

## SÜD TURŞUSUNUN İZOBUTİL EFİRİNİN KOMPLEKS İSTİLİK-FİZİKİ XASSƏLƏRİ

Ə.M. QULİYEV

*Azərbaycan Dövlət Pedaqoji Universiteti  
AZ 1001, Bakı, Ü.Hacıbəyov 34*

Hidrostatik çəki üsulu ilə izobutil efirinin sıxlığı 0,1 –98,1 MPa təzyiq və 294,36 – 536,39 K temperatur intervalında təcrübi tədqiq edilmişdir. Tərtib edilmiş termik hal tənliyinin köməyi ilə alınan yeni hesablama düsturları vasitəsilə maye efirin entalpiyasının dəyişməsi, izobar və izoxor istilik tutumları və səs tezlikli dalğaların yayılma sürəti hal parametrlərinin geniş intervalında təyin edilmişdir.

Süd turşusunun mürəkkəb efirlərinin bir qrupunun xüsusi həcmi hidrostatik çəki üsulunun yeni variantı vasitəsilə təcrübi tədqiq edilmişdir. 4 efirdən ikisi normal quruluşlu (amil- və alil-efirləri) və daha ikisi isə izobirləşmələrdir (izobutil və izoamil efirləri). Bu maddələr 0,1÷98,1MPa təzyiq və 294,36÷536,39K temperatur intervalında tədqiq edilmişdir. Təcrübənin temperaturu platin müqavimət termometri və təzyiqi isə porşenli manometrlə ölçülmüşdür [1]. Təcrübi nəticələrin xətası 0,07% təşkil etmişdir. Bu məqalədə biz ancaq izobutil efiri ( $C_6H_{12}O_2$ ) haqqında ətraflı məlumat verəjəyik.

İzobutil efirinin sıxlığının ölçüldüyü hidrostatik çəki üsulu bir nesə xüsusiyyətinə görə bu istiqamətdə istifadə edilən cihazlardan xeyli fərqlənir. Bu qurğunun hesablama düsturunun dəqiqliyi, bəzən xəta mənbələrinin ortadan götürülməsi, sadəliyi və s. daha dəqiq təcrübi nəticələrin alınmasına imkan vermişdir.

Sıxlığın ölçülməsi izoterməldə aparılmışdır.

İzobutil efiri 4 izoterməldə tədqiq edilmişdir. Efirin sıxlığı 100MPa xarici təzyiq altında ölçülmüşdür, nəticədə bu maye üçün sıxlığın 44 yeni qiyməti təcrübi təyin edilmişdir. 1 sayılı jədvəldə izobutil efiri üçün sıxlığın təcrübi qiymətləri geniş temperatur və təzyiq intervalında göstərilmişdir.

Bu cədvəldən görünür ki, xarici təzyiq sıxlığa çox az təsir edir. Məsələn, 100MPa təzyiq sıxlığın, 0,49% artmasına səbəb olur (294,36K-də). Bu süd turşusunun mürəkkəb efirlərinin molekullarının çox yaxın yerləşməsini göstərir.

### Cədvəl 1.

İzobutil efirinin sıxlığı, ( $kq/m^3$ )

T,K \ P,MPa	294,36	371,42	465,35	533,89
0,10	987,9	965,0	-	-
9,81	988,5	965,6	936,0	917,5
19,62	989,1	966,3	938,6	921,5
29,43	989,4	967,0	940,7	924,3
39,24	990,1	967,5	942,3	927,1
49,05	990,5	968,0	943,5	930,1
58,86	991,0	968,4	945,2	932,8
68,67	991,4	968,9	947,1	936,6
78,48	991,7	969,3	949,2	940,1
88,29	992,4	969,8	951,4	943,3
98,10	992,8	970,4	953,5	946,4

Bu cədvəldə verilən nəticələrin ətraflı təhlili və araşdırılması göstərdi ki, maye izobutil efirinin xüsusi həcmi belə bir termik hal tənliyi vasitəsilə dəqiq təsvir etmək olar:

$$V = a_0 + a_1 \frac{T}{P} + a_2 \frac{T^2}{P^2}. \quad (1)$$

Bu hal tənliyinin xətası 0,01÷0,03% tərtibindədir. Burada  $v$ – mayenin xüsusi həcmidir,  $T$ -temperatur, (K),  $P$ -təzyiq (MPa),  $a_0$ ,  $a_1$  və  $a_2$ – hər izoterm üçün müəyyən sabitlərdir.

(1) tənliyinin araşdırılması göstərir ki, onun köməyilə mayenin bir çox istilik - fiziki kəmiyyətlərini hesablamaq olar. Bu fikri əsaslandırmaq üçün (1) tənliyini və onun temperatura görə I tərtib törəməsini ( $P=const$ -da) belə bir inteqral-diferensial tənlikdə yazmaq [2]. Onda mayenin entalpiyasının dəyişməsini belə hesablamaq olar:

$$i(P_2T) - i(P_1T) = \int_{P_1}^{P_2} \left[ v - T \cdot \left( \frac{\partial v}{\partial T} \right)_P \right] dP, \quad (2)$$

$$i(P_2T) - i(P_1T) = \Delta i = \Delta P \cdot \left( a_0 - a_2 \frac{T^2}{P_1 P_2} \right). \quad (3)$$

(3) ifadəsinin köməyilə entalpiyanın dəyişməsini müxtəlif temperaturalar üçün hesablamaq olar. Bu halda:  $P_1$  və  $P_2$  təzyiqlər  $\beta$  -fərqi belə ifadə etmək olar:

$$P_2 - P_1 = 10 \text{ MPa}.$$

Sabit təzyiqdə  $\Delta i$ -nin temperatur asılılığı  $\Delta i$ -  $T$  koordinatlarında rəvan əyridir. Onu temperaturun funksiyası kimi belə ifadə etmək olar.

$$\Delta i = J_1 + J_2 \cdot T + J_3 \cdot T^2 \quad (4)$$

Burada  $J_1$ ,  $J_2$  və  $J_3$  empirik əmsallardır. İndi termodinamikanın məlum ifadəsini yazmaq ( $P=const$ ):

$$C_p = \left[ \frac{\partial(\Delta i)}{\partial T} \right]_P, \quad (5)$$

(4)-dən  $T$ -yə görə xüsusi törəməni müəyyən edək:

$$C_p = \left[ \frac{\partial(C_1 + C_2 T + C_3 T^2)}{\partial T} \right]_P = C_2 + 2C_3 T. \quad (6)$$

Beləliklə,  $\Delta P=10 \text{ MPa}$  təzyiqdə (4) və (6) ifadələrinə görə həm entalpiyanın dəyişməsini, həm də izobar istilik tutumunun temperatur asılılığını müəyyən etmişik.  $J_p$ -nin təzyiq asılılığını tapmaq üçün belə bir termodinamik ifadədən istifadə etmək olar:

$$C_p(P_2T) - C_p(P_1T) = -T \cdot \int_{P_1}^{P_2} \left( \frac{\partial^2 v}{\partial T^2} \right)_P \cdot dP. \quad (7)$$

Sağ tərəfdəki inteqralı hesablamaq üçün fərz edək ki, sabit təzyiqdə xüsusi həcm temperaturdan asılılığı belə bir empirik ifadə ilə təsvir edilir:

$$v = K_1 + K_2 T + K_3 T^2, \quad (8)$$

burada  $K_1$ ,  $K_2$  və  $K_3$  – empirik əmsallardır.

(8)-dən  $T$ -yə görə II tərtib törəmə alaq və

$$\left( \frac{\partial^2 v}{\partial T^2} \right)_P = 2K_3, \quad (9)$$

və (7)-də yazmaq:

$$C_p(P_2T) - C_p(P_1T) = -T \cdot \int_{P_1}^{P_2} 2K_3 \cdot dP = -T \cdot 2K_3 (P_2 - P_1). \quad (9)$$

Nəzərə alsaq ki,  $C_P(P_1T)=C_P(10\text{MPa},T)$ -dir, onda müxtəlif təzyiq və temperaturda izobar istilik tutumunu ( $C_P(P_2T)$ ) təyin etmək olar.

Biz bu fikirlərin real nəticə verəcəyini yoxlamaq məqsədi ilə eyni bir maye üçün izobar istilik tutumunu hesabladıq ki, həmin mayenin izobar istilik tutumunun təcrübi qiymətləri, heç olmasa, bir neçə temperaturda məlum olsun. Belə bir maye kimi, biz propion turşusunun metil efirini seçdik və onun üçün (1)-(9) ifadələrinə əsasən izobar istilik tutumunu  $T=300-500\text{K}$ ,  $P=1-100\text{MPa}$  təzyiq intervalında hesabladıq, bu nəticələr 2 sayılı cədvəldə verilir.

**Cədvəl 2.**

Metilpropionatın izobar istilik tutumu,  $C_P\left(\frac{kC}{kg \cdot K}\right)$

P,MPa \ T,K	10	20	40	60	80	100
300	1,960	1,818	1,869	1,850	1,835	1,822
350	2,620	2,574	2,538	2,509	2,491	2,476
400	--	3,356	3,315	3,284	3,264	3,247
450	--	4,366	4,320	4,256	4,457	4,238
500	--	5,596	5,543	5,504	5,472	5,451

Metilpropionatın izobar istilik tutumu adiobatik kalorimetrlə məhdud temperatur intervalında ölçülmüşdür [3]. Həmin temperatur intervalında  $C_P$ -nin təcrübi qiymətləri 2 sayılı cədvəldə verilən qiymətlərə çox yaxındır; məsələn, 300K-də bu fərq 2-3%-dən çox deyil.

Bu göstərir ki, yuxarıda təklif olunan hesablama sxemi mayenin istilik-fiziki kəmiyyətlərin təyin edilməsi üçün faydalı bir üsul kimi qəbul edilə bilər.

Təklif edilən hesablama sxeminin yaxşı nəticə verməsini nəzərə alaraq süd turşusunun izobutil efirinin istilik-fiziki kəmiyyətlərini hesablamışıq.

İzobutil efiri üçün (1) – (9) tənliklərini tətbiq edərək bu efirin entalpiyasının dəyişməsinə, izobar və izoxor istilik tutumunu, səs tezlikli dalğaların yayılma sürətini təyin etmişik və həmin nəticələr aşağıda verilir.

**Cədvəl 3.**

İzobutil efirinin  $P=10\text{MPa}$  təzyiqdə entalpiyasının dəyişməsi,  $\Delta i\left(\frac{kC}{kg}\right)$

T,K	294,36	371,42	461,35	533,89
$\Delta i\left(\frac{kC}{kg}\right)$	16,729	18,849	34,236	58,827

**Cədvəl 4.**

İzobutil efirin izobar istilik tutumu,  $C_P\left(\frac{kC}{kg \cdot K}\right)$

P,MPa \ T,K	10	20	40	60	80	100
294,36	1,673	1,664	1,646	1,624	1,583	1,498
371,42	1,885	1,877	1,851	1,823	1,772	1,664
465,35	3,424	3,409	3,381	3,346	3,282	3,147
533,89	5,883	5,866	5,834	5,794	5,721	5,566

İzobutil efirinin izobar istilik tutumuna aid 3 sayılı cədvəldəki qiymətləri nəzərə alaraq, belə bir ifadə əsasında, izoxor istilik tutumunu təyin etmişik [4]:

$$C_v = \frac{C_p}{1 + \frac{K}{\mu C_p}}, \quad (10)$$

burada  $K=56,7C/\text{mol}$ ,  $\mu$ -mayenin molekulyar kütləsidir, izobutil efiri üçün  $\mu=144 \cdot 10^{-3} \text{ kq/mol}$ -dur.

### Cədvəl 5.

İzobutil efirinin izoxor istilik tutumu  $C_v \left( \frac{\text{kC}}{\text{kg} \cdot \text{k}} \right)$

P, MPa T, K	10	20	40	60	80	100
294,36	1,327	1,318	1,301	1,280	1,241	1,161
371,42	1,531	1,522	1,498	1,471	1,422	1,319
465,35	3,037	3,023	2,995	2,961	2,897	2,764
533,89	5,477	5,461	5,426	5,320	5,315	5,161

Təklif olunan hesablamə sxemi izobutil efirində səs tezlikli dalğaların yayılma sürətini (C) təyin etməyə imkan verir. Belə bir termodinamik [2] asılılıqdan istifadə edərək C-ni təyin etmişik:

$$C = \sqrt{\frac{C_p}{C_v} \cdot \frac{v}{\beta_T}}, \quad (11)$$

burada,  $\beta_T$ -mayenin izotermik sıxılma əmsəlidir.

Alınan nəticələr aşağıdakı 6 sayılı cədvəldə verilir.

### Cədvəl 6.

İzobutil efirində səs yayılma sürəti, C(m/s)

P, MPa T, K	10	20	40	60	80	100
294,36	4561	4565	4861	5040	5260	5500
371,42	4500	4565	4606	4653	4696	4768
365,35	---	2087	2167	2251	2329	2357
533,89	---	1703	1770	1831	1891	1923

1 – 6 cədvəllərində verilən məlumatlar göstərir ki, termodinamik, kalorik və akustik kəmiyyətlərin hal parametrlərindən asılı olaraq dəyişməsi molekulyar fizikanın tələbləri və qanunauyğunluqlarına uyğundur.

1. K.D.Hüseynov, Ə.M.Quliyev, S.J.Bünyadov, *Oksigenli üzvi mayələrin istilik-fiziki xassələri*, Bakı, (2001).
2. К.Д.Гусейнов, *Исследование теплофизических свойств ряда кислородсодержащих веществ в широком интервале параметров состояния: дис... докт. физ-мат. наук*, Баку, (1979).
3. В.А.Кириллин, В.В.Сычев, А.Е.Шейндлин, *Техническая термодинамика*, М.-Л., Госэнергоиздат, I (1955), II (1956).
4. Л.П.Филиппов, *Подобие свойств веществ*, Изд.-во МГУ им.В.И.Ломоносова, М.,(1978).

**COMPLEX DETERMINATION OF THE TECHNO-PHYSICAL CHARACTERS  
OF IZOBUTYL ETHER OF LACTIC ACID**

**A.M.GULIEV**

Density of izobutyl ether in the range of pressure 0.1÷98.1MPa and of temperature 294.36÷536.39K by method of hidro-statistic weighing was measured. New equation was obtained by the thermalcondition, the changes in enthalpy, izobar and izochoric thermal capacity and spreading speed of sound waves of liquid ether have been defined in different parameter conditions.

**КОМПЛЕКСНОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ ТЕПЛОФИЗИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ИЗОБУТИЛИВОВОГО  
ЭФИРА МОЛОЧНОЙ КИСЛОТЫ**

**A.M.ГУЛИЕВ**

Методами гидростатического взвешивания была измерена плотность изобутилового эфира в интервале давлений 0,1÷98,1МПа и температур 294,36÷536,39К. С помощью составленного термического уравнения состояния были получены новые расчётные уравнения, с их помощью определяли изменения энтальпии, изобарной и изохорной теплоемкостей и скорости распространения звуковых волн при различных параметрах состояния.

Редактор: А.Халилова