

BUTANOL-1 VƏ DİZEL YANACAĞI QARIŞIQLARININ ATMOSFER TƏZYİQİNDƏ SƏS SÜRƏTİ



Bəhruz Əhmədov,

Azərbaycan Texniki Universitetinin Maşın dizaynı, mexatronika və sənaye texnologiyaları kafedrasının müəllimi, texnika üzrə fəlsəfə doktoru

e-mail: ahmedov_bahruz@aztu.edu.az



Nicat Məjlumov,

Azərbaycan Texniki Universitetinin Maşın dizaynı, mexatronika və sənaye texnologiyaları kafedrasının müəllimi

e-mail: mecnunovnicat63@aztu.edu.az

<https://doi.org/10.30546/2706-7858.2026.09.3.369>

UOT: 62

Xülasə. *Butanol-1 və dizel B0 yanacağı əvvəlcə xüsusi hazırlanmış kolbalarda vakuum altında deqazasiya edilmiş, daha sonra isə onların saflıq dərəcəsi “Karl Fischer 756 KF titratronu” vasitəsilə yoxlanılmışdır. Binar qarışıqlar bir-birinə bağlı hazırlıq kolbalarında müəyyən edilmiş, $x_{b-1}=(0.0, 0.177, 0.349, 0.5515, 1.0)$ mol fraksiyalarında və ya $V_{b-1}=(0.0, 7.0, 15.80, 30.0, 100.0\%)$ həcm faizlərində hazırlanmışdır. Məqalədə butanol-1, dizel B0 yanacağı, onların qarışıqlarının atmosfer təzyiqində və geniş temperatur intervalında $T=(278.15\div 343.15)$ K səs sürətinin təcrübi nəticələri təqdim olunur. Səs sürətinin təcrübi ölçülməsi avtomatik çalışan DSA 5000M qurğusunun vasitəsilə aparılmışdır.*

Məqalədə səs sürətinin atmosfer təzyiqində təcrübi nəticələri və yüksək təzyiqlərdə hesablanmış nəticələri verilmişdir. Məhz ona görə də bu bölmədə butanol-1-in həm atmosfer, həm də yüksək təzyiqlərdə səs sürətinin ədəbiyyat nəticələrinin geniş ədəbiyyat xülasəsi verilir.

Açar sözlər: *butanol-1, dizel B0, səs sürəti, binar qarışıqlar, DSA 5000M.*

Keywords: *butanol-1, diesel B0, speed of sound, binary mixtures, DSA 5000M.*

Ключевые слова: *бутанол-1, дизельное топливо B0, скорость звука, бинарные смеси, DSA 5000M.*

Ənənəvi yanacaq resurslarının tükənməsi, qiymətlərin qeyri-sabitliyi və “parnik effekti” də daxil olmaqla ətraf mühitə dəyən zərər alternativ enerji mənbələrinin işlənilib hazırlanmasının təxirəsalınmaz zəruriliyini ön plana çıxarır. Ənənəvi yanacaqların tərkibinə müxtəlif alternativ komponentlərin daxil edilməsi ilə həm ümumi yanacaq ehtiyatlarını artırmaq, həm də

yanma prosesindən sonra atmosfərə atılan zərərli işlənmiş qazların miqdarını azaltmaq mümkündür. Mövcud tədqiqat işində butanol-1 dizel yanacağı üçün potensial alternativ aşqar kimi nəzərdən keçirilir. Butanol-1 biokütlədən alınan bərpa olunan yanacaqlar qrupuna aiddir və biokütlə xammalının fermentasiyası yolu ilə əldə edilir [1]. Bəzi alternativ əlavələr daxiliyanma mühərriklərinin həm konstruktiv quruluşunda,

həm də iş rejimində hər hansı bir modifikasiyaya ehtiyac yaratmadan uğurla istifadə edilir [6]. Müxtəlif alternativ yanacaqların dizel yanacağı ilə qarışdırılmasının təsirlərini araşdırmaq məqsədi ilə genişmiqyaslı tədqiqatlar aparılmışdır [7; 11].

Yüksək təzyiqlərdə səs sürətinin ədəbiyyatda rast gəlinmiş 6 müxtəlif təcrübənin [12] geniş analizi aparılmışdır. Atmosfer təzyiqində aparılmış təcrübə ədəbiyyat nəticələrinin analizinə baxdıqda, butanol-1-in səs sürətinin əvvəlki illərdə dəqiq olmayan təcrübə qurğularında ölçülmüş qiymətləri ilə son illərdə əldə edilmiş nəticələr arasında nəzərəcərpacaq qədər fərq vardır. Son illərdə “Anton Paar” firmasının qurğularında Butanol-1-in atmosfer təzyiqində səs sürətinin təcrübə nəticələri [14], dizel yanacağına alternativ qarışıqların əlavə edilməsi ilə aparılan təcrübələr isə [17] analiz edilmişdir.

Eksperimental materiallar

Butanol-1, dizel B0 yanacağının müvafiq konsentrasiyasında qarışıqları hazırlanmışdır. Təcrübə bölməsində ilk olaraq seçilmiş maddələrin xassələrinin araşdırılmasında, onların təmizliyi nəzərə alınmalıdır. Ultra təmiz butanol-1 ($w=99.995\%$) “Merck Schuchardt OHG” (Almaniya) firmasından alınmışdır. Nümunə xüsusi kolbada (Duran, Almaniya) vakuum altında deqazasiya və rektifikasiya olunmuşdur (*şəkil 1*). Kolbaların ventilləri yüksək vakuum saxlamaq qabiliyyətinə malikdir. Deqazasiya olunan spirt vakuum təzyiqi altında qaynamağa başlayır və buxarlanır. Buxarlanan spirt soyudularaq xüsusi olaraq başqa kolbaya yığılır.



Şəkil 1. Butanol-1-in deqazasiya prosesi

Daha sonra butanol-1-in təmizliyi yoxlanılmışdır. Bunun üçün Karl Fischer 756 KF titratronundan istifadə edilmişdir (*şəkil 2*). Bu titratron nümunənin tərkibindəki əlavə maddələri (əsasən suyu) 0.001-dən 1%-dək intervalda təyin etmək qabiliyyətinə malikdir.



Şəkil 2. Karl Fischer 756 KF titratronu

Qurğuda titrəmə avtomatik olaraq aparılır. Qurğu kənar kompüter ilə birləşdirilir və proses grafik olaraq ekranda təsvir edilir. Bu qayda ilə təcrübələr üçün hazırlanmış butanol-1-in tərkibində 20 ppm-dən az su olduğu təyin edilmişdir.

Tədqiqatda qarışıqların hazırlanması üçün ikinci maddə kimi dünya standartlı dizel B0 yanacağı (Shell Global Solution) seçilmişdir. Butanol-1-dən fərqli olaraq dizel yanacağı özü təmiz kimyəvi maddə deyil. Onun tərkibində müxtəlif orqanik maddələr mövcuddur. Ona görə də deqazasiya prosesi çox az və həssas aparılmışdır ki, yalnız nümunənin tərkibində və yerləşdiyi kolbada olan hava miqdarı xaric edilsin. Bu proses kolbanın ventilinin çox həssaslıqla açılması ilə aparılır. Sonrakı mərhələ isə qarışıqın hazırlanmasıdır. Bu zaman dizel yanacağı olan kolbada mayenin miqdarı təyin olunur. Kolba əvvəlcədən havası çıxarılmış halda xüsusi elektron tərəzidə - ED224S (Almaniya) 0.0001 q. dəqiqliklə çəkilir. Daha sonra onun artıq daxilində və yenə də havası çıxarılmış halda olan dizel yanacağı ilə birlikdə tərəzidə çəkilir və hər iki çəki fərqinə görə, kolbada olan dizel yanacağının miqdarı tapılır. Bundan sonra kolba daxilində butanol-1 eyni formada olan kolba ilə adapter (yük-ləyici) vasitəsilə birləşdirilir (*şəkil 3*).



Şəkil 3. Qarışıqın hazırlanması

Adapter vakuum sisteminə birləşdirilir və sistemin havası çıxarılır. Butanol-1 yuxarıdakı kolbadan aşağıdakı kolbaya axır və dizel yanacağı ilə qarışır. Aşağıdakı kolbanı tərəzidə yenidən çəkməklə butanol-1-in qarışıqda konsentrasiyasını tapmaq mümkün olur. Bu qayda ilə bütün qarışıqlar hazırlanmışdır. Qarışıqların həcm, kütlə və mol fraksiyaları aşağıdakı cədvəl 1-də verilmişdir.

Cədvəl 1.
Butanol-1 və dizel B0 yanacağı
qarışıqlarının konsentrasiyaları

V_{b-1} , həcm %	0.000	7.00	15.79	30.00	100.000
w_{b-1} , kütlə %	0.000	6.9146	15.6146	29.763	100.000
x_{b-1} /mol fr.	0.000	0.1770	0.3490	0.5515	1.000
$M/kq \cdot mol^{-1}$	0.215	0.2053	0.1930	0.1731	0.0741

Təcrübi proses

Bu məqsədlə atmosfer təzyiqində səs sürətinin ölçülməsi üçün “Anton Paar” firmasının istehsal etdiyi yüksək dəqiqlikli ($\pm 10^{-3}$ kq·m⁻³-dək) DSA 5000M qurğularından istifadə edilmişdir (şəkil 4).



Şəkil 4. Anton Paar DSA 5000M

Bu qurğular “U şəkilli” şüşə borularla təchiz edilmişdir. Təcrübələr yarımavtomatik, ya avtomatik olaraq temperaturun dəyişməsi ilə həyata keçirilir. Son model olan DSA 5000M qurğusu temperaturu ± 0.001 K dəqiqliklə stabil saxlamaq qabiliyyətinə malikdir. Bu isə sıxlığın olduqca dəqiq ölçülməsi deməkdir. DSA 5000M, eyni zamanda səs sürətinin ölçülməsi üçün ikinci bir ölçü yuvasına malikdir. Beləliklə, eyni temperaturda həm sıxlıq, həm də səs sürəti yüksək dəqiqliklə ölçülür. Bu densimetrlərin istismarı sadədir, o ölçmələri yüksək sürət və keyfiyyətlə etibarlı şəkildə yerinə yetirir. Ölçmə aparılması üçün cəmi 10 qrama qədər nümunə tələb olunur, kalibrəlmə prosesi isə kifayət qədər sadədir.

Demək olar ki, bütün bu qurğular “Anton Paar” firması tərəfindən kalibrlənir və istismara hazır şəkildə satılır. Densimetrlər, həmçinin **Filling Chek** – doldurulma zamanı baş verən səhvləri müəyyənəlmə, **U-View™** – borunu müşahidə etmə, **Thermo Balance™** – temperatur dəyişmələrini aradan qaldırma funksiyaları ilə təchiz olunmuşdur. DSA 5000M qurğusu ilə nümunələrin səs sürətinin atmosfer təzyiqində və geniş temperatur intervalında $T=(278.15-343.15)K$ təcrübi nəticələri verilir. Qurğuda səs yayılma sürəti akustik yuvanın titrəmə dövrlərinin hesablanması yolu ilə ölçülür. Belə ki, səs dalğaları bir ultrasəsli ötürücü vasitəsilə ötürülür və digər ultrasəsli qəbuledici tərəfindən qəbul olunur. Ultrasəsli ötürücü səs dalğalarını öncədən məlum olan dövrlərdə ötürür. Səs dalğalarının dövrlərini, səs sürəti ötürücü və qəbuledici arasındakı məsafəni bildikdən sonra aşağıdakı ifadə ilə hesablanır [16].

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

Burada orijinal uzunluq – səs dalğalarının orijinal uzunluğu (təxminən 5000 μm), Δ_{temp} – $T=293.15$ K-də temperatur xətası, P_s – qəbul edilən səs dalğalarının rəqslər dövrü, TAU – qurğunun sabit əmsalı, bölməci sabit – 512, f_3 – temperatura düzəliş əmsalidir.

Qeyd: İfadədəki TAU və f_3 əmsalları qurğunu istehsal edən “Anton Paar” firmasının sirri olduğu üçün məqaləmizdə verilmir.

DSA 5000M qurğusu aşağıdakı texniki xassələrə malikdir:

- təzyiqin ölçülmə intervalı: 0.101 MPa
- temperaturun ölçülmə intervalı: 278.15 – 343.15 K
- səs sürətinin ölçülmə diapazonu: 1000-2000 m·s⁻¹
- səs sürətinin ölçülmə xətası: ± 0.1 m·s⁻¹
- temperaturun ölçülmə xətası: ± 0.001 °C [16]

DSA 5000M qurğusu yuyulub qurudulduqdan sonra lazımi miqdarda ölçüləcək maye şpris vasitəsilə ölçü yuvasına vurulur. Daha sonra müvafiq temperatur intervalları seçilir və təcrübəyə start verilir. Hər bir temperatur rejimində maye-

nin səs sürəti ölçülür və qeydə alınır. Seçilmiş bütün temperatur intervallarında təcrübələr aparıldıqdan sonra qurğu dayandırılır və maye qurğudan təmizlənir.

Səs sürətinin təcrübi nəticələri

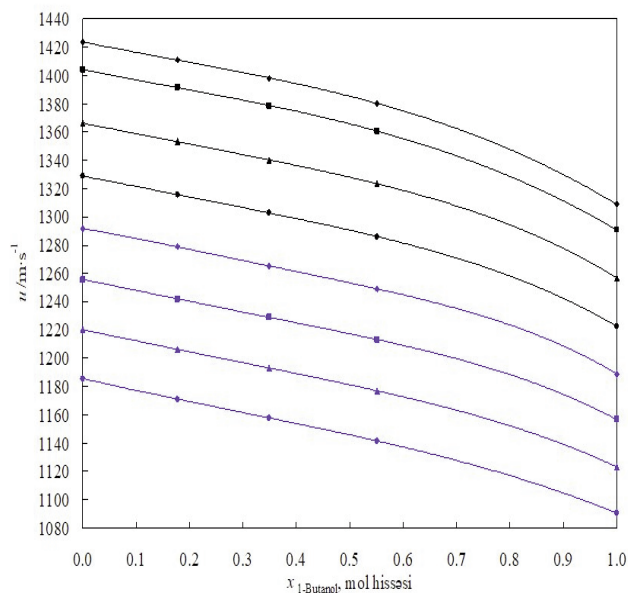
Butanol-1, dizel B0 yanacağı, onların qarışıqlarının atmosfer təzyiqində və geniş temperatur intervalında $T=(278.15 - 343.15) K$ səs sürətinin təcrübi nəticələri təqdim olunur. Təcrübələr səs sürətinin ölçülməsi üçün avtomatik çalışan DSA 5000M qurğusunun vasitəsilə aparılmışdır. Hər temperatur rejimində butanol 1-in səs sürəti ölçülür və qeyd olunur. Qurğu proqramlaşdırılmış bütün temperatur intervalında təcrübələri apardıqdan sonra dayanır və maye qurğudan təmizlənir. Bu qurğu bu gün səs sürətinin atmosfer təzyiqində ölçülməsi üçün ən dəqiq təcrübə qurğusudur. Məhz ona görə butanol 1-in səs sürətinin əvvəlki illərdə dəqiq olmayan təcrübə qurğularında ölçülmüş qiymətləri ilə son illərdə əldə edilmiş nəticələr arasında nəzərəcarpacaq qədər fərq vardır. Daha sonra dizel B0 yanacağı, onun butanol-1 ilə qarışıqlarının səs sürəti də eyni qayda ilə ölçülmüş və alınmış nəticələr *cədvəl 2-də* verilmişdir.

Cədvəl 2.

Butanol-1-in və dizel B0 yanacağı qarışıqlarının atmosfer təzyiqində səs sürəti $u/m \cdot s^{-1}$

T/K	$x_{\text{butanol-1}}, \text{mol hissəsi}$				
	0.0000	0.177	0.349	0.5515	1.0000
	$V_{\text{butanol-1}}, \% - \text{həcm faizi}$				
	0.0	7.0	15.80	30.0	100.0
$u/m \cdot s^{-1}$					
278.15	1423.59	1411.15	1397.89	1380.34	1308.70
283.15	1404.00	1391.65	1378.42	1360.79	1290.76
293.15	1366.24	1353.16	1340.28	1323.39	1256.80
303.15	1328.84	1315.75	1302.76	1286.05	1222.58
313.15	1291.66	1278.81	1265.33	1249.09	1189.05
323.15	1255.63	1242.07	1228.97	1213.24	1156.68
333.15	1220.30	1206.34	1193.18	1177.06	1123.28
343.15	1185.63	1171.18	1157.87	1141.54	1090.48

Butanol-1, dizel B0 yanacağı və onların qarışıqlarının atmosfer təzyiqində səs sürətinin $u/m \cdot s^{-1}$ müxtəlif temperaturlarda T/K konsentrasiyadan asılılığı *şəkil 5-də* verilmişdir.



Şəkil 5. Butanol-1, dizel B0 yanacağı və onların qarışıqlarının atmosfer təzyiqində səs sürətinin $u/m \cdot s^{-1}$ müxtəlif temperaturlarda T/K konsentrasiyadan asılılığı: $\hat{\Delta}$, 278.15 K; $\hat{\Phi}$, 283.15 K; $\blacktriangle$, 293.15 K; $\hat{\Phi}$, 303.15 K; $\hat{\Delta}$, 313.15 K; $\hat{\Phi}$, 323.15 K; $\blacktriangle$, 333.15 K; $\hat{\Phi}$, 343.15 K.

Alınmış nəticələrdən görünür ki, səs sürəti butanol-1-in konsentrasiyasının artması ilə azalır. Butanol-1-in səs sürəti ötürməsi dizel B0 yanacağına nisbətən aşağı olduğu üçün bu asılılıq yaranır. Eyni zamanda temperatur azaldıqca səs sürəti də azalmağa başlayır. Bu da molekullararası məsafənin artması ilə səsəin akustik dalğalarının ötürülməsinin zəiflədiyi üçün əmələ gəlir.

Atmosfer təzyiqində səs sürətinin $u(p_0, T, x)$ təcrübi nəticələrinin temperatur və konsentrasiyadan asılı olaraq yazılması

İstənilən hal parametrlərində bu xassələrin əldə olunması üçün təcrübədən alınmış nəticələrin tənliklər vasitəsilə yazılması vacibdir. Ona görə də təcrübələr bitdikdən sonra alınmış nəticələr ilk olaraq empirik tənlik vasitəsilə yazılmışdır:

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

Burada, a_i polinomun əmsallarıdır və *cədvəl 3-də* verilmişdir.

Cədvəl 3.
(2) tənliyində a_i əmsallarının qiymətləri
a) butanol-1

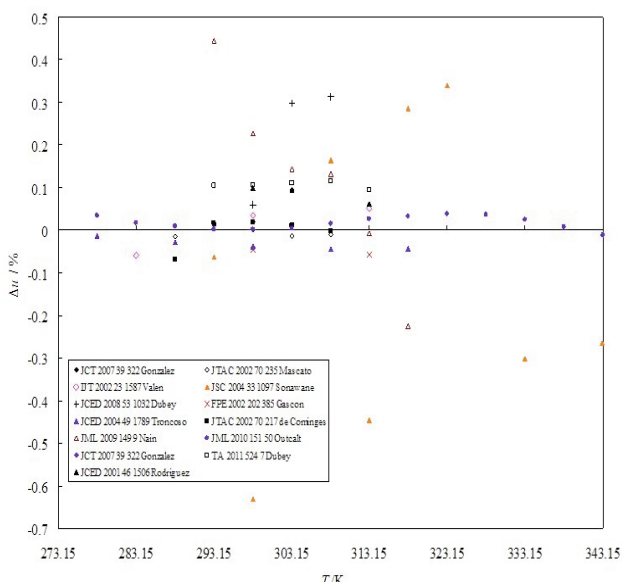
a_0	a_1	a_2
2388.29034683935	-4.30284360143926	0.00151121782045928

b) dizel B0

a_0	a_1	a_2
2765.87184422330	- 5.770057270909	0.3394317728·10 ⁻²

Alınmış təcrübi nəticələrin (2) empirik tənliyi vasitəsilə yazılması butanol-1 üçün $\Delta\eta/\eta = \pm 0.03\%$, dizel B0 yanacağı üçün $\Delta\eta/\eta = \pm 0.01\%$ orta nisbi xəta vermişdir.

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 6-da* verilmişdir. Şəkindən 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 $cp/(C \cdot kg^{-1} \cdot K^{-1})$ köməyi ilə hesablanmış istilik fiziki xassələrinə daxil olan səs sürəti $u/(m \cdot s^{-1})$ analizində də istifadə oluna bilər.



Şəkil 6. 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

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 analizlərinin verilməməyinə səbəb isə optik ölçmə sistemlərində köhnəlmiş texnologiyalardan istifadə edilməsi olmuşdur. Məhz ona görə də son 15 ildə çap edilmiş və müasir səs sürəti ölçən qurğular vasitəsilə təyin edilmiş ədəbiyyat nəticələri daha əsas götürülmüşdür. Analiz olunmuş ədəbiyyatlar haqqında geniş informasiya cədvəl 4-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 $\pm 1-5 m \cdot s^{-1}$ intervalında və daha çoxdur.

Cədvəl 4.
Butanol-1-in son illərdə təcrübi olaraq araşdırılmış səs sürətinin ədəbiyyat analizi

İlk müəllif	Ədəbiyyat	İl	Səs sürəti tədqiq olunmuş ölçmə metodu	bütün xassələr	Temperatur T (K)	Təzyiq p (MPa)	Xəta	Təmizlik
Rodriguez	[180]	2001	DSA-48	ρ, u, η	293.15 313.15	-	$\pm 1.0 m \cdot s^{-1}$	$w > 99.8 \%$
Gascon	[105]	2002	DSA-48	ρ, u	298.15; 313.15	-	$\pm 1.0 m \cdot s^{-1}$	$w > 99.8 \%$
De Cominges	[89]	2002	DSA-48	ρ, u, η	288.15; 308.15	-	$\pm 1.0 m \cdot s^{-1}$	$x > 0.995$
Mascato	[148]	2002	DSA-48	ρ, u	283.15; 298.15; 313.15	-	$\pm 1.0 m \cdot s^{-1}$	$x = 0.998$
Valen	[228]	2002	DSA-48	ρ, u	283.15; 298.15; 313.15	-	$\pm 1.0 m \cdot s^{-1}$	$x > 0.998$
Pineiro	[173]	2003	DSA-48	ρ, u	298.15	-	$\pm 1.0 m \cdot s^{-1}$	$x > 0.998$
Sonawane	[212]	2004	SCVPMUI	ρ, u	298.15 371.1	-	$\pm 0.08 \%$	$w > 99.5 \%$
Troncoso	[226]	2004	DSA-48	$\rho, u, c_{p,m}$	278.15 318.15	-	$\pm 1.0 m \cdot s^{-1}$	$x = 0.998$
Haro	[117]	2005	DSA-48	ρ, u	298.15; 313.15	-	$\pm 1.0 m \cdot s^{-1}$	99.5 %
Langa	[140]	2005	DSA-48	ρ, u, h^E	283.15; 298.15; 313.15	-	$\pm 1.0 m \cdot s^{-1}$	99.8 %
Valles	[229]	2006	DSA-48	ρ, u, η, h^E	283.15; 298.15; 313.15	-	$\pm 1.0 m \cdot s^{-1}$	$> 99 \%$
Gonzalez	[110]	2007	DSA5000	ρ, u, η	293.15 303.15	-	$\pm 0.1 m \cdot s^{-1}$	$x > 0.998$
Mascato	[149]	2007	DSA-48	ρ, u, h^E	288.15 308.15	-	$\pm 1.0 m \cdot s^{-1}$	$x > 0.998$
Dubey	[97]	2008	DSA5000	ρ, u, η	298.15 308.15	-	$\pm 0.1 m \cdot s^{-1}$	99.5 %
Nain	[156]	2009	SCVPMUI	ρ, u	288.15 318.15	-	$\pm 0.03 \%$	$x > 0.998$
Outcalt	[162]	2010	DSA5000	ρ, u	278.15 343.15	-	$\pm 0.30 \%$	$w \geq 99.5 \%$
Sadeghi	[187]	2011	DSA5000	ρ, u, η	288.15 313.15	-	$\pm 0.1 m \cdot s^{-1}$	$x > 0.990$
Dubey	[96]	2011	DSA5000	ρ, u, η	293.15 313.15	-	$\pm 0.1 m \cdot s^{-1}$	$w > 99.5 \%$

Burada SCVPMUI, Single-Crystal Variable-Path Multifrequency Ultrasonic Interferometer; ρ , sıxlıq; hE , izafi molyar entalpiya; η , özlülük; nD , sınma indeksi; $c_{p,m}$, hər həcm vahidinə düşən izobar istilik tutumu; x , mol fraksiyası; w , həcm faizidir.

Cədvəldən də görünür ki, 2000-ci ildən 2007-ci ilədək təcrübələr Anton Paar DSA 48 qurğusu vasitəsilə yerinə yetirilmişdir. Bu qurğu 20 ildən artıqdır ki, istehsal olunmur. Bəzi məqalələrdə bu qurğunun ölçü dəqiqliyi $0.5 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$, hətta $\pm 0.1 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ intervalında göstərilərsə 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 gün bu qurğu səs sürətinin atmosfer təzyiqində ölçülməsi üçün ən dəqiq təcrübə qurğusudur. Məhz ona görə butanol-1-in səs sürətinin əvvəlki illərdə dəqiq olmayan təcrübə qurğularında ölçülmüş qiymətləri ilə son illərdə əldə edilmiş nəticələr arasında nəzərəcərpacaq qədər fərq vardır. Daha sonra butanol-1 və dizel B0 yanacağı qarışıqlarının səs sürətinin atmosfer təzyiqində nəticələri $u(p_0, T, x)$ empirik polinom tənliklə yazılmışdır:

$$u(p_0, T, x) = \sum_{i=0}^3 (x/\text{mol fr.})^i \sum_{j=0}^3 y_{ij} (T/K)^j, \quad (3)$$

Burada, y_{ij} – (3) tənliyinin əmsallarıdır və cədvəl 5-də verilmişdir.

Cədvəl 5.

(3) tənliyinin y_{ij} əmsalları

$y_{00} = 2435.602197^{sy}$	$y_{12} = 0.5463956959$	$y_{30} = 0.1113915894 \cdot 10^{-4}$
$y_{01} = 1140.100937$	$y_{13} = 0.3957990024$	$y_{31} = -0.4402215147 \cdot 10^{-4}$
$y_{02} = 6.676879520$	$y_{20} = -0.7001578706 \cdot 10^{-2}$	$y_{32} = -0.4690895458 \cdot 10^{-5}$
$y_{03} = -201.6857491$	$y_{21} = 0.04025931392$	$y_{33} = 0.5211419141 \cdot 10^{-5}$
$y_{10} = -2.551007951$	$y_{22} = 0.5034316636 \cdot 10^{-3}$	
$y_{11} = -12.23036325$	$y_{23} = -0.1770035475 \cdot 10^{-2}$	

$^{sy}AAD = (100/n) \cdot (u_{exp} - u_{cal}) / u_{exp} = \pm 0.059 \%$.

Butanol-1 və dizel B0 yanacağı qarışıqlarının səs sürətinin (3) tənliyi ilə yazılması zamanı $ur(\partial u/u) = \pm 0.052\%$ nisbi orta xəta alınmışdır.

Nəticə. Tədqiqat işində alternativ yanacaq qarışıqlarının (butanol-1 və dizel B0) $T=(278.15 \div$

$343.15)K$ temperatur intervalında, $x_{b-1}=(0.0, 0.177, 0.349, 0.5515, 1.0)$ mol fraksiyalarında və ya $V_{b-1}=(0.0, 7.0, 15.80, 30.0 \text{ and } 100.0)\%$ həcm faizi diapazonunda səs sürəti $u/\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ eksperimental yolla ölçülmüş və empirik polinom tənliyi vasitəsilə ümumiləşdirilmişdir. Butanol-1/B0 dizel qarışıqlarının alternativ mühərrik yanacağı kimi yararlılığını qiymətləndirmək məqsədi ilə geniş əhatəli eksperimental məlumat bazası yaradılmışdır. Əldə olunan nəticələr yanacaq püskürtmə sistemlərinin analitik modelləşdirilməsi və dizaynının optimallaşdırılması üçün xüsusi əhəmiyyət kəsb edir, mühərrikin iş göstəricilərinə təsir edən kritik termofiziki xassələrin daha dərinlən dərk olunmasına şərait yaradır. Tədqiqatın nəticələri butanol-1-in müasir dizel mühərriklərində bərpa olunan alternativ yanacaq növü kimi uğurlu integrasiyası üçün mühüm perspektivlər vəd edir.

İstifadə edilmiş ədəbiyyat

1. Safarov J., Ahmadov B., Hassel E. Vapor Pressure of 1-Butanol and Diesel B0 Binary Fuel Blends, Journal of the “Serbian Chemical Society” 2019, 84(6), pp.599-607.
2. Əhmədov B. Butanol-1-in istilik-fiziki xassələri. Ümummilli lider Heydər Əliyevin anadan olmasının 90-cı ildönümünə həsr olunmuş Gənc Tədqiqatçıların I Beynəlxalq elmi konfransının materialları, Qafqaz Universiteti, 26-27 aprel, 2013.
3. Əhmədov B.C., Səfərov C.T., Mirzəyev S.H., Şahverdiyev A.N., Hassel E. Butanol-1-in atmosfer təzyiqində səs sürətinin araşdırılması. Azərbaycan Texniki Universitetinin “Elmi Əsərləri” jurnalı, 2015, №1, s.124-130.
4. Əhmədov B., Səfərov C. Butanol-1-in istilik tutumunun araşdırılması. “Azərbaycan Milli Elmlər Akademiyasının xəbərləri” jurnalı (“fizika-texnika və riyaziyyat elmləri seriyası, fizika və astronomiya), 2015, №2, s.104-110.
5. Ахундов Т.С., Иманов Ш.Ю. Уравнение состояние орто и параксилолов. Известия ВУЗов, Нефть и газ, 1969, №12, с.100-104.
6. Гершань Д.Г. Влияние состава топлива, содержащего бутанол, на показатели рабочего процесса дизеля. Журнал “Наука и техника”, 2017, т.16, №3, с.225-231.
7. Голубев И.Ф., Вагина Э.Н. Удельная плотность н-пропилового, изо-пропилового,

н-бутилового и изо-бутилового спиртов при высоких давлениях и различных температурах. Труды ГИАП. М., 1963, вып.XV, с.39-55.

8. Голубев И.Ф., Васильковская Т.Н., Золин В.С. Экспериментальное исследование плотности алифатических спиртов при различных температурах и давлениях, "Инженерно-физический" журнал, 1980, том 38, с.668-670.

9. Григорьев Б.А., Янин Г.С., Расторгуев Ю.Л. Экспериментальное исследование изобарной теплоемкости спиртов, Труды ГИАП, 1979, с.57-64.

10. Золин В.С., Голубев И.Ф., Васильковская Т.Н. Экспериментальное определение плотности алифатических спиртов при низких температурах. Труды ГИАП, 1979, №54, с.26-28.

11. Шоитов Ю.С., Отпушшенников Н.Ф. Зависимость давления скорости звука в жидкостях. Известия высших учебных заведений, Физика, 1968, т.11, №12, с.137-139.

12. Gascon I., Artigas H., Lafuente C., Lopez M. Carmen R., 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, vol.202, No2, pp.385-397.

13. Instruction Manual DSA5000M. Firmware Version V2.20, Anton Paar GmbH, Graz, Austria, 2011, 163 p.

14. Kegl B. Biodiesel usage at low temperature. Fuel, 2008, vol.87, pp.1306-1317.

15. Kegl B. Numerical analysis of injection characteristics using biodiesel fuel. Fuel, 2006, vol.85, pp.2377-2387.

B.Ahmadov, N.Majlumov
Speed of sound in mixtures of 1-butanol and diesel fuel at atmospheric pressure

Abstract

Butanol-1 and B0 diesel fuel were first de-

gassed under vacuum in specially prepared flasks. Their purity was then verified using a "Karl Fischer 756 KF titrator". Binary mixtures were prepared in interconnected preparation flasks at mole fractions of butanol-1 $x_{b-1}=(0.0, 0.177, 0.349, 0.5515, 1.0)$ or corresponding volume percentages $V_{b-1}=(0.0, 7.0, 15.80, 30.0, 100.0\%)$. This paper presents the experimental results of the speed of sound for butanol-1, B0 diesel fuel, and their mixtures at atmospheric pressure over a wide temperature range $T=(278.15\div343.15)K$. The experimental measurements of the speed of sound were carried out using an automated DSA 5000M instrument.

Б.Ахмадов, Н.Маджлумов
Скорость звука в смесях 1-бутанола и дизельного топлива при атмосферном давлении

Аннотация

Бутанол-1 и дизельное топливо B0 предварительно были дегазированы под вакуумом в специально подготовленных колбах, после чего степень их чистоты была проверена с помощью титратора "Karl Fischer 756 KF titrator". Бинарные смеси были приготовлены в соединённых между собой подготовительных колбах при молярных долях $x_{b-1}=(0.0, 0.177, 0.349, 0.5515, 1.0)$ или объёмных процентах $V_{b-1}=(0.0, 7.0, 15.80, 30.0, 100.0\%)$. В представленной статье приведены экспериментальные результаты измерения скорости звука в бутаноле-1, дизельном топливе B0 и их смесях при атмосферном давлении в широком температурном интервале $T=(278.15\div343.15)K$. Экспериментальные измерения скорости звука были выполнены с использованием автоматической установки DSA 5000M.