

**DEGIOJO SKYSČIO PLIŪPSNIO TEMPERATŪROS
PRIKLAUSOMYBĖS NUO JO KONCENTRACIJOS
VANDENINIUOSE TIRPALUOSE
TYRIMAS**

Darbo tikslas

Ištirti degiojo skysčio pliūpsnio temperatūros priklausomybę nuo jo koncentracijos vandeniniuose tirpaluose.

Teorinė dalis

Pagrindinė skysčių savybė yra jų garavimas. Skysčio molekulės nuolatos juda, dalis jų atsiplėšia nuo skysčio paviršiaus ir išgaruoja. Kuo didesnė skysčio temperatūra, tuo intensyvesnis garavimas ir didesnis parcialinis slėgis. Esant pastoviai skysčio temperatūrai tarp skysčio ir garų nusistovi termodinaminė pusiausvyra: kiek molekulių išgaruoja per laiko vienetą, tiek pat jų susikondensuoja. Nusistovėjus šiai pusiausvyrai, virš skysčio esantys garai vadinami **sočiaisiais garais**, o jų slėgis – **sočiųjų garų slėgiu**. Šis slėgis arba sočiųjų garų koncentracija virš skysčio priklauso nuo temperatūros. Didėjant temperatūrai, sočiųjų garų slėgis atitinkamai didėja pagal Klapeirono ir Klauzijaus lygtį:

$$p_{s.g.} = p_0 \cdot e^{-\frac{Q}{RT^2}}, \quad (3.1)$$

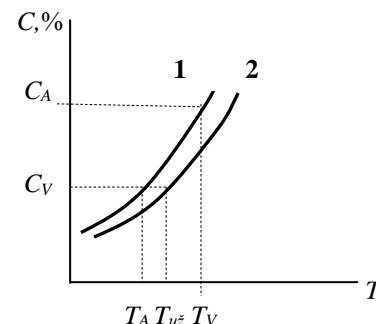
čia $p_{s.g.}$ – sočiųjų garų slėgis, Pa;

p_0 – slėgis, Pa;

Q – garavimo šiluma, kJ/mol;

R – universalioji dujų konstanta, kJ/K mol;

T – skysčio temperatūra, K.



3.1 pav. Garų koncentracijos virš skysčio paviršiaus kitimas priklausomai nuo skysčio temperatūros:

1 – sočiųjų garų koncentracija; 2 – nesočiųjų garų koncentracija.

Iš 3.1 pav. matyti, kad didėjant temperatūrai, sočiųjų garų slėgis (arba jų koncentracija) didėja. Vadinasi, kiekvienam skysčiui yra toks temperatūrų intervalas, kuriame sočiųjų garų koncentracija virš jo paviršiaus bus užsiliepsnojimo srityje, t. y. apatinė koncentracinė užsiliepsnojimo riba (AKUR) $< C_{s.g} <$ viršutinė koncentracinė užsiliepsnojimo riba (VKUR).

Kad virš skysčio paviršiaus susidarytų garų koncentracija, kuri atitiktų AKUR, skystį (ne visą skysčio masę, o tik jo paviršių) reikia pašildyti iki temperatūros, kuri būtų lygi apatinei temperatūrinei užsiliepsnojimo ribai (ATUR). Ir esant uždegimo šaltiniui toks mišinys galės užsiliepsnoti. Ribinėms temperatūroms priklauso pliūpsnio temperatūra ir temperatūrinės užsiliepsnojimo ribos.

Pliūpsnio temperatūra ($T_{pl.}$) – tai pati žemiausia degiosios medžiagos temperatūra, kai jos paviršiuje susidaro garai arba dujos, kurie pliūpteli esant uždegimo impulsui, bet jų susidarymo greitis per mažas, kad įsiliepsnotų.

Pliūpsnio temperatūra apibūdina skysčių gaisro pavojingumą, bet nėra fizikocheminė konstanta. Pliūpsnio temperatūra yra rodiklis, pagal kurį

skysčiai klasifikuojami į lengvai užsiliepsnojančius skysčius (LUS) ir degiuosius skysčius (DS). Jei skysčio pliūpsnio temperatūra uždarame tiglyje yra mažesnė arba lygi 61 °C (66 °C atvirame tiglyje), tai jis priskiriamas lengvai užsiliepsnojančių skysčių grupei. Jei skysčio pliūpsnio temperatūra didesnė kaip 61 °C uždarame tiglyje (didesnė kaip 66 °C atvirame tiglyje), tai skystis priskiriamas degių skysčių grupei.

Eksperimentais pliūpsnio temperatūra nustatoma atvirame ir uždarame tiglyje. Pliūpsnio temperatūra, nustatyta uždarame inde, visada bus mažesnė negu atvirame, nes šiuo atveju garai gali difunduoti į atmosferą, ir kad susidarytų degi garų koncentracija, reikalinga aukštesnė temperatūra (3.1 lentelė).

3.1 lentelė

Skystis	Pliūpsnio temperatūra, K	
	Uždaras tiglis	Atviras tiglis
Nafta	303	319
Mazutas	369	382
Cilindrinis tepalas	488	509

Pliūpsnio temperatūra T_{pl} gali būti apskaičiuota pagal pusiau empirinę V. Blinovo formulę:

$$T_{pl} = \frac{B}{D_o \cdot n_{o_2} \cdot p_{s.g.}}, \quad (3.2)$$

čia T_{pl} – pliūpsnio temperatūra, K;

B – nustatymo metodo konstanta. Rekomenduojama – uždarame tiglyje $B=28$, atvirame tiglyje $B=45$;

D_o – skysčio garų difuzijos koeficientas, m^2/s ;

n_{o_2} – deguonies molekulių skaičius, kuris reikalingas, kad visiškai sudegtų vienas molis degiojo skysčio;

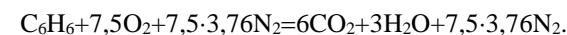
$p_{s.g.}$ – sočiųjų garų slėgis, kai T_{pl} , Pa.

Pavyzdys

Apskaičiuoti benzeno pliūpsnio temperatūrą atvirame inde, kai benzeno garų difuzijos koeficientas lygus $9,62 \cdot 10^{-6} m^2/s$.

Sprendimas

Tiesiogiai pagal (3.2) formulę apskaičiuoti benzeno pliūpsnio temperatūros negalima, nes sočiųjų garų slėgis yra temperatūros funkcija. Todėl pirmiausia pagal (3.2) formulę apskaičiuojame slėgio ir temperatūros sandaugą – $(p_{s.g.} \cdot T_{pl})$. Pagal nustatymo sąlygas $B=45$. Apskaičiuojame stochiometrinį deguonies koeficientą. Tam parašome benzeno degimo ore reakciją:



Atitinkamai, $n_{o_2} = 7,5$. Tuomet:

$$p_{s.g.} \cdot T_{pl} = \frac{45}{9,62 \cdot 10^{-6} \cdot 7,5} = 623,7 \cdot 10^3 \text{ Pa} \cdot \text{K}.$$

Iš priedų 4 lentelės randamos dvi pačios artimiausios slėgio ir temperatūros sandaugos $p_1 T_1$ ir $p_2 T_2$ reikšmės, kurios mažiausiai skiriasi nuo apskaičiuotos reikšmės, t. y. $p_1 T_1 < p T < p_2 T_2$. Iš 4 lentelės randame, kad kai temperatūra 270,4 K, benzeno sočiųjų garų slėgis yra lygus 2666,4 Pa, o jų sandauga yra lygi $721 \cdot 10^3 \text{ Pa} \cdot \text{K}$. Ši reikšmė palyginama su pagal (3.2) formulę apskaičiuota reikšme. Darome išvadą, kad tikra pliūpsnio temperatūros reikšmė yra mažesnė už 270,4 K. Todėl imame mažesnę benzeno temperatūrą – 261,5 K, tuomet sočiųjų garų slėgis bus 1333,3 Pa, o jų sandauga – $348,7 \cdot 10^3 \text{ Pa} \cdot \text{K}$, t. y. mažesnė už apskaičiuotą pagal (3.2) formulę reikšmę. Vadinasi, tikroji pliūpsnio temperatūra yra tarp 261,5 K ir 270,4 K.

Tikrąją T_{pl} reikšmę apskaičiuojame pagal tiesinės interpoliacijos metodą:

$$T_{pl} = T_1 + \frac{(p_{s.g.} \cdot T_{pl} - p_1 \cdot T_1)(T_2 - T_1)}{p_2 \cdot T_2 - p_1 \cdot T_1} \quad (3.3)$$

$$T_{pl} = \frac{261,5 + (623,7 \cdot 10^3 - 348,7 \cdot 10^3) \cdot (270,4 - 261,5)}{721 \cdot 10^3 - 348,7 \cdot 10^3} = 268,1 \text{ K.}$$

Benzeno pliūpsnio temperatūra T_{pl} , apskaičiuota atvirame tiglyje, yra lygi 268,1 K.

Temperatūrinės skysčių užsiliepsnojimo ribos gali būti apskaičiuotos pagal skysčio virimo temperatūrą:

$$t_{a(v)} = k \cdot (t_{vir} - l), \quad (3.4)$$

čia $t_{a(v)}$ – atitinkamai apatinė (viršutinė) temperatūrinė užsiliepsnojimo riba, C;

t_{vir} – skysčio virimo temperatūra, C;

k ir l – parametrai, kurie priklauso nuo skysčio prigimties, pateikti priedų 9 lentelėje.

Temperatūrinės skysčių užsiliepsnojimo ribos gali būti apskaičiuotos ir iš koncentracinių skysčių užsiliepsnojimo ribų. Sočiųjų garų koncentracija apskaičiuojama pagal formulę:

$$C_{s.g.} = \frac{p_{s.g.}}{p_0} \cdot 100, \quad (3.5)$$

čia $C_{s.g.}$ – sočiųjų garų koncentracija, %;

$p_{s.g.}$ – sočiųjų garų slėgis, Pa;

p_0 – slėgis, Pa.

Pagal (3.5) formulę apskaičiuojamas sočiųjų garų slėgis $p_{s.g.}$:

$$p_{s.g.} = \frac{C_{s.g.} \cdot p_0}{100}. \quad (3.6)$$

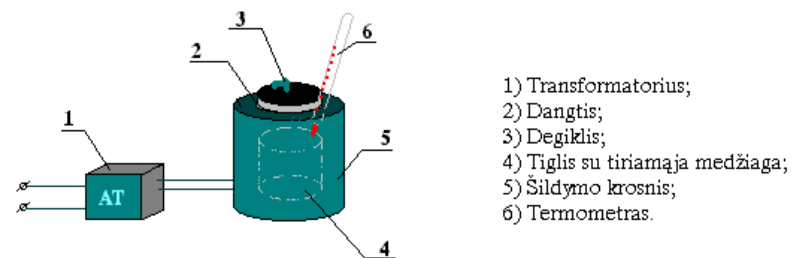
Pagal žinomą apatinę (viršutinę) koncentracinę užsiliepsnojimo ribą apskaičiuojamas sočiųjų garų slėgis $p_{s.g.}$ ir iš priedų 4 lentelės randama temperatūra, kuriai esant apskaičiuotas sočiųjų garų slėgis. Ši temperatūra ir yra apatinė (viršutinė) temperatūrinė skysčio užsiliepsnojimo riba.

Pagal (3.5) formulę galima ir atvirkščiai atlikti skaičiavimus: žinant temperatūrinės skysčių užsiliepsnojimo ribas (TSUR), apskaičiuoti koncentracines skysčių užsiliepsnojimo ribas (KSUR).

Darbo eiga

1 užduotis. Apskaičiuokite dėstytojo nurodyto degiojo skysčio pliūpsnio temperatūrą pagal (3.2) formulę.

2 užduotis. Nustatykite pliūpsnio temperatūros reikšmes esant įvairioms degiojo skysčio koncentracijoms, naudojant įrangą, kurios schema pateikta 3.2 pav.



3.2 pav. Pliūpsnio temperatūros nustatymo įranga:
1 – transformatorius, 2 – dangtis, 3 – degiklis, 4 – tiglis,
5 – šildymo krosnis, 6 – termometras

Darbo atlikimo tvarka

Bandymas atliekamas su keturiomis skirtingomis degiojo skysčio koncentracijomis. Degiojo skysčio koncentracijas nurodo dėstytojas.

Pirmoji degiojo skysčio koncentracija supilama į tigli (4). Tiglis įstatomas į šildymo krosnį (5) ir uždengiamas dangteliu. Įmerkiamas termometras (6). Autotransformatoriumi (1) keliami temperatūra $5\text{ }^{\circ}\text{C}$ per minutę. Kiekvieną kartą degikliu (3) yra tikrinama, ar įvyksta pliūpsnis. Tam reikia rankenėle atidaryti tiglio dangtelyje esančią skylutę, kad liepsna 1–2 sekundėms patektų į tiglio vidų. Mažiausia temperatūros reikšmė, kuriai esant įvyksta garų pliūpsnis, laikoma orientacinė degiojo skysčio pliūpsnio temperatūra.

Norint tiksliau nustatyti degiojo skysčio pliūpsnio temperatūros reikšmę, degusis skystis yra atšaldomas $10\text{ }^{\circ}\text{C}$ žemiau už orientacinę T_{pl} . Tada autotransformatoriumi temperatūra yra keliami $1\text{ }^{\circ}\text{C}$ per minutę ir vėl atidarant tiglio dangtelio skylutę tikrinama, kokiai temperatūrai esant įvyksta pliūpsnis.

Kitos trys degiojo skysčio koncentracijos tiriamos eksperimentiškai nustatant degiojo skysčio pliūpsnio temperatūrą kaip ir atliekant pirmąjį bandymą.

Degiojo skysčio parametrai surašomi į 3.2 lentelę, o bandymų rezultatai surašomi į 3.3 lentelę.

3.2 lentelė

Eil. Nr.	Degiojo skysčio parametrai	Parametrų reikšmės
1	Skystis	
2	Skysčio koncentracija C , %	
3	Skysčio garų difuzijos koeficientas, m^2/s	

3.3 lentelė

Eil. Nr.	Degiojo skysčio koncentracija, C %	Pliūpsnio temperatūra T_{pl} , $^{\circ}\text{C}$
1		
2		
3		
4		

3 užduotis. Pagal 3.3 lentelės duomenis nubrėžkite degiojo skysčio pliūpsnio temperatūros priklausomybę nuo jo koncentracijos.

Savikontrolės klausimai

1. Kokiomis savybėmis pasižymi skysčiai?
2. Kas yra sočiųjų garų slėgis?
3. Nuo ko priklauso sočiųjų garų koncentracija?
4. Ką vadiname pliūpsnio temperatūra (T_{pl})?
5. Kaip apskaičiuojama pliūpsnio temperatūra?
6. Kokie veiksniai turi įtakos pliūpsnio temperatūros dydžiui?
7. Kaip yra grupuojami skysčiai pagal pliūpsnio temperatūrą?
8. Kas yra temperatūrinės skysčių užsiliepsnojimo ribos?
9. Kaip yra apskaičiuojamos temperatūrinės skysčių užsiliepsnojimo ribos?
10. Kokie veiksniai turi įtakos temperatūrinėms skysčių užsiliepsnojimo riboms?
11. Ar pasikeis pliūpsnio temperatūra, pasikeitus deguonies koncentracijai ore?