

**BUTANOL-1-İN ATMOSFER TƏZYİQİNDƏ
SƏS SÜRƏTİNİN ARAŞDIRILMASI****B.C. ƏHMƏDOV^{1,2}, C. SƏFƏROV^{1,2},
S. H. MİRZƏYEV¹, A. N. ŞAHVERDİYEV¹, E. HASSEL²**¹ Azərbaycan Texniki Universiteti² Rostok Universiteti, Rostok, Almaniya

E-mail: javid.safarov@uni-rostock.de, ahmedov_bahruz@mail.ru

Xülasə: Təqdim olunan məqalədə butanol-1-in $T=(278.15-343.15)K$ temperatur intervalında və atmosfer təzyiqində təcrübi olaraq Anton Paar DSA 5000 qurğusunun köməyi ilə ölçülmüş səs sürətinin $u/(m\cdot s^{-1})$ və alınmış nəticələrin 2000-ci ildən sonra çap olunmuş ədəbiyyat qiymətləri ilə tutuşdurulmasının geniş analizi verilmişdir.

Açar sözlər: Biodizel, butanol-1, səs sürəti, sıxlıq, isoentropik genişlənmə.

Giriş. Son illərdə enerji istehsalına olan tələbatın artması və eyni zamanda ənənəvi enerji mənbələrinin gələcəkdə tükənmə proqnozunun yayılması ilə əlaqədar yaşana bilən enerji böhranının qarşısının alınması üçün müxtəlif imkanlar araşdırılır. Bu sahədə alternativ enerji mənbələrindən istifadə və ya ənənəvi enerji mənbələrinə xüsusi bioəlavələr edilməsi əsas istiqamətlər kimi xüsusi önəm verilir. Bu da yanacaq miqdarının artırılmasında və qiymətinin aşağı salınmasında xüsusi rol oynayır.

Bu sahədə dünyanın inkişaf etmiş dövlətləri son 2-3 dekada iri miqyaslı layihələr həyata keçirmişlər və bu işlər bu gün də uğurla davam etdirilir. Məsələn olaraq İspaniya, Yeni Zelandiya, Yaponiyanın geotermal enerji, Almaniya, İspaniya, Danimarkanın külək enerjisi, Çin, İtaliya, İspaniyanın günəş enerjisi sahəsində əldə etdikləri uğurlar dünya ölkələrinə nümunə ola bilər.

Azərbaycan 150 ildən artıqdır ki, ənənəvi enerji mənbələri olan neft və qaz istehsal edir. Respublikamız özünün enerji ehtiyaclarını həmişə ödəmişdir. Son 20 ildə Azərbaycan respublikası apardığı düşünülmüş və uzaqgörən neft strategiyası sahəsində bu ehtiyatların dünya bazarlarına ixracı təşkil edilmiş, bundan geniş miqyaslı gəlirlər əldə edilmiş və respublikamız neft ixracında dünyanın həmişə aparıcı ölkələrindən çevrilmişdir. Xəzərin Azərbaycan sektorunda neft və qaz ehtiyatlarının istismarı ildən ilə genişlənir və bunun nəticəsində Azərbaycan özünün enerji təhlükəsizliyini tam şəkildə təmin etmişdir.

Azərbaycan Respublikası Prezidentinin 2004-cü il 21 oktyabr tarixli Sərəncamı [1] ilə təsdiq edilmiş "Azərbaycan Respublikasında Alternativ və bərpa olunan enerji mənbələrindən istifadə olunması üzrə Dövlət Proqramı"nda bu məsələlərin inkişafına xüsusi yer verilir. Bu proqrama uyğun Respublikamızda geniş miqyaslı işlər aparılır. Respublikamızda son illərdə alternativ enerji mənbələrinin istifadəsi potensialı çox diqqətlə analiz olunmuş, bu sahədə çoxlu nailiyyətlər əldə olunmuşdur. Bu sahədə Azərbaycan Texniki Universitetində də geniş miqyaslı elmi-tədqiqat işləri aparılır, dünyanın qabaqcıl ölkələrinin təcrübəsindən bacarıqla istifadə edilir və müxtəlif alternativ enerji mənbələrinin (Geotermal, günəş istilik, külək, bioenerji və s.) istilik-fiziki xassələri araşdırılır.

Təqdim olunan məqalədə butanol-1-in atmosfer təzyiqində səs sürətinin təcrübi yolla araşdırılması şərh olunmuşdur. Butanol-1 daxiliyanma mühərriklərində biodizel kimi geniş istifadə perspektivlərinə malikdir və son illərdə bu perspektiv imkanlar daha da dərinlən öyrənilir. Butanol-1-in karbohidrogen zəncirinin uzun olması onu qeyri-polyar şəkllə salır. Onun dörd karbohidrogen zənciri var və bu xassələr də onu spirtlərə nisbətən benzinə daha yaxın edir. Butanol-1 biokütlədən (biobutanol) alınır da bilər.

Butanol-1-in daxiliyanma mühərriklərində istifadəsinə gəldikdə onu qeyd etmək lazımdır ki, dizel mühərrikləri ilə işləyən minik avtomobillərində yanacaq 140 MPa, yük avtomobillərində isə 160 MPa təzyiq altında vurulur. Gələcəkdə daxiliyanma mühərrikləri texnologiyasının inkişafı

Energetika-Энергетика-Energetic

istiqlamətində bu təzyiğin 400 MPa və daha yüksəyə qaldırmaq nəzərdə tutulmuşdur. Bu da mühərrikin bir dövrü zamanı yanacağıın püskürmə dəfəliliyinin 5-dən 10-a qədər artırılmasına imkan yaradır. Bu da mühərrikin və sonda avtomobilin sürətinin artmasına və qısa yaman anında optimal sürətin alınmasına gətirib çıxarır. Əlbəttə bu cür yüksək təzyiq altında püskürülən yanacağıın istilik-fiziki xassələrinin araşdırılması çox vacib məsələlərdən biridir. Çünki bu xassələr 10 dəfəyə qədər arta bilər. Belə ki, yanacağıın yüksək təzyiqlərdə özlülüyü, sıxlığı, səs sürəti, istilik tutumu və s. bu cür proseslərdə çox böyük qiymət ala bilər [2]. Yüksək təzyiqlərdə bu xassələrin ölçülməsi çətin olduğu üçün onların termodinamikanın klassik tənliklərinin köməyi ilə hesablanması məsələnin həllini çox sürətləndirir.

Maddələrin yüksək təzyiqlərdə istilik-fiziki xassələrinin hesablanması üçün Azərbaycan Texniki Universitetinin “İstilik və soyuqluq texnikası” kafedrası ilə Almanyanın Rostok Universitetinin “Texniki Termodinamika” kafedrası birlikdə yeni metod hazırlamışdır [3]. Bu metoda görə maye və ya qazın sıxlığının yüksək hal parametrlərində (p, ρ, T) məlum olması birinci şərtidir. Daha sonra səs sürətinin, yaxud istilik tutumunun atmosfer təzyiqində və (p, ρ, T) xassələrinin ölçüldüyü temperatur intervalında nəticələrinin məlum olması vacibdir. Bu iki şərt yerinə yetirildiyi halda (p, ρ, T) nəticələrinin məlum olduğu yüksək təzyiq və temperaturlarda mayələrin bütün texniki vacib istilik-fiziki xassələrinin hesablanması mümkündür.

Biz əvvəlcə butanol-1-in yüksək təzyiq ($p=140$ MPa-a qədər) və geniş temperatur intervalında $T=(263.15-468.15)$ K sıxlığının təcrübi (p, ρ, T) nəticələrini vibrasiyalı-borucuqlu DMA HPM densimetr metodu ilə araşdırmışdıq [4]. Təcrübə nəticələrinin və qurulmuş hal tənliyinin köməyi ilə təzyiğin daha yüksək həddə - 200 MPa-a qədər artırılmış (ekstrapolyasiya) olunmuşdur. Buna səbəb vibrasiyalı-borucuqlu DMA HPM densimetr metodu ilə sıxlığın $p=140$ MPa-dan artıq təzyiqlərə qaldırılmasının qeyri-mümkün olmasıdır.

Təqdim olunan bu məqalədə isə butanol-1-in atmosfer təzyiqində və geniş temperatur intervalında $T=(278.15-343.15)$ K səs sürətinin təcrübi nəticələri təqdim olunur. Təcrübələr səs sürətinin ölçülməsi üçün Azərbaycan Texniki Universitetinin “İstilik və soyuqluq texnikası” kafedrasının laboratoriyasında yerləşən və tam avtomatik çalışan DSA 5000M qurğusunun vasitəsi ilə aparılmışdır. Qurğuda akustik yuvanın titrəmə dövrlərinin hesablanması yolu ilə səsin yayılma sürəti ölçülür. Səs dalğaları bir ultrasəsli ötürücü vasitəsi ilə ötürülür və o biri tərəfdə başqa ultrasəsli qəbuledici tərəfindən qəbul olunur. Ultrasəsli ötürücü səs dalğalarını əvvəlcədən məlum olan dövrlərdə ötürür. Səs sürəti ötürücü və qəbuledici arasındakı məsafəni, səs dalğalarının dövrlərini bildikdən sonra aşağıdakı düstur ilə hesablanır [5].

$$v = \frac{\text{original uzunluq} \cdot (1 + 1.6E - 5 \cdot \Delta_{\text{temp}})}{\frac{P_s}{\text{bölücü sabit}} - \text{TAU} \cdot f_3}, \quad (1)$$

burada original uzunluq – səs dalğalarının original uzunluğu (təxminən 5000 μm), $\Delta_{\text{temp}} - T=293.15$ K-də temperatur xətası, P_s - qəbul edilən səs dalğalarının rəqsləri dövrü, bölücü sabit – 512, TAU – qurğunun sabit əmsali, f_3 - temperatura düzəliş əmsali.

(1) tənliyindəki TAU və f_3 əmsalları DSA 5000M qurğusunu istehsal edən Anton-Paar firmasının sirri olduğu üçün məqalədə verilmir.

DSA 5000M qurğusu aşağıdakı texniki xassələrə malikdir: səs sürətinin ölçülmə diapazonu: 1000 - 2000 $\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$, temperaturun ölçülmə intervalı: 278.15 – 343.15 K, təzyiğin ölçülmə intervalı: 0.101 MPa, səs sürətinin ölçülmə xətası: $\pm 0.1 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$, temperaturun ölçülmə xətası: ± 0.001 °C.

Qurğu tam yuyulub qurudulduqdan sonra, lazım olan miqdarda ölçüləcək maye şpris vasitəsi ilə ölçü yuvasına vurulur. Daha sonra lazım olan temperatur intervalı seçilir və təcrübəyə start verilir. Hər temperatur rejimində butanol-1-in səs sürəti ölçülür və qeyd olunur. Qurğu proqramlaşdırılmış bütün temperatur intervalında təcrübələri apardıqdan sonra dayanır və maye qurğudan təmizlənir. Alınmış nəticələr cədvəl 1-də verilmişdir.

Cədvəl 1. Butanol-1-in atmosfer təzyiqində səs sürəti

T/K	u/m·s ⁻¹
278.15	1308.70
283.15	1290.76
293.15	1256.80
303.15	1222.58
313.15	1189.05
323.15	1156.68
333.15	1123.28
343.15	1090.48

Maddələrin istilik-fiziki xassələrinin öyrənilməsi zamanı yalnız müəyyən edilmiş geniş temperatur və təzyiq qiymətlərində ölçmələr aparılır. Amma istənilən hal parametrlərində bu xassələrin əldə olunması üçün təcrübədən alınmış nəticələrin tənliklər vasitəsi ilə yazılması vacibdir. Buna görə də təcrübələr qurtarıqdan sonra alınmış nəticələr ilk olaraq empirik tənlik vasitəsilə yazılmışdır:

$$u / (\text{m} \cdot \text{s}^{-1}) = \sum_{i=0}^2 a_i T^i, \quad (2)$$

Burada a_i polinomun əmsallarıdır və cədvəl 2-də verilmişdir.

Cədvəl 2. (2) tənliyində a_i əmsallarının qiymətləri

a_0	a_1	a_2
2388.29034683934	-4.30284360143925	0.00151121782045927

Daha sonra alınmış nəticələr ədəbiyyat qiymətləri ilə tutuşdurulmuşdur. Səs sürətinin ölçülməsi akustik xassə olduğu üçün ölçü texnikasının keyfiyyəti olduqca böyük rol oynayır. Burada səs signalının buraxılma və qəbul edilmə zamanının, səs dalğalarının və s. böyük dəqiqliklə təyin edilməsi əsas parametrlərdən biridir. Əvvəlki illərdə aparılmış təcrübələrin ədəbiyyat analizinin verilməməyinə səbəb isə optik ölçmə sistemlərində köhnəlmiş texnologiyalardan istifadə edilməsi olmuşdur. Məhz buna görə də bu zaman son 15 ildə çap edilmiş və müasir səs sürəti ölçən qurğuları vasitəsi ilə təyin edilmiş ədəbiyyat nəticələri [6-23] daha əsas götürülmüşdür. Analiz olunmuş ədəbiyyat haqqında geniş informasiya cədvəl 3-də verilmişdir. Göründüyü kimi cədvələ 2000-ci illərdən əvvəlki ədəbiyyatlar daxil edilməmişdir. Çünki həmin illərdəki və daha əvvəlki illərdəki ədəbiyyatlarda çap edilmiş nəticələrin ölçü xətası $\pm 1-5 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ intervalında və daha çoxdur. Cədvəldən həm də görünür ki, 2000-ci ildən 2007-ci ilə qədər təcrübələr Anton Paar DSA 48 qurğusu vasitəsi ilə yerinə yetirilmişdir. Bu qurğu 20 ildən artıqdır ki, istehsal olunur. Bəzi məqalələrdə bu qurğunun ölçü dəqiqliyi $0.5 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ və hətta $\pm 0.1 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ intervalında göstərilə də, qurğunun həqiqi ölçü xətası $\pm 1.0 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ intervalındadır. Son 7 ildə isə Anton Paar firması səs sürətinin ölçülməsi üçün özünün yeni daha dəqiq Anton Paar DSA 5000 qurğusunu istehsal etməyə başlamışdır. Qurğunun ölçü xətası $\pm 0.1 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ intervalındadır. Bu qurğu bu gün səs sürətinin atmosfer təzyiqində ölçülməsi üçün ən dəqiq təcrübə qurğudur. Məhz buna görə butanol-1-in səs sürətinin əvvəlki illərdə dəqiq olmayan təcrübə qurğularında ölçülmüş qiymətləri ilə son illərdə əldə edilmiş nəticələr arasında nəzərə çarpacaq qədər fərq var.

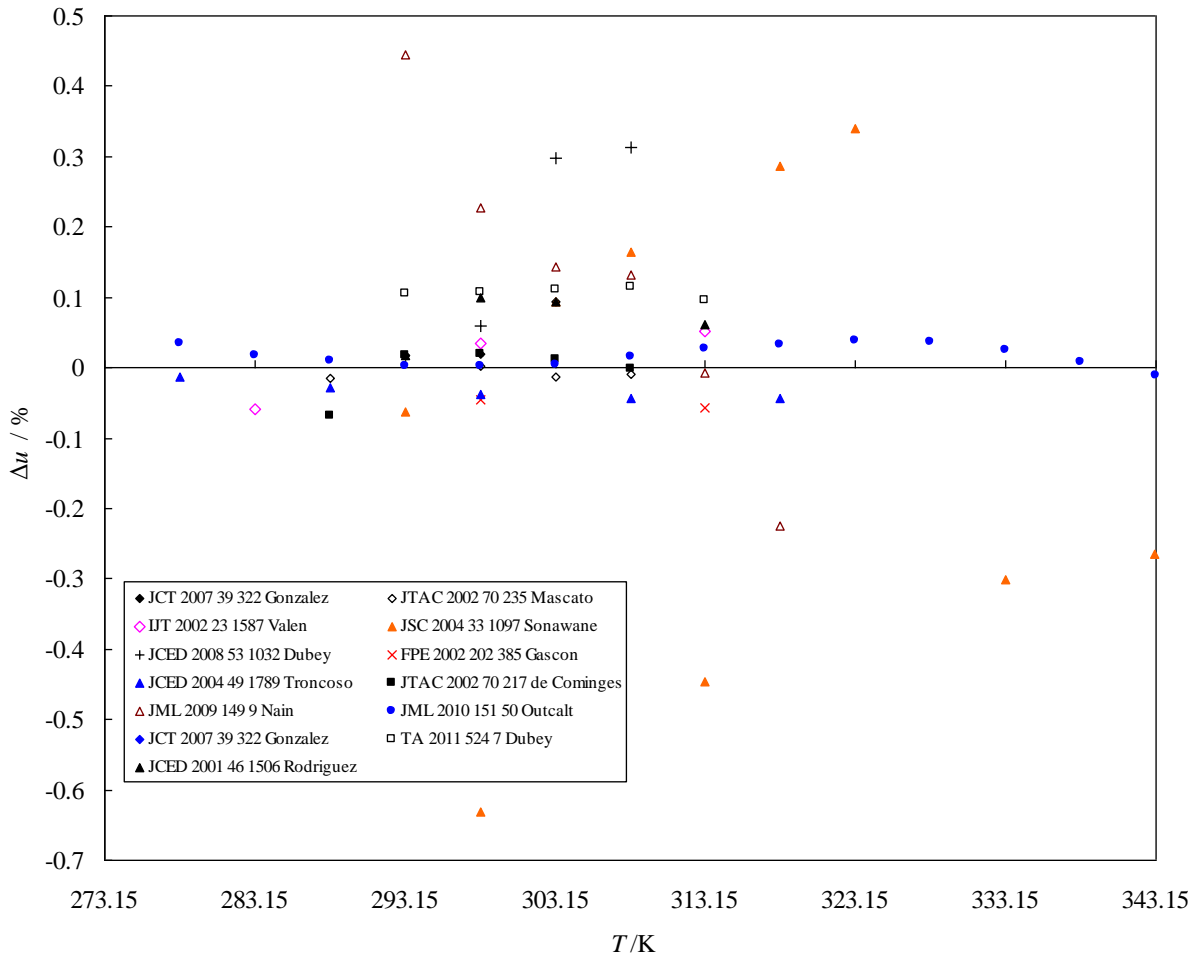
Bütün bunları nəzərə alıb araşdırılmış ədəbiyyat nəticələri ilə təcrübə nəticəsində aldığımız nəticələrin tutuşdurulması qrafiki olaraq şəkil 1-də verilmişdir.

Cədvəl 3. Butanol-1-in son illərdə təcrübi olaraq araşdırılmış səs sürəti ədəbiyyat analizi

İlk müəllif	Ədəbiyyat	İl	Səs sürəti öçmə metodu	Tədqiq olunmuş bütün xassələr	Temperatur T (K)	Təzyiq p (MPa)	Xəta	Təmizlik
Rodriguez	[6]	2001	DSA-48	ρ, u, n_D	293.15 – 313.15	0.101	$\pm 1.0 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$	$w > 99.8 \%$
Gascon	[7]	2002	DSA-48	ρ, u	298.15; 313.15	0.101	$\pm 1.0 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$	$w > 99.8 \%$
De Cominges	[8]	2002	DSA-48	ρ, u, n_D	288.15 – 308.15	0.101	$\pm 1.0 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$	$x > 0.995$
Mascato	[9]	2002	DSA-48	ρ, u	283.15; 298.15; 313.15	0.101	$\pm 1.0 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$	$x = 0.998$
Valen	[10]	2002	DSA-48	ρ, u	283.15; 298.15; 313.15	0.101	$\pm 1.0 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$	$x > 0.998$
Pineiro	[11]	2003	DSA-48	ρ, u	298.15	0.101	$\pm 1.0 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$	$x > 0.998$
Sonawane	[12]	2004	SCVPMUI	ρ, u	298.15 – 371.1	0.101	$\pm 0.08 \%$	$w > 99.5 \%$
Troncoso	[13]	2004	DSA-48	$\rho, u, c_{p,m}$	278.15 – 318.15	0.101	$\pm 1.0 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$	$x = 0.998$
Haro	[14]	2005	DSA-48	ρ, u	298.15; 313.15	0.101	$\pm 1.0 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$	99.5 %
Langa	[15]	2006	DSA-48	ρ, u, h^E	283.15; 298.15; 313.15	0.101	$\pm 1.0 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$	99.8 %
Valles	[16]	2006	DSA-48	ρ, u, η, h^E	283.15; 298.15; 313.15	0.101	$\pm 1.0 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$	$> 99 \%$
González	[17]	2007	DSA5000	ρ, u, η	293.15 – 303.15	0.101	$\pm 0.1 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$	$x > 0.998$
Mascato	[18]	2007	DSA-48	ρ, u, h^E	288.15 – 308.15	0.101	$\pm 1.0 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$	$x > 0.998$
Dubey	[19]	2008	DSA5000	ρ, u, η	298.15 – 308.15	0.101	$\pm 0.1 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$	99.5%
Nain	[20]	2009	SCVPMUI	ρ, u	288.15 – 318.15	0.101	$\pm 0.03 \%$	$x > 0.998$
Outcalt	[21]	2010	DSA5000	ρ, u	278.15 – 343.15	0.83	$\pm 0.30 \%$	$w \geq 99.5 \%$
Sadeghi	[22]	2011	DSA5000	ρ, u, η	288.15 – 313.15	0.101	$\pm 0.1 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$	$x > 0.990$
Dubey	[23]	2011	DSA5000	ρ, u, η	293.15 – 313.15	0.101	$\pm 0.1 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$	$w > 99.5 \%$
Əhmədov	[bu iş]	2015	DSA5000 M	ρ, u	278.15 – 343.15	0.101	$\pm 0.1 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$	$w > 99.9 \%$

burada SCVPMUI, Single-Crystal Variable-Path Multifrequency Ultrasonic Interferometer; ρ , sıxlıq; h^E , izafi molyar entalpiya; η , özlülük; n_D , sınma indeksi; $c_{p,m}$, hər həcm vahidinə düşən isobar istilik tutumu; x , mol fraksiyası; w , həcm faizi

Energetika-Энергетика-Energetic



Şəkil 1. Butanol-1-in atmosfer təzyiqində təcrübi olaraq analiz edilmiş səs sürətinin $u/(m \cdot s^{-1})$ qiymətlərinin son illərdə bu sahədə nəşr olunmuş məqalələrlə tutuşdurulmasının nəticələrinin temperaturdan T/K asılılığı

Şəkil 1-dən görünür ki, butanol-1-in atmosfer təzyiqində təcrübi olaraq analiz edilmiş səs sürətinin qiymətləri son illərin yüksək dəqiqlikli ədəbiyyat nəticələri ilə yüksək səviyyədə uyğun gəlir və bu qiymətləri butanol-1-in (p, ρ, T) nəticələri və atmosfer təzyiqində təcrübi olaraq analiz edilmiş izobarik istilik tutumunun $c_p/(J \cdot kg^{-1} \cdot K^{-1})$ köməyi ilə hesablanmış istilik-fiziki xassələrinə daxil olan səs sürəti $u/(m \cdot s^{-1})$ analizində istifadə etmək olar.

Ədəbiyyat

- [1].Azərbaycan Respublikasının Qanunvericilik Toplusu, 31 oktyabr 2004, № 10, maddə 838.
- [2].Duncan, A.M., Aghosseini, A., McHenry, R., Depcik, C.D., Stagg-Williams, S.M., Scurto, S.M. High-Pressure Viscosity of Biodiesel from Soybean, Canola, and Coconut Oils, Energy Fuels 2010, 24, 5708–5716.
- [3].Safarov, J., Hamidova, R., Zepik, S., Schmidt, H., Kul, I., Shahverdiyev, A., Hassel, E. Thermophysical Properties of 1-hexyl-3-methylimidazolium bis(trifluoromethylsulfonyl) imide at high temperatures and pressures, Journal of Molecular Liquids 2013, 187, 137-156.
- [4].Ahmadov, B., Safarov, J., Shahverdiyev, A., Hassel, E. Density of butanol-1 at high state parameters, 2nd Symposium of Thermophysical Properties for Technical Thermodynamics, Rostock, 28-29 March 2013, Rostock, Germany.

Energetika-Энергетика-Energetic

- [5].Instruction Manual DSA5000M, Firmware Version V2.20, Anton Paar GmbH, Gray, Austria, 2011, 163 p.
- [6].Rodriguez, A.; Canosa, J.; Tojo, J. Density, Refractive Index, and Speed of Sound of Binary Mixtures (Diethyl Carbonate + Alcohols) at Several Temperatures, *Journal of Chemical and Engineering Data* 2001, 46(6), 1506-1515.
- [7].Gascon, Ignacio; Artigas, Hector; Lafuente, Carlos; Lopez, M. Carmen; Royo, Felix M. Excess properties of the ternary system cyclohexane + 1,3-dioxolane + 1-butanol at 298.15 and 313.15 K, *Fluid Phase Equilibria* 2002, 202(2), 385-397.
- [8].de Cominges, B. E.; Pineiro, M. M.; Mosteiro, E.; Mascato, E.; Mato, M. M.; Iglesias, T. P.; Legido, J. L. Temperature dependence of thermophysical properties of octane+1-butanol system, *Journal of Thermal Analysis and Calorimetry* 2002, 70(1), 217-227.
- [9].Mascato, E.; Mosteiro, L.; Pineiro, M. M.; de Cominges, B. E.; Mato, M. M.; Legido, J. L. Temperature dependence of volumetric behaviour for methyl tert-butylether+1-butanol system, *Journal of Thermal Analysis and Calorimetry* 2002, 70(1), 235-241.
- [10].Valen, A.; Gascon, I.; Lafuente, C.; Urieta, J. S.; Royo, F. M.; Postigo, M. Volumetric and Acoustic Properties of the Ternary Mixture 1-Butanol+1-Chlorobutane+Tetrahydrofuran at 283.15, 298.15, and 313.15 K, *International Journal of Thermophysics* 2002, 23(6), 1587-1598.
- [11].Pineiro, Manuel M.; Mascato, Eva; Mosteiro, Laura; Legido, Jose Luis, Mixing Properties for the Ternary Mixture Methyl *tert*-Butyl Ether + 1-Butanol + Decane at 298.15 K, *Journal of Chemical and Engineering Data* 2003, 48(4), 758-762.
- [12].Sonawane, P.D., Kumar A. Continuous Miscibility from Dilute Solution to Fused Salt: Volumetric Properties of Binary Solutions of Nitrobenzene, 1-Butanol, and Anisole with Tetra-*n*-butylammonium Picrate from 298.15 to 371.1 K, *Journal of Solution Chemistry* 2004, 33, 1097.
- [13].Troncoso, J.; Valencia, J. L.; Souto-Caride, M.; Gonzalez-Salgado, D.; Peleteiro, J. Thermodynamic Properties of Dodecane + 1-Butanol and + 2-Butanol Systems, *Journal of Chemical and Engineering Data* 2004, 49(6), 1789-1793.
- [14].Haro, M.; Gascon, I.; Cea, P.; Lafuente, C.; Royo, F. M. Volumetric and acoustic properties of the ternary system (1-butanol+1,4-dioxane+cyclohexane), *Journal of Thermal Analysis and Calorimetry* 2005, 79(1), 51-57.
- [15].Langa, E.; Gibanel, F.; Mainar, A. M.; Pardo, J. I.; Urieta, J. S. World Congress of Chemical Engineering, 7th, Glasgow, United Kingdom, July , 10-14, 2005, 85466/1-85466/10.
- [16].Valles, Cristina; Perez, Eduardo; Mainar, Ana M.; Santafe, Jesus; Dominguez, Magdalena, Excess Enthalpy, Density, Speed of Sound, and Viscosity for 2-Methyltetrahydrofuran + 1-Butanol at (283.15, 298.15, and, 313.15) K, *Journal of Chemical and Engineering Data* 2006, 51(3), 1105-1109.
- [17].Gonzalez, Begona; Calvar, Noelia; Dominguez, Angeles; Tojo, Jose, Dynamic viscosities of binary mixtures of cycloalkanes with primary alcohols at $T = (293.15, 298.15, \text{ and } 303.15) \text{ K}$: New UNIFAC-VISCO interaction parameters, *Journal of Chemical Thermodynamics* 2007, 39(2), 322-334.
- [18].Mascato, Eva; Mariano, Alejandra; Pineiro, Manuel M.; Legido, Jose Luis; Paz Andrade, M. I. Excess enthalpy, density, and speed of sound determination for the ternary mixture (methyl tert-butyl ether + 1-butanol + n-hexane), *Journal of Chemical Thermodynamics* 2007, 39(9), 1247-1256.
- [19].Dubey, Gyan P.; Sharma, Monika, Temperature and Composition Dependence of the Densities, Viscosities, and Speeds of Sound of Binary Liquid Mixtures of 1-Butanol with Hexadecane and Squalane, *Journal of Chemical & Engineering Data* 2008, 53(4), 1032-1038.
- [20].Nain, Anil Kumar; Srivastava, Tanu; Pandey, Jata Dhari; Gopal, Swarita. Densities, ultrasonic speeds and excess properties of binary mixtures of methyl acrylate with 1-butanol, or 2-butanol, or 2-methyl-1-propanol, or 2-methyl-2-propanol at temperatures from 288.15 to 318.15 K, *Journal of Molecular Liquids* 2009, 149(1-2), 9-17.

Energetika-Энергетика-Energetic

[21].Outcalt, Stephanie L.; Laesecke, Arno; Fortin, Tara J. Density and speed of sound measurements of 1- and 2-butanol, Journal of Molecular Liquids 2010, 151 (1), 50-59.

[22].Sadeghi, Rahmat; Azizpour, Saghar. Volumetric, Compressibility, and Viscometric Measurements of Binary Mixtures of Poly(vinylpyrrolidone) + Water, + Methanol, + Ethanol, + Acetonitrile, + 1-Propanol, + 2-Propanol, and + 1-Butanol, Journal of Chemical and Engineering Data 2011, 56 (2), 240-250.

[23].Dubey, Gyan Prakash; Kumar, Krishan. Thermodynamic properties of binary liquid mixtures of diethylenetriamine with alcohols at different temperatures, Thermochimica Acta 2011, 524 (1-2), 7-17.

ИССЛЕДОВАНИЕ СКОРОСТИ ЗВУКА 1-БУТИЛОВОГО СПИРТА ПРИ АТМОСФЕРНОМ ДАВЛЕНИИ

**Б. АХМЕДОВ¹, Дж. САФАРОВ^{1,2}
С.МИРЗОЕВ¹, А. ШАХВЕРДИЕВ¹, Э. ХАССЕЛ²**

¹ Азербайджанский Технический Университет

² Ростокский университет, Росток, Германия

E-mail: javid.safarov@uni-rostock.de, ahmedov_bahruz@mail.ru

Аннотация: В данной публикации приводится широкий экспериментальный анализ с помощью Anton Paar DSA 5000 экспериментальной установке при температурах $T=(253.15-468.15)$ К и атмосферном давлении взвешенной звуковой скоростью $u/(m \cdot s^{-1})$ и результаты, с результатом литературе опубликованный с 2000 года.

Ключевые слова: биодизель, бутанол-1, звуковая скорость, плотность.

INVESTIGATION THE SPEED OF SOUND OF BUTANOL-1 AT ATMOSPHERIC PRESSURE

**B.AHMADOV¹, J.SAFAROV^{1,2},
S.MIRZOEV¹, A.SHAHVERDIYEV¹, E. HASSEL²**

¹Azerbaijan Technical University

²Rostock University, Rostock, Germany

E-mail: javid.safarov@uni-rostock.de, ahmedov_bahruz@mail.ru

Summary: This publication provides a broad experimental analysis of comparison of sound velocity measured by Anton Paar DSA 5000 experimental setup at temperatures $T=(253.15 - 468.15)$ K and atmospheric pressure $u/(m \cdot s^{-1})$ and its results, with the results of the literature published since 2000.

Keywords: bio diesel, butanol-1, the sound speed, density.