadą apie teorinės lygties (1) panaudojimo praktines galimybes.

Darbo atlikimo tvarka

1. Susipažinti su laboratorinio darbo įranga, darbo ir gaisrinės saugos reikalavimais.
2. Gauti iš darbo vadovo bandomąjį skystį ir užduotį. Iš žinytų ar skaičiuojant nustatyti skysčio gaisro ir sproginimo pavojaus rodiklius.
Pažymėti duomenis bandymų žurnale.
3. Persukti kranus (3, 4) taip, kad paskui įjungę mikrokompresorių (7) per 5 min. prapūstume izoterminę kamerą (2).
4. Po 5 min. išjungti mikrokompresorių (7), persukti kranus (3, 4) ir per piltuvėlį (8) supilti nurodytą kiekį bandomojo skysčio.
5. Sureguliuoti ultratermostato (6) kontaktinį termometrą (10) pagal pasirinktą temperatūrą, gavus leidimą, įjungti šį prietaisą ir skystį šildyti nurodytą laiką.
6. Persukti kraną (3) ir bandymą atlikti per nustatytą laiką. Manometro (1) rodmenis fiksuoti (atitinkamais intervalais) bandymų žurnale.
7. Baigus bandymą atidaryti kranus (3, 4), išleisti į kolbą (9) bandomąjį skystį ir per 20 min. prapūsti izoterminę kamerą. Paskui išjungti termoregulatorių (5) ir ultratermostatą (6).

8. Apskaičiuoti reikalaujamus pagal užduotį rodiklius, o reikiamus pavaizduoti grafiškai.
9. Paruošti laboratorinio darbo ataskaitą.



2 pav. Bandymo įrenginys: 1 – U pavidalo vandens manometras; 2 – izoterminė kamera; 3, 4 – kranai; 5 – termoreguliatorius; 6 – ultratermostatas; 7 – mikrokompresorius; 8 – piltuvėlis; 9 – kolba; 10 – kontaktinis termometras

Darbo ir gaisrinės saugos reikalavimai

1. Ypač atsargiai elgtis su visomis stiklinėmis įrengimo detalėmis. Esant būtinumui, kreiptis pagalbos į darbo vadovą.
2. Veikiant traukos ventiliacijai, prapūsti izoterminę kamerą.
3. Atsargiai elgtis su bandomuoju skysčiu ypač supilant jį į izoterminę kamerą. Visada papildomai įsitikinti, jog kranai nustatyti reikiamoje padėtyje.
4. Sudūžus įrangai ir išsiliejus skysčiui, jį nedelsiant išvalyti ir pašalinti iš laboratorijos.

Kontroliniai klausimai

1. Kuo galima charakterizuoti gaisro ir sprogo pavojų, kai degusis skystis išsilieja ir garuoja į nejudančio oro erdvę?
2. Kokias žinote teorinio pobūdžio lygtis, skirtas sprogiai zonai charakterizuoti?
3. Apibūdinkite, kaip eksperimentu nustatyti ir apskaičiuoti išgaravusio degiojo skysčio masę į nejudantį orą.
4. Apibūdinkite laboratorinio darbo atlikimo esmę.

2 laboratorinio darbo ataskaita

Bandomasis skystis _____

Bandymo temperatūra °C _____

Barometrinis oro slėgis Pa _____

Užsiliepsnojimo koncentracijos ribos:

$C_A =$ _____ tūrio dalys;

$C_V =$ _____ tūrio dalys.

Skysčio pliūpsnio temperatūra °C _____

Skysčio molekulinė masė $M =$ _____

Antuano lygties koeficientai: $A =$ _____;

$B =$ _____; $C =$ _____ arba P_S (1 priedas).

Difuzijos koeficientas D m²/s.

Izoterminės kameros tūris – 777 cm³.

Skersmuo – 7,3 cm.

Kiti užduoties reikalavimai _____

2.2 lentelė. Eksperimentiniai duomenys ir skaičiavimo rezultatai

Matavimo laikas, min.	Manometro rodmenys, mm vandens stulpelio	Bendra garų masė, kg		Paklaida %	Sprogių garų tūris, $V \cdot 10^{-5}$ m ³
		$\partial_{eksp} \cdot 10^{-5}$	$\partial_{sk} \cdot 10^{-5}$		
1					
2					
3					
-					
-					
-					
i					

Pastaba: ∂_{eksp} apskaičiuoti pagal (10), ∂_{sk} apskaičiuoti pagal (1), V apskaičiuoti pagal 2.1 lentelėje pateiktas formules.

Paklaidą apskaičiuoti taip:

$$Q = 200(G_{eksp} - G_{sk}) / (G_{eksp} + G_{sk}) \quad (11)$$

1. Eksperimentinių ir apskaičiuotų duomenų grafikas.
2. Išvados apie gautus eksperimentinius ir apskaičiuotus rezultatus.