PACS 536.77:547.442

METANOL VƏ 1-BUTİL-3-METİLİMİDAZOLİUM TRİFLUOROMETANSULFONAT BİNAR QARIŞIĞININ DOYMUŞ BUXAR TƏZYİQİ

A.QULUZADƏ[*,], C.SƏFƏROV[***]**

*Bakı Mühəndislik Universiteti**
AZ 0101, Azərbaycan, Xırdalan, H.Əliyev küç., 120
*Azərbaycan Texniki Universiteti***
AZ 1073, Bakı, Azərbaycan, H.Cavid pr., 25
*Rostok Universiteti****
D-18059 Rostok, Almaniya, Albert-Einstein, 2
javid.safarov@uni-rostock.de

Daxil olub: 29. 01.2022
Çapa verilib: 04.03.2022

REFERAT

İki müxtəlif yüksək dəqiqlikliyə malik olan statik qurğu vasitəsi ilə metanol və 1-butil-3-metilimidazolium trifluoromethanesulfonat [BMİM][TFO] ionlu mayesinin binar qarışığının doymuş buxar təzyiqi araşdırılmışdır. Təcrübələr genişləndirilmiş T=(274.15÷413.15)K temperatur intervalında aparılmışdır. Metanolun ionlu maye üzərində aktivlik γ və osmotik ϕ əmsalları tapılmışdır. Alınmış nəticələr Antuan, Klapeyron-Klausius, ikiqat polinom tipli tənliklərlə və NRTL metodunun köməyi ilə yazılmışdır.

Açar sözlər: Absorbsion soyuducu maşınlar, ionlu mayelər, buxar təzyiqi, Antoine tənliyi, osmotik əmsal, aktivlik əmsalı.

GİRİŞ

Son illərin ənənvi enerji qıtlığı problemlərinin həlli istiqamətində alternativ enerji mənbələrinin öyrənilməsinə maraq artırmaqda davam edir. Günəş, külək, hidroqurğular, termal sular, absorbsion qurğular və s. kimi alternativ enerji mənbələri bu sahədə xeyli texniki irəliləyiş əldə etmişlər.

Absorbsion soyuducu maşınlar və istilik nasosları (ASMİN) da alternativ enerji qurğuları sırasına daxildir. ASMİN-da istilikdaşıyıcısı (İD) kimi absorbent və soyuducu agent halında iki maddənin qarışığından istifadə edilir. Bu maddələr (absorbent və soyuducu agent) qarışarkən ətraf mühitə istilik verir və ayrılanda isə ətraf mühitdən istilik alır və bu istilik müxtəlif məqsədlərlə istifadə edilə bilər. Ənənəvi olaraq ASMİN-da istilik daşıyıcısı kimi LiBr, LiCl və s. elektrolit duzlarının, yaxud ammonyakın su ilə qarışığı istifadə olunur. Uzun illərin təcrübəsi onu göstərmişdir ki, bu cür İD mayelərin istifadəsi zamanı korroziya və kristalizasiya probləri meydana çıxır [1]. Bu məqsədlə yeni, ekoloji təmiz, qurğulara heç bir texniki problemlər yaratmayan İD-lərin araşdırılması son illərin aktual elmi istiqamətlərinə aid olmuşdur. İD bir neçə mühüm keyfiyyətə: bütün temperatur intervalında stabilliyə, yüksək qaynama temperaturuna, antikorroziv xassələrə, aşağı donma temperaturuna və s. malik olmalıdır. Son onilliklərdə bu problemlərin həll edilməsi sahəsində müxtəlif İD araşdırmaları aparılmışdır [2-4]. Bu istiqamətdə ionlu mayelərin (İM) orqanik maddələrlə qarışıqlarının istilik-fiziki xassələrinin öyrənilməsi xüsusi diqqət cəlb edir [5-7]. İM-lərin əsas üstünlüyü odur ki, onlar ətraf mühit temperatur, təzyiqində maye halında elektrolit duzlardır və ekoloji təmiz mayelər sırasına aiddir. Kation orqanik maddələrdən ibarətdir. Kationun və ya anionun uzun dövri həlqəsi ionlu maddələrin müxtəlif məqsədlər üçün istifadə edilməsinə imkan verir.

Təqdim olunan məqalədə metanol və [BMİM][TFO] binar qarışığı {xCH$_3$OH+(1-x)[BMİM][TFO]} yeni istilik daşıyıcısı kimi təcrübi və nəzəri olaraq analiz edilmişdir. Metanolun çox yaxşı həlledici və donma temperaturunun aşağı olması onun qarışıqda istifadə olunmasını daha da əsaslandırır. Beləliklə, bu qarışığı ASMİN-da İD kimi istifadə etmək çox əlverişlidir.

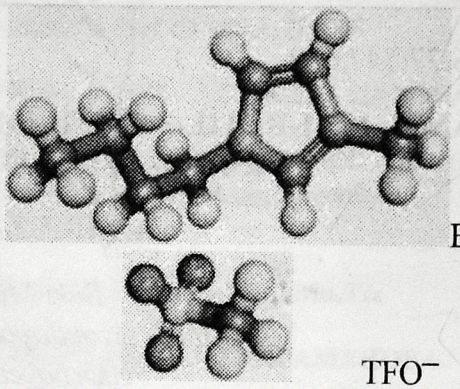
İstilik daşıyıcılarını ASMİN-da tətbiq olunmasının necə effekt verməsini yoxlamaq üçün onların istilik-fiziki xassələri konsentrasiyadan asılı olaraq dərindən öyrənilməlidir. Ədəbiyyat araşdırmasından məlum olmuşdur ki, qarışığının doymuş buxar təzyiqinin təcrübi nəticələri əvvəllər öyrənilməmişdir. Bu məqsədlə bu qarışığın doymuş buxar təzyiqinin T=(274.15÷413.15)K temperatur intervalında təcrübi analizi aparılmışdır.

TƏCRÜBƏ BÖLMƏSİ

Kimyəvi maddələr: Təcrübələrdə istifadə edilmiş [BMİM][TFO] (CAS№174899-66-2, kimyəvi formulu $C_9H_{15}F_3N_2O_3S$, təmizliyi ≥98%, istehsal nömrəsi 4900240100, molekulyar kütləsi M_w=0.28829 kq·mol^{-1}) Almaniyanın Merck firmasından alınmışdır.

[BMİM][TFO] kimyəvi sintez nəticəsində aşağıdakı kimi əldə edilir [8]: 2 litrlik kolbada 50q təzə distillə edilmiş metilimidazola T=313,15K temperaturda yavaş-yavaş 60q n-Bromobutan əlavə edilir. Bu reaksiya ekzotermik olduğu üçün geniş miqyaslı reaksiyalar üçün soyuducu sistemindən istifadə etmək lazımdır ki, temperatur daha yüksək olmasın. Sonra qarışıq bir gün ərzində otaq temperaturunda maqnit qarışdırıcı ilə qarışdırılır. Bu müddət ərzində sarı bir qat əmələ gəlir. Bu bərk maddə süzülür, dietil efirlə (3·620ml) yuyulur və vakuum altında qurudulur. Sonra sarı bərk maddə 100ml deionlaşdırılmış suda həll edilir. Rəngsizləşdirici kömür (3 q) məhlula əlavə edilir və əldə edilən qarışıq 24 saat ərzində T=338,15K temperaturda qızdırılır, sonra qarışıq otaq temperaturuna qədər soyudulub süzülür. Bu mərhələdə qarışıq rəngsiz olmalıdır. Rəng qalarsa, ağartma kömür əməliyyatı təkrarlanır. 1-butil-3-metilimidazolium bromidin təmiz məhlulu daha sonra 200ml deionlaşdırılmış suda natrium triflatın (110q) məhlulu ilə qarışdırılır. Məhlul otaq temperaturunda 3 saat qarışdırılır və vakuum altında qurudulur. Nəticədə, rəngsiz, bromidsiz 1-butil-3-metilimidazolium trifluoromethanesulfonat əldə edilir.

[BMİM][TFO]-ın kationu $C_8H_{15}N_2$-dən və anionu isə CF_3SO_3-dən ibarətdir (Şəkil 1). İM-nin tərkibindəki suyun miqdarı (<140ppm) Karl Fischer titrasionu ilə təyin edilmişdir.



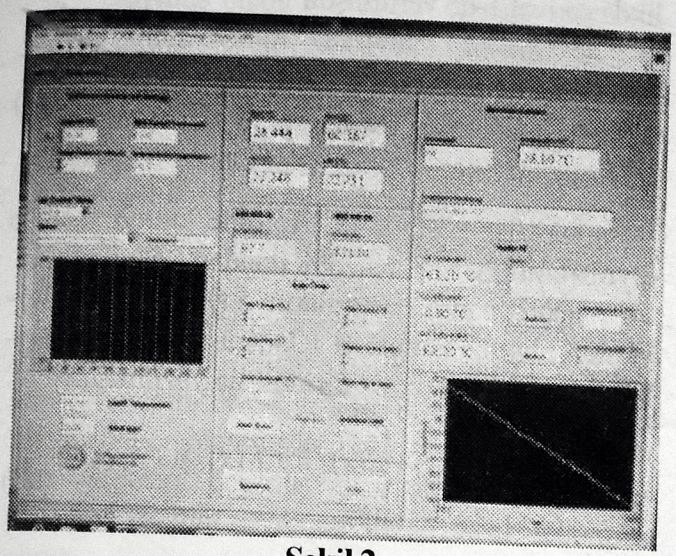
Şəkil 1.
[BMİM][TFO]-nın kimyəvi strukturu.

Qarışığın hazırlanması: [BMİM][TFO] ionlu maddəsi xüsusi kolbada vakuum altında və T=423.15K temperatura qədər qızdırılır və deqazasiya olunur. Bu zaman sistemdə təzyiqə mütəmadi olaraq nəzarət edilir və bu proses dərin vakuum alınana qədər (0÷1)Pa ən azı 24 saat aparılır. Başqa bir kolbada metanol rektifikasiya olunub təcrübəyə hazır vəziyyətə gətirilir. Hər iki kolba xüsusi adapter vasitəsi ilə birləşdirilir və metanol ion mayesi olan kolbaya tökülür. Qarışığın hazırlanması prosesi [9]-də ətraflı verilmişdir.

Təcrübə qurğusu: Təcrübi olaraq analiz edilmiş {xCH$_3$OH+(1-x)[BMİM][TFO]} qarışığının doymuş buxar təzyiqi statik metodla işləyən iki müxtəlif təcrübə qurğusunda ölçülmüşdür [9]: birinci qurğu T=(274.15÷323.15)K və ikinci qurğu T=(323.15÷468.15)K temperatur intervallarında ölçmələr aparır.

T=(274.15÷323.15)K temperatur intervalında təcrübələr aparmaq üçün nəzərdə tutulan qurğunun əsas hissəsi şüşədən hazırlanmış ikiqat ölçmə yuvasından ibarətdir. Təcrübə təzyiqi T=333.15±0.01K temperaturda hava ilə termostatlaşdırılan qabda yerləşdirilmiş 615A, MKS Baratron tipli yüksək həssas sensor ilə ölçülür. Qarışığın temperaturu müasir PT-100 platin-müqavimət termometri vasitəsi ilə ΔT=±0.01K dəqiqliklə stabil saxlanılır. Təcrübə xətası temperatur üçün ΔT=±0.01K və təzyiq üçün ΔP=±(10-30)Pa-dır. Təcrübələr temperaturun artması və ya azalması ilə aparılır. Bu zaman eyni temperaturlarda hər iki istiqamətdə doymuş buxar təzyiqlərinin nəticələri arasında xəta daha önəmli hal kimi araşdırırlır. Qurğu tam avtomatik olaraq çalışır və nəticələr LabVIEW

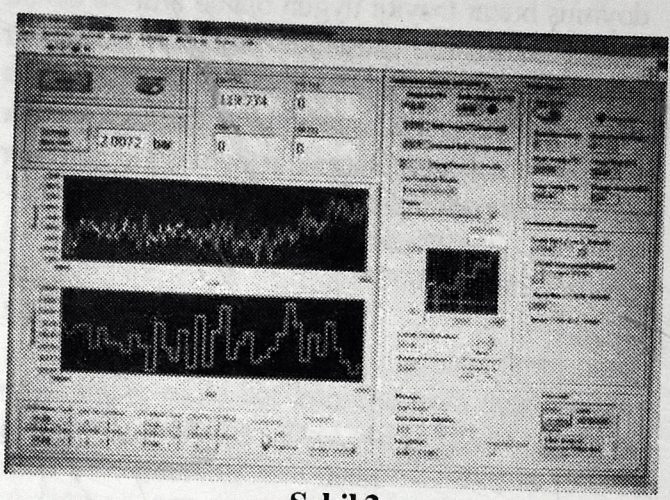
proqramı ilə təchiz olunan kompüterə göndərilir (Şəkil 2).



Şəkil 2

T=(274.15÷323.15)K temperatur intervalında təcrübələr aparmaq üçün qurğunun avtomatik idarə edilməsi üçün LabView kompüter proqramı.

Qurğu dəqiq ölçü xətasına malik olduğundan doymuş buxar təzyiqi təcrübələri üçün daha yararlıdır. Amma ölçü yuvası şüşədən hazırlandığı üçün normal atmosfer təzyiqindən yüksək təzyiqlərdə ölçmələr aparmaq mümkün deyil. Ona görə də T=(323.15÷413.15)K temperatur intervalında {$x$$CH_3OH$+(1-$x$)[BMİM][TFO]} qarışığının doymuş buxar təzyiqinin ölçülməsi paslanmayan V4A poladdan hazırlanmış ölçü yuvası olan ikinci qurğuda aparılır. Ən yüksək doymuş buxar təzyiqi T=413.15K-də təmiz metanolun nəticəsi olduğundan (P=10.9 bar), maksimum 16 bar təzyiq ölçmək imkanına malik doymuş buxarın təzyiqi ölçü membranı birbaşa ən uc nöqtədə olan və silikon yağı ilə elektronikanın əlaqələndirildiyi xüsusi təzyiqölçən manometrdən (SERIE 35X HTC, Omega GmbH & Co., Almaniya, ΔP=±2000Pa) istifadə edilmişdir. Bu qurğuda da təcrübələr aşağı temperaturdan (T=333.15K) yuxarı temperatura (T=413.15K) qədər və ya əks istiqamətdə əvvəlcədən müəyyən olunmuş temperatur intervalı ilə təxminən 1 saat ərzində stabilləşən temperatur rejimində aparılır (Şəkil 3). Bundan sonra kompüter LabView proqramı istifadə etməklə qurğunun temperaturunu dəyişərək digər temperatur rejiminə keçir. Hər iki qurğuda təcrübələrdən əvvəl ölçü yuvası su, asetonla yuyulur və vakuum sisteminin köməyi ilə tam vakuum alınana qədər P=(0÷1)Pa qurudulur. Bu proses təxminən 5-6 saat davam edir və təcrübələrə start verilir.



Şəkil 3

T=(333.15÷413.15)K temperatur intervalında təcrübələr aparmaq üçün qurğunun avtomatik idarə edilməsi üçün LabView kompüter proqramı.

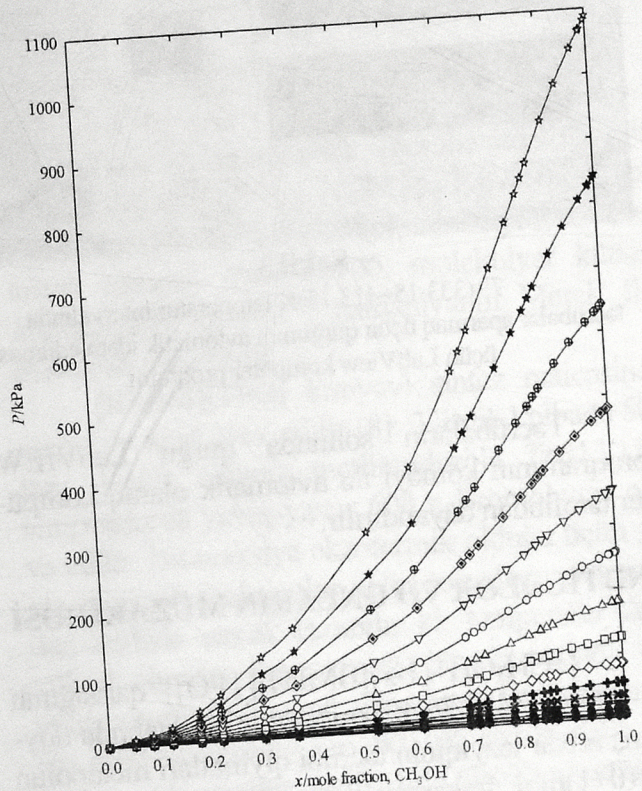
Təcrübələrin sonunda qurğu LabVIEW proqramının köməyi ilə avtomatik olaraq kompüter tərəfindən dayandırılır.

NƏTİCƏLƏR VƏ ONLARIN MÜZAKİRƏSİ

{$x$$CH_3OH$+(1-$x$)[BMİM][TFO]} qarışığının T=(274.15÷413.15)K temperatur intervalında doymuş buxar təzyiqinin təcrübi qiymətləri metanolun x=(0÷1)mol fraksiyası intervalında ölçülmüş və metanolun mol fraksiyasından x asılılığı Şəkil 4-də verilmişdir. Alınmış nəticələrdən aydın olur ki, doymuş buxar təzyiqinin metanolun mol fraksiyalarından asılılığı təxminən x=0.7 qiymətinə qədər additivlikdən neqativ, daha sonra isə pozitiv kənara çıxma ilə müşahidə olunur, bu da qarışığın tərkibində metanolun miqdarının kiçik mol fraksiyalarında az, x=0.7 mol fraksiyasından sonra isə çox olması nəticəsində molekullarının buxar fazasına az və ya çox buxarlanması nəticəsində doymuş buxar təzyiqinin müxtəlif formada dəyişməsinə gətirir. Tədqiq edilmiş qarışığının doymuş buxar təzyiqinin təcrübi ölçülməsi ilk dəfə müəlliflər tərəfindən aparılmışdır və buna görə də ədəbiyyatla yoxlamalar aparılmamışdır.

Şəkil 4-dən görünür ki, doymuş buxar təzyiqi qiymətləri əsasən metanolun kiçik mol fraksiyalarında çox az qiymətlərə malikdir. Təxminən metanolun x=0.18 mol fraksiyasından sonra doymuş

buxar təzyiqlərinin qiymətləri artmağa başlayır. Metanolun konsentrasiyası artdıqca qarışığının doymuş buxar təzyiqi uyğun olaraq artır və elə bir kəskin anormallıq müşahidə olunmur. Bu da bir daha $\{x\mathrm{CH_3OH}+(1\text{-}x)[\mathrm{BMİM}][\mathrm{TFO}]\}$ qarışığının bütün konsentrasiyalarda stabil olduğunu göstərir və onun enerji qurğularında istilikdaşıyıcı mayelər kimi istifadə olunmasına yaxşı şərait yaradır.



Şəkil 4

$\{x\mathrm{CH_3OH}+(1\text{-}x)[\mathrm{BMİM}][\mathrm{TFO}]\}$ qarışığının doymuş buxar təzyiqinin P/kPa metanolun mol fraksiyasından x asılılığı: ◆, 274.15 K; ■, 278.15 K; ▲, 283.15 K; ●, 293.15 K; ▼ 303.15 K; ✖, 313.15 K; ✚, 323.15 K; ◇, 333.15 K; □, 343.15 K; △, 353.15 K; ○, 363.15 K; ▽, 373.15 K; ◈, 383.15 K; ⊕, 393.15 K; ★, 403.15 K; ☆, 413.15 K, ___ (4-6) tənlikləri.

Doymuş buxar təzyiqinin təcrübi nəticələri Antoine tənliyi vasitəsilə yazılmışdır

$$\ln\,(P/\mathrm{Pa}) = A - B/\{(T/\mathrm{K}) + C)\}, \qquad (1)$$

burada A, B və C Antoine tənliyinin əmsallarıdır

$$A = \sum_{i=0}^{4} a_i x^i ; B = \sum_{i=0}^{4} b_i x^i ; C = \sum_{i=0}^{4} c_i x^i , \qquad (2)$$

a_i, b_i və c_i əmsalları hər konsentrasiyaya uyğun tənliyin təcrübə nəticələrini yazma xətası ilə birlikdə cədvəl 1-də verilmişdir

$$\frac{\Delta P}{P},\% = \frac{100}{n} \cdot \sum_{i=1}^{n} \frac{P_{\mathrm{exp.}} - P_{\mathrm{cal.}}}{P_{\mathrm{exp.}}} . \qquad (3)$$

Hesablamalar göstərir ki, Antoine tənliyi təcrübə qiymətlərini $\Delta P/P = \pm 3.75\%$ standart xəta ilə yazır.

Daha sonra qarışıqların doymuş buxar təzyiqinin alınmış nəticələri Klausius-Klapeyron tənliyinin genişləndirilmiş forması ilə yazılmışdır

$$P(T,x) = D(x) + E(x)/T + F(x)\cdot \ln T + \\ + G(x)\cdot T + H(x)\cdot T^2, \qquad (4)$$

burada D, E, F, G və H - (4) tənliyinin əmsallarıdır və metanolun x mol fraksiyasından aşağıdakı kimi asılıdırlar:

$$D = \sum_{i=0}^{4} d_i x^i , E = \sum_{i=0}^{4} e_i x^i , F = \sum_{i=0}^{4} f_i x^i , \\ G = \sum_{i=0}^{4} g_i x^i , H = \sum_{i=0}^{4} h_i x^i , \qquad (5)$$

burada d_i, e_i, f_i, g_i və h_i (5) tənliklərinin əmsallarıdır və Cədvəd 2-də verilmişdir. (4-5) tənlikləri təcrübə qiymətlərini $\Delta P/P = \pm 1.65\%$ standart xəta ilə yazır (Şəkil 5) və onların bütün əmsalları x=0 (təmiz ionlu maye) mol fraksiyasında sıfra bərabərdir.

Tədqiq edilmiş qarışıqların doymuş buxar təzyiqinin nəticələrinin yazılması üçün üçüncü tənlik olaraq ikiqat polinom tənliyi seçilmişdir

$$\ln P = \sum_{i=0}^{3} (x/\mathrm{mol\ fr.})^i \sum_{j=0}^{3} s_{ij} \left(\frac{1}{T}\right)^j , \qquad (6)$$

burada s_{ij} - (6) tənliyinin əmsallarıdır və Cədvəl 3-də verilmişdir. İkiqat polinom tənliyi təcrübə qiymətlərini $\Delta P/P = \pm 5.16\%$ standart xəta ilə yazır. (6) tənliyinin də bütün əmsalları x=0 (təmiz ionlu maye) mol fraksiyasında sıfra bərabərdir.

Təcrübə nəticələrinin empirik tənliklərlə yazılması xətaları onların hər üçünün tədqiq olunmuş qarışıqların nəzəri hesablamalar zamanı müvəffə-

qiyyətlə istifadə edilməsinin mümükünlüyünü sübut edir.

Doymuş buxar təzyiqinin təcrübə qiymətlərindən həlledicinin aktivlik əmsalı a_s və [BMİM][TFO]-ın osmotik əmsalı ϕ hesablanmışdır [10]. Şəkil 6-da qarışıqlar üçün metanolun aktivliyinin a_s metanolun x mol fraksiyasından asılılığı və Şəkil 7-də İM-in osmotik əmsalının ϕ ionlu mayenin molal $m^{1/2}/\text{mol}\cdot\text{kq}^{-1}$ konsentrasiyasından asılılığı verilmişdir.

Tədqiq edilmiş qarışıqlar üçün aktivlik əmsalı γ qeyri-elektrolitlərin qeyri təsadüfi - iki maye (Non-Random-Two-Liquid-NRTL) modelinin köməyi ilə hesablanmışdır [10]. Bu zaman həlledicinin (metanol) doymuş buxar təzyiqi P^*, qarışığın φ və həlledicinin φ^* fuqativlik əmsalları da nəzərə alınır:

$$\ln\gamma_1^{NRTL} = x_2^2\left[\tau_{21}\left(\frac{G_{21}}{x_1+x_2G_{21}}\right)^2+\frac{\tau_{12}G_{12}}{(x_2+x_1G_{12})^2}\right], \quad (7)$$

burada $G_{ij}=\exp(-\alpha_{ij}\tau_{ij})$, $\tau_{ij}=(g_{ij}-g_{jj})/RT$ və $\alpha_{ij}=\alpha_{ji}=\alpha$ ($i, j=1,2$; $i\neq j$) (7) tənliyinin əmsallarıdır və Cədvəl 4-də verilmişdir. Hesablamalar göstərir ki, ikiqat NRTL modeli polinom tənliyi təcrübə qiymətlərini $\Delta P/P= \pm 3.42\%$ standart xəta ilə yazır. Alınmış nəticələr Şəkil 8-də metanolun mol fraksiyasından x asılı verilmişdir.

Doymuş buxar təzyiqinin nəticələrin nəzəri analizindən sonra hər konsentrasiya üçün üç temperatur intervalında - $T=(274.15\div323.15)$K temperatur intervalı üçün $T=298.15$K-də, $T=(323.15\div373.15)$K temperatur intervalı üçün $T=348.15$K-də və $T=(373.15\div413.15)$K temperatur intervalı üçün $T=398.15$K-də buxarlanma entalpiyası hesablanmış [10] və alınmış nəticələr Cədvəl 5-də verilmişdir.

Cədvəl 1

Antoine tənliyinin (1) a_i, b_i və c_i əmsalları.

a_i	b_i	c_i
$a_0 = 12.8892397626381$	$b_0 = 1438.74816388208$	$c_0 = -80.1940602113297$
$a_1 = 44.9481417103865$	$b_1 = 13080.5712910431$	$c_1 = 440.548311357842$
$a_2 = -79.3607000479648$	$b_2 = -22971.9822265021$	$c_2 = -849.551881489981$
$a_3 = 63.1916220912702$	$b_3 = 14588.4089717797$	$c_3 = 556.929111470192$
$a_4 = -18.2978284134879$	$b_4 = -2572.17773286253$	$c_4 = -104.625455595669$

Cədvəl 2

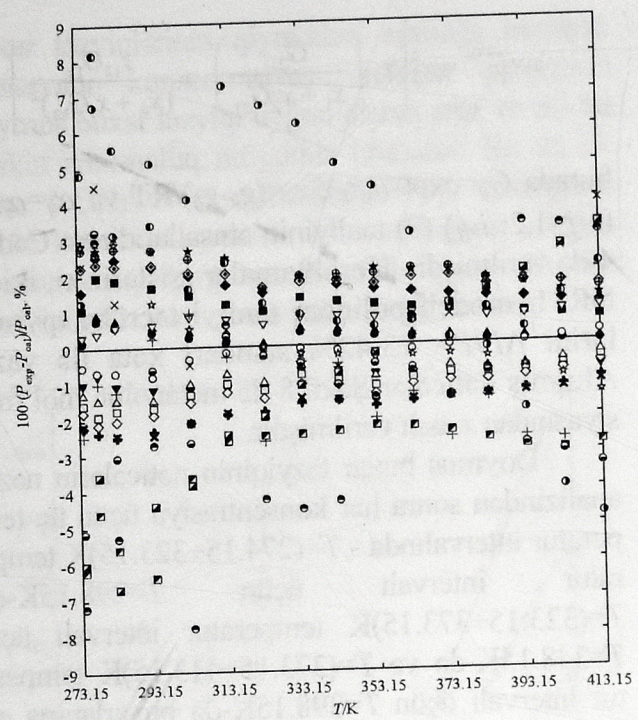
Klausius- Klapeyron tənliyinin (4) əmsalları.

d_i	e_i	f_i	g_i	h_i
$d_0 = 2063.665549$	$e_0 = -48232.34033$	$f_0 = -380.9062943$	$g_0 = 1.068871151$	$h_0 = -0.502696313\cdot10^{-3}$
$d_1 = -6874.286237$	$e_1 = 150874.7535$	$f_1 = 1278.147725$	$g_1 = -3.497227315$	$h_1 = 0.1609399877\cdot10^{-2}$
$d_2 = 5627.853762$	$e_2 = -125200.5847$	$f_2 = -1043.479942$	$g_2 = 2.738639739$	$h_2 = -0.1222189439\cdot10^{-2}$
$d_3 = 7773.994512$	$e_3 = -167350.8201$	$f_3 = -1453.296667$	$g_3 = 4.321345874$	$h_3 = -0.2119560398\cdot10^{-2}$
$d_4 = -8663.451086$	$e_4 = 186622.3885$	$f_4 = 1619.085434$	$g_4 = -4.704952302$	$h_4 = 0.2273682796\cdot10^{-2}$

Cədvəl 3

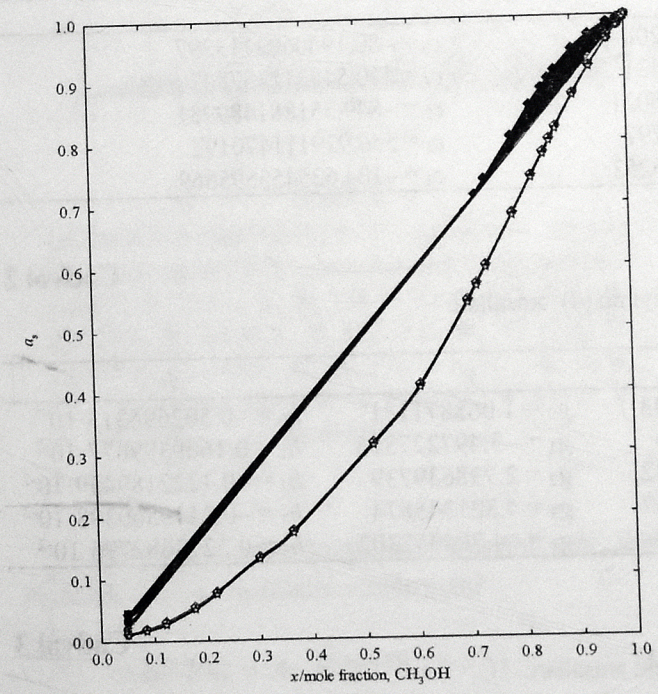
(6) polinom tənliyinin əmsalları.

$s_{00} = 16.77332861$	$s_{10} = -5028.396539$	$s_{20} = 1032427.893$	$s_{30} = -147813636.1$
$s_{01} = 16.08816441$	$s_{11} = 10264.23721$	$s_{21} = -6681752.515$	$s_{31} = 906793170.9$
$s_{02} = -19.08548698$	$s_{12} = -14031.21168$	$s_{22} = 9540793.796$	$s_{32} = -1342928088$
$s_{03} = 8.466496093$	$s_{13} = 6422.872379$	$s_{23} = -4414377.039$	$s_{33} = 620341393.7$



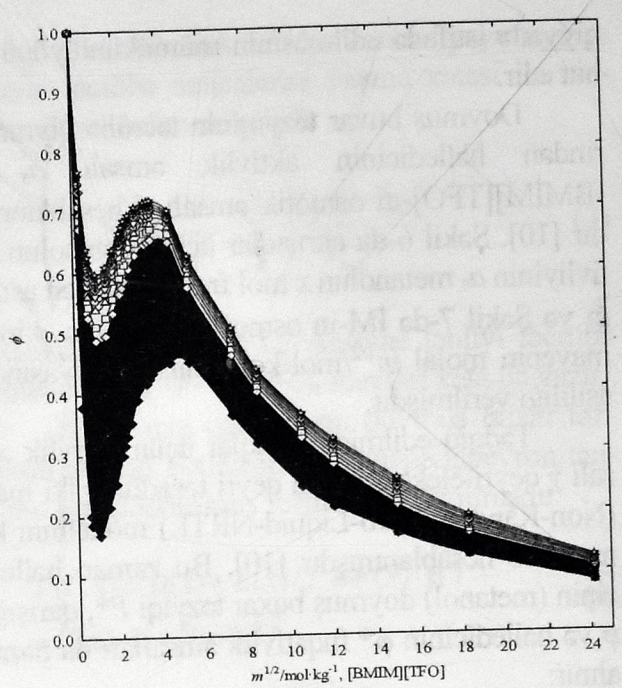
Şəkil 5

{xCH$_3$OH+(1-x)[BMİM][TFO]} qarışığı üçün ölçülmüş P_{exp}/kPa və (4-5) tənlikləri ilə hesablanmış P_{cal}/kPa doymuş buxar təzyiqlərinin fərqinin temperaturdan T/K asılılığı: ◆, 274.15 K; ■, 278.15 K; ▲, 283.15 K; ●, 293.15 K; ▼ 303.15 K; ✖, 313.15 K; ✚, 323.15 K; ◇, 333.15 K; □, 343.15 K; △, 353.15 K; ○, 363.15 K; ▽, 373.15 K; ⊙, 383.15 K; ⊕, 393.15 K; ★, 403.15 K; ☆, 413.15 K.



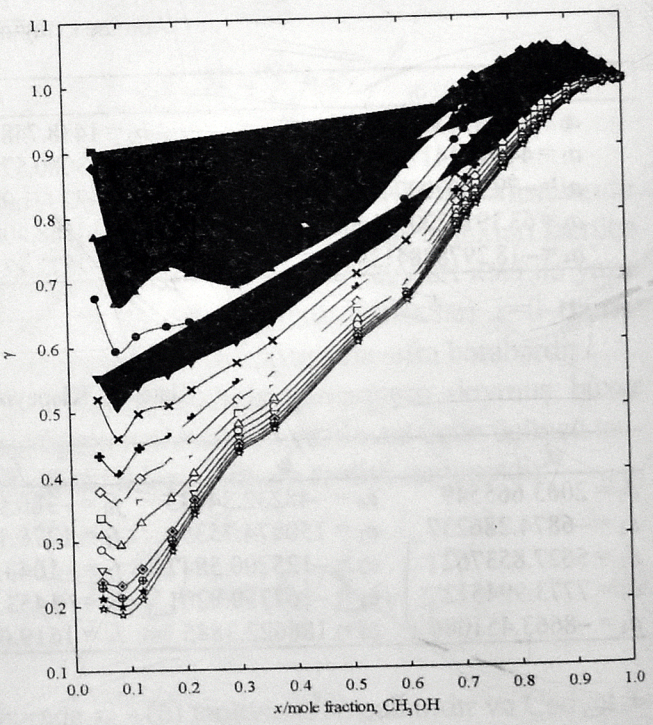
Şəkil 6

{xCH$_3$OH+(1-x)[BMİM][TFO]} qarışığı üçün metanolun aktivliyinin a_s metanolun x mol fraksiyasından ı: ◆, 274.15 K; ■, 278.15 K; ▲, 283.15 K; ●, 293.15 K; ▼ 303.15 K; ✖, 313.15 K; ✚, 323.15 K; ◇, 333.15 K; □, 343.15 K; △, 353.15 K; ○, 363.15 K; ▽, 373.15 K; ⊙, 383.15 K; ⊕, 393.15 K; ★, 403.15 K; ☆, 413.15 K.



Şəkil 7

{xCH3OH+(1-x)[BMİM][TFO]} qarışığı üçün İM-nin osmotik əmsalının ϕ ionlu mayenin molal $m^{1/2}$/mol·kq^{-1} konsentrasiyasından asılılığı: ◆, 274.15 K; ■, 278.15 K; ▲, 283.15 K; ●, 293.15 K; ▼ 303.15 K; ✖, 313.15 K; ✚, 323.15 K; ◇, 333.15 K; □, 343.15 K; △, 353.15 K; ○, 363.15 K; ▽, 373.15 K; ⊙, 383.15 K; ⊕, 393.15 K; ★, 403.15 K; ☆, 413.15 K.



Şəkil 8

{xCH$_3$OH+(1-x)[BMİM][TFO]} qarışığının aktivlik əmsalının γ metanolun mol fraksiyasından x asılılığı: ◆, 274.15 K; ■, 278.15 K; ▲, 283.15 K; ●, 293.15 K; ▼ 303.15 K; ✖, 313.15 K; ✚, 323.15 K; ◇, 333.15 K; □, 343.15 K; △, 353.15 K; ○, 363.15 K; ▽, 373.15 K; ⊙, 383.15 K; ⊕, 393.15 K; ★, 403.15 K; ☆, 413.15 K.

Cədvəl 4

{xCH$_3$OH+(1-x)[BMİM][TFO]} qarışığının aktivlik əmsalı γ üçün NRTL modelinin əmsalları.

T/K	$\alpha = \alpha_{12} = \alpha_{21}$	τ_{12}	τ_{21}	$\Delta P/P$, %
274.15	0.309	-0.100	-0.240	4.21
278.15	0.322	-0.063	-0.348	4.41
283.15	0.354	-0.036	-0.460	3.71
293.15	0.397	-0.020	-0.635	3.50
303.15	0.472	-0.008	-0.775	2.46
313.15	0.509	-0.018	-0.832	2.57
323.15	0.560	-0.053	-0.908	1.82
333.15	0.588	-0.103	-0.944	1.78
343.15	0.593	-0.172	-0.964	*1.88*
353.15	0.566	-0.236	-1.000	*1.68*
363.15	0.525	-0.292	-1.006	*2.29*
373.15	0.463	-0.377	-1.020	*2.58*
383.15	0.394	-0.480	-1.073	*2.83*
393.15	0.313	-0.668	-1.087	*5.00*
403.15	0.220	-0.888	-1.116	*8.07*
413.15	0.140	-1.232	-1.160	5.89

Cədvəl 5

Metanolun {xCH$_3$OH+(1-x)[BMİM][TFO]} qarışığında ΔH_v/J·mol^{-1} buxarlanma entalpiyası.

Metanolun x/mol fraksiyası	T=298.15 K	T=348.15 K	T=398.15 K
	ΔH_v/J·mol^{-1}		
1.0000	38570.15	37129.89	35982.05
0.9966	38526.88	37117.86	35956.43
0.9873	38474.23	37076.69	35902.69
0.9857	38455.06	37066.58	35897.57
0.9671	38274.52	36948.53	35801.39
0.9334	38115.73	36718.26	35610.67
0.9022	37861.67	36501.72	35426.32
0.8685	37592.50	36301.76	35253.34
0.8569	37494.34	36225.50	35184.54
0.8447	37379.46	36156.95	35104.33
0.8218	37173.57	36028.83	35026.92
0.7857	36871.87	35893.30	34806.77
0.7348	36339.59	35663.06	34591.34
0.7168	36156.45	35643.30	34452.13
0.6999	36007.50	35569.26	34352.11
0.6087	34995.14	35061.31	34049.10
0.5190	34913.29	34545.28	33920.23
0.3657	33959.94	33295.57	32704.91
0.3010	33185.98	32923.47	32587.39
0.2189	30841.46	30882.55	31074.36
0.1773	29705.21	29462.03	29528.94
0.1223	29906.81	26843.28	25173.36
0.0853	28594.38	26480.57	24913.06
0.0507	27335.54	26166.82	25815.05

NƏTİCƏ

İki müxtəlif sabit həcmli qurğuların köməyi ilə {$x$$CH_3OH$+(1-$x$)[BMİM][TFO]} binar qarışığının doymuş buxar təzyiqi təcrübi olaraq ölçülmüşdür. Alınmış nəticələr tədqiq olunmuş qarışıqların enerji qurğularında istilikdaşıyıcı mayelər kimi istifadə olunma halında qurğunun istilik hesabatı zamanı istifadə edilə bilər.

1. U.Rockenfeller, J.Langeliers. *Aqueous absorption fluids. Annual Report. Chicago: Gas Research Institute,* (1988).
2. J.Sun, L.Fu, S.G.Zhang. *A review of working fluids of absorption cycles, Renewable and Sustainable Energy Reviews,* **16** (2012) 1899-1906.
3. S.Hasaba, T.Uemura, Y.Higuchi. *Some physical properties of lithium chloride-water solutions for the designing of absorption refrigerating machines, Reito*, **39** (1964) 636-650.
4. I.Horuz, B.Kurt. *Absorption heat transformers and an industrial application, Renewable Energy*, **35** (2010) 2175-2181.
5. K.-I.Kim, B.-K.Shin, F.Ziegler. *Ionic Liquids as new working fluids for use in absorption heat pumps or chillers: Their thermodynamic properties, XV International Symposium of Thermophysical Properties, Colorado, USA*, (2003) 292.
6. M.B.Shiflett, A.Yokozeki. *Absorption cycle utilizing ionic liquid and water as working fluids, Patent Cooperation Treaty, International Application*, (2006) 154.
7. M.Khamooshi, K.Parham, U.Atikol. *Overview of Ionic Liquids Used as Working Fluids in Absorption Cycles, Advances in Mechanical Engineering*, (2013) Article ID 620592, 7 pages.
8. A.K.Burrell, R.E.Del Sesto, S.N.Baker, T.M.Mc Cleskey, G.A.Baker. *The large scale synthesis of pure imidazolium and pyrrolidinium ionic liquids, Green Chemistry,* **9** (2007) 449-454.
9. J.Safarov, I.Kul, M.A.Talibov, A.Shahverdiyev, E.Hassel. *Vapor pressures and activity coefficients of methanol in binary mixtures with 1-Hexyl-3-methylimidazolium bis(trifluoromethylsulfonyl) imide, Journal of Chemical and Engineering Data,* **60** (2015) 1648-1663.
10. X.Süleymanlı, Ə.Əliyev, J.Səfərov, A.Şahverdiyev, E.Hassel. *Metanol və 1-butil-3-metilimidazolium hexaflüorofosfat binar qarışığının doymuş buxar təzyiqi, Transactions of National Academy of Science of Azerbaijan, series of physics-mathematical and technical sciences, Physics and Astronomy,* **XXXVIII** №2 (2018) 90-98.

VAPOR PRESSURE OF METHANOL AND 1-BUTYL-3-METHYLIMIDAZOLIUM TRIFLUOROMETHANESULFONATE

A.GULUZADE, J.SAFAROV

Vapor pressure results of binary {$x$$CH_3OH$+(1-$x$)[BMIM][TFO]} mixtures were studied using a two different static method at T=(274.15 to 413.15)K and x=(0-1) mole fraction of methanol. Obtained experimental results were described with the Antoine, Clausius-Clapeyron and double polynomial equations. The activity coefficients γ of methanol above mixture were calculated and fitted using the NRTL-method.

ДАВЛЕНИЕ НАСЫЩЕННЫХ ПАРОВ РАСТВОРОВ МЕТАНОЛА И ТРИФТОРМЕТАНСУЛЬФОНАТ 1-БУТИЛ-3-МЕТИЛИМИДАЗОЛИЯ

А. КУЛУЗАДЕ, Д.САФАРОВ

Изучены экспериментальные данные давления насыщенных паров растворов метанола и трифторметансульфонат 1-бутил-3-метилимидазолия при T=(274.15÷413.15)K и x=(0÷1) мольных фракций метанола. Полученные экспериментальные результаты описаны с помощью уравнений Антуана, Клапейрона-Клаузиуса и двойного полинома. Рассчитанные значения коэффициентов активности метанола над раствором γ описаны с помощью метода NRTL.