

Ж. Бимұрат 

PhD, қауымдастырылған профессор,
Алматы энергетикалық университеті,
Алматы қ., Қазақстан
bimurat55@gmail.com

ДИЗЕЛЬ ЖАНАРМАЙЫНЫҢ СЕРПІМДІЛІК ЖӘНЕ ЖЫЛУЛЫҚ ҚАСИЕТТЕРІНЕ ТЕМПЕРАТУРАНЫҢ ӘСЕРІН АКУСТИКАЛЫҚ ӘДІСІМЕН ЗЕРТТЕУ

Аңдатпа. Мақалада – қыстық арктикалық дизель жанармайының тығыздығының, онда тарайтын ультрадыбыс толқынының жылдамдығының, адиабаталық сығылғыштық және көлемдік жылулық ұлғаю коэффициенттерінің, тұрақты қысым мен көлемдегі жылусыйымдылықтарының қатынастарының температураға тәуелділігін тәжірибе жүзінде өлшенген параметрлердің көмегімен есептеп анықтадық. Эксперименттер жүргізу мақсатында сұйықтардағы серпімді қума толқынның жылдамдығының температураға тәуелділігін анықтайтын автоматтандырылған қондырғы жинастырдық. Ультрадыбыстық импульсті жүйе резонанстық жиілігі 5 МГц кварц пьезоэлементтен, электр тербелістерін қоздыратын генератордан, күшейткіштен және қабылдағыш пен өлшеуіш құралдардан тұрады. Зерттелген үлгінің тығыздығының температураға тәуелділігін арнайы ыдыстың ішінде орналасқан термометр мен ариометрдің көмегімен өлшедік.

Кварцтан жасалған пьезоэлементке генератор уақыт бойынша қысқа жоғары жиіліктегі электр импульстерін береді. Электр импульстерін кварц пластинасы зерттелетін үлгіде тарайтын ультрадыбыс толқындарына түрлендіреді. Шағылып пьезоэлементке келген толқындық импульс қайтадан электр импульстеріне түрлендіріліп импульсті ультрадыбыс жүйесіне беріледі. Зерттеу барысында біз ультрадыбыс толқынының көзі және қабылдағыш ретінде қуматолқынның туындалатын бір пьезоэлементті қолдандандық. Өйткені резонанстық жиіліктері бірдей кварц пластиналарын жасау үлкен техникалық қиындықтар туғызды. Тәжірибелік өлшеулер мен теориялық есептеулердің нәтижесінде Арктикалық дизель майының тығыздығының, ондағы қума толқынының жылдамдығының, жылулық ұлғаю және адиабаталық коэффициенттерінің, тұрақты қысымдағы жылусыйымдылығының тұрақты көлемдегі жылусыйымдылыққа қатынасының температураға тәуелділігін алғаш рет анықтап, графиктерін тұрғыздық.

Тірек сөздер: қума толқын, теориялық және адиабаталық коэффициенттер, жылусыйымдылықтар.

Кіріспе. Соңғы жылдары ғалымдар газдардың, сұйықтардың, қатты денелердің физикалық қасиеттерін зерттеулерге серпімді толқындарды [1,2,3] кеңіннен қолданып ғылыми теориялық және практикалық мәселелерді жан - жақты талқылап шешіп келеді. Заттардағы ультрадыбыс

толқындарын тәжірибе жүзінде өлшеу олардың серпімділік қасиеттерін сипаттайтын адиабаталық, жылулық көлемдік ұлғаю коэффициенттерінің, жылу сыйымдылықтарының, Дебай температурасының қысым мен температураға тәуелділігін зерттеуге мүмкіндік береді. Сонымен қатар

фонондық спектр туралы ақпарат аламыз. Амплитудасы кіші ультраакустикалық тербелістердің заттардың молекула – кинетикалық қасиеттерін зерттеуде алатын орны ерекше. Заттардың бірінші және екінші текті түрлендірулерінде, яғни бір күйден екінші күйге өткендегі термодинамикалық сипаттамалық функциялардың және жылусыйымдылықтардың өзгерістерінің шамаларын есептегенде, $P - T$ координатасындағы фазалық диаграммада тепе – теңдік күйлердің шекараларын анықтағанда атқаратын рөлі өте үлкен. Ұсынылып отырған мақалада техникада, өндіріс орындарында, дизельдік қозғалтқышта, су, ауа, жер көліктерінде жиі қолданылатын Арктикалық дизель жанармайындағы ультрадыбыстың кума толқынының, жылдамдығын тәжірибе жүзінде өлшеп, оның тығыздығының, кума толқын жылдамдығының, термиялық серпімділік қасиеттерінің, жылусыйымдылықтарының қатынастарының атмосфералық қысымда температураға тәуелділігін бірінші рет анықтадық. Жұмысшы есептейтін формулаларды жан – жақты зерттеп талқыладық.

Материалдар мен әдістер. Тәжірибелік зерттеулер жүргізетін үлгі ретінде Арктикалық дизельдік жанармайды алып, ондағы серпімді кума толқынның жылдамдығының қалыпты қысымдағы $(25 - 145)^{\circ}\text{C}$ температура аралындағы мәндерін импульсі ультрадыбысты қондырғының көмегімен өлшедік. Толқын көзі мен қабылдағыштың рөлін бір пьезоэлемент атқарды. Серпімді толқынның зерттелетін Арктикалық дизель жанармайын жүруге кеткен уақытын, яғни қайтып келу уақытын осциллографтың экранындағы импульстерді бір – бірімен беттестіру

әдісін қолданып [4,5] төмендегі формуламен есептеп таптық.

$$v = \frac{l}{2t_k}$$

Мұндағы, l зерттелетін үлгінің биіктігі, t_k кешігіп келу уақыты.

Жылу сыйымдылықтар бір – біріне тәуелсіз акустикалық және термодинамикалық әдістермен анықталды. Біз акустикалық әдісті қолдандық. Ол үшін адиабаталық сығылғыштықты дыбыс жылдамдығымен байланыстыратын формуламен өрнектедік [6,7]

$$v^2 \rho \beta(t) = \frac{C_P}{C_V} \quad (1)$$

Термодинамикалық әдісте мына формуланы [7] қолдандық.

$$C_P - C_V = - \frac{\left(\frac{\partial V}{\partial T}\right)_P^2}{\left(\frac{\partial V}{\partial P}\right)_T} \quad (2)$$

Егер калориметриялық өлшеуден C_P белгілі болса, екі өрнектің нәтижелері сәйкес келеді. Су үшін $\frac{C_P}{C_V}$ қатынасы бірге жақын екендігін Клаузиус дәлелдеген. Сондықтан $\frac{C_P}{C_V}$ қатынасы барлық сұйықтар үшін бірге жақын деп есептелінеді. Бірақ мына төмендегі қатынас олардың бірге жақын еместігін көрсетті [8]:

$$v = \sqrt{\frac{1}{\beta(s)\rho}} \quad (3)$$

$$\beta(s) + \frac{\rho T}{f^2 C_P} \left(\frac{\partial v}{\partial T}\right)^2 \quad (4)$$

$$\frac{C_P}{C_V} = \frac{\beta(t)}{\beta(s)} \quad (5)$$

Осы формулалармен сұйықтардың жылусыйымдылықтарды толық есептеу үшін көлемдік жылулық ұлғаю коэффициенті мен C_P жылусыйымдылығын білуіміз керек. Ал

термодинамиканың заңдарын қолданып C_p , C_v , $\frac{C_p}{C_v}$, жылусыйымдылықтарын акустикалық әдіспен алынған тығыздық пен ұлғаю және сығылу коэффициенттерімен анықтай аламыз.

Мысалы, жалпы термодинамикалық формуладан мына жүйе шығады [1]:

$$C_v = \frac{\left(\frac{\partial P}{\partial T}\right)_V T}{M\left(\frac{\partial P}{\partial V}\right)_T + \rho^2 v^2} \quad (6)$$

$$\frac{C_p}{C_v} = -\frac{\rho^2 v^2}{M\left(\frac{\partial P}{\partial V}\right)_T} \quad (6)$$

$$\frac{C_p}{C_v} = \gamma \quad (6)$$

Термиялық және күштік коэффициенттердің араларындағы байланыс формусын [7] қолдансақ:

$$\left(\frac{\partial V}{\partial P}\right)_T \left(\frac{\partial P}{\partial T}\right)_V \left(\frac{\partial T}{\partial V}\right)_P = -1 \quad (7)$$

бұдан

$$\frac{\alpha(p)}{\beta(t)} = \left(\frac{\partial P}{\partial T}\right)_V \quad (8)$$

(6) өрнегіндегі туындының мәндерін термиялық және күштік коэффициенттермен алмастырсак, жылусыйымдылықтарды есептейтін формулалар шығады:

$$C_v = \frac{\alpha^2(p)T}{[v^2 \rho \beta(t) - 1] \rho \beta(t)} = \frac{\alpha^2(p)T}{(\gamma - 1) \rho \beta(t)} \quad (9)$$

$$\frac{C_p}{C_v} = \beta(t) \rho v^2 \quad (9)$$

$$C_p = \gamma C_v \quad (9)$$

Таза сұйықтар мен қоспалардың, ерітінділердің жылусыйымдылықтарының температураға тәуелділігін анақтау үшін оларда тарайтын ультрадыбыс жылдамдығымен қатар

тығыздығы мен изотермиялық сығылғыштығын өлшеу қажет. Өкінішке қарай изотермиялық сығылғыштың мәндері $(0 - 50)^\circ\text{C}$ температура аралығында ғана белгілі болғандықтан, келтірілген қарапайым әдісті үлкен температура аралығында қолдана алмаймыз. Сұйықтардағы ультрадыбыс жылдамдығы мен адиабаталық сығылғыштық сәйкестендіру заңына жақсы бағынатындығын ескерсек, осы заң $\frac{C_p}{C_v}$ қатынасы мен $C_p - C_v$ айырымында қанағаттандырады. Сондықтан бірінші жуықтауда сұйықтардың жылусыйымдылықтарын оңай есептейміз. Мысалы, қандайда бір сұйықтың изотермиялық сығылғыштығын алайық:

$$\beta(t) = -\frac{1}{V} \left(\frac{\partial V}{\partial p_1} \right)_T \quad (10)$$

Оны C , P , V , T параметрлерін келтірілген параметрмен π, φ, θ өрнектейік

$$T = \theta T_{kp}, V = \varphi V_{kp}, P = \pi P_{kp}$$

Мұндағы, T_{kp}, V_{kp}, P_{kp} критикалық температура, көлем және қысым.

Онда $\beta(t)$ үшін (10) формула төмендегідей түрленді:

$$\beta(t_1) = \left(\frac{\partial \varphi_1}{\partial \pi_1} \right)_{\theta_1} \cdot (\varphi_1 P_{kp1})^{-1} \quad (11)$$

Критикалық P_{kp} қысымда басқа сұйықтық үшін изотермиялық сығылғыштық коэффициенті мын қатынаспен өрнектеледі:

$$\beta(t_2) = \left(\frac{\partial \varphi_2}{\partial \pi_2} \right)_{\theta_2} (\varphi_2 P_{kp2})^{-1} \quad (12)$$

Егер $\varphi_1 = \varphi_2$ болса, мына қатынасын аламыз:

$$\frac{P_{kp2}}{P_{kp1}} = \frac{\beta(t_1)}{\beta(t_2)} \quad (13)$$

Адиабаталық сығылғыштық коэффициентін $\beta(S)$ деп белгілесек, (13) қатынас мынадай күйді қабылдайды:

$$\frac{P_{кр2}}{P_{кр1}} = \frac{\beta(S_1) \gamma_1}{\beta(S_2) \gamma_2} \quad (14)$$

бұдан

$$\frac{\gamma_1}{\gamma_2} = \frac{\beta(S_2) P_{кр2}}{\beta(S_1) P_{кр1}} \quad (15)$$

Өрнекті тәжірибеден $\beta(5)$ және жылусыйымдылықтардың қатынасы бір сұйықтық үшін белгілі болса, қалғандары үшін $\frac{C_p}{C_v}$ қатынасы анықтай аламыз.

$C_p - C_v$ айырымы сәйкес күйлер занын қанағаттандыратынын тексеру мақсатында сұйықтардың изотермиялық сығылғыштық және жылулық көлемдік ұлғаю коэффициенттерін байланыстыратын формуланы жазамыз:

$$C_{p1} - C_{v1} = T_1 V_1 \frac{\alpha_1^2}{\beta(t_1)}$$

Осы формуланы басқа сұйықтыққа арнап жазайық:

$$C_{p2} - C_{v2} = \frac{\alpha_2^2}{\beta(t_2)} T_2 V_2$$

осылардың қатынастарын аламыз:

$$\frac{C_{p1} - C_{v1}}{C_{p2} - C_{v2}} = \frac{\beta(t_1) T_1 V_1 (\alpha_1)^2}{\beta(t_2) T_2 V_2 (\alpha_2)^2}$$

$\frac{C_p}{C_v}$ қатынасы артса, ультрадыбыстың жылдамдығы өседі.

Нәтижелер мен талдаулар. №1 кестемен №1, №2, №3, №4 суреттерде арктикалық дизель майының тығыздығының, адиабаталық сығылғыштық, көлемдік жылулық ұлғаю коэффициенттерінің, жылусыйымдылықтарының қатынастарының және онда таралатын кума толқын жылдамдығының температураға тәуелдіктері келтіріліп, графиктері тұрғызылған.

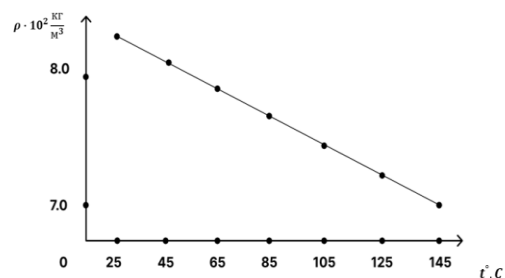
№1 кесте

t^0, C	$\rho \times 10^3 \frac{кг}{м^3}$	$10^2 \frac{М}{м^3} \beta(S) \times 10^2$	$\beta(t) \times 10^2$	$\frac{C_p - C_v}{C_v} = \frac{\beta - 1}{\beta}$	$\beta, 1$
25	8,30	10,95	8,34	8,50	1,019
35	8,23	10,90	9,00	9,80	1,088
45	8,15	10,85	9,80	10,00	1,020
55	8,09	10,72	10,20	10,40	1,019
65	8,02	10,67	10,60	10,85	1,023
75	7,94	10,61	11,00	11,20	1,018
85	7,87	10,56	11,39	11,60	1,018
95	7,81	10,51	11,48	11,80	1,028
105	7,73	10,46	11,60	12,00	1,034
115	7,66	10,41	12,04	12,20	1,013
125	7,60	10,30	12,25	12,40	1,012
135	7,53	10,31	12,50	12,75	1,020
145	7,48	10,26	12,70	12,90	1,015

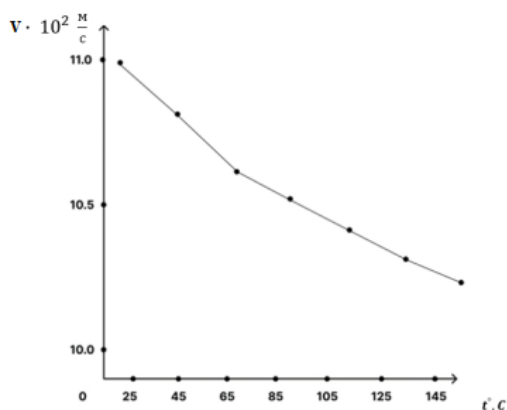
№1 кестеден және №1-№4

тұрғызылған графиктерден температура артқанда Арктикалық Дизель жанармайының тығыздығының, онда тарайтын кума толқын жылдамдығының кемитіндігін, ал адиабаталық сығылғыштық және көлемдік ұлғаю коэффициенттерінің сызықты емес байланыспен артатындығын, тұрақты қысымдағы жылусыйымдылықтың тұрақты көлемдегі жылусыйымдылыққа қатынасы шамалы ғана өзгеретінін $C_p \geq C_v$ көреміз.

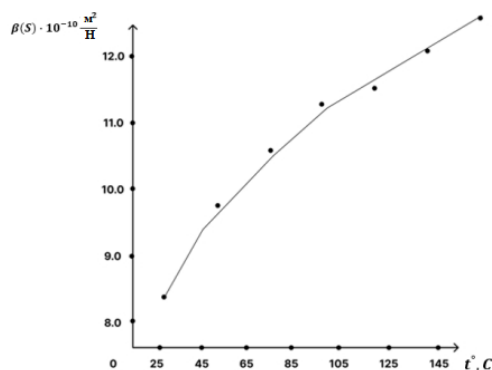
Тәжірибе жүзінде өлшенген және физикадан белгілі, формулаларды қолданып есептелген параметрлердің араларындағы тәуелділік физикалық заңдылықтарға сәйкес келеді. Зерттеу барысында аномальды құбылыстар байқалмады.



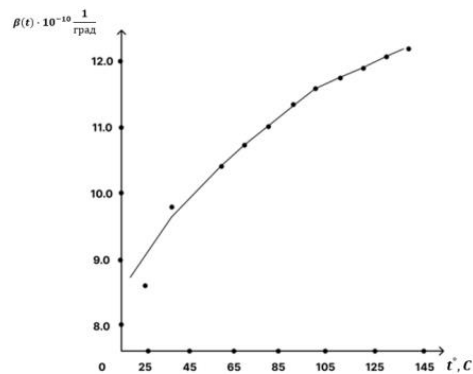
№1 сурет. Арктикалық дизельдік жанармай тығыздығының температураға тәуелділігі.



№2 сурет. Арктикалық дизельдік жанармайдағы серпімді кума толқын жылдамдығының температураға тәуелділігі.



№3 сурет. Арктикалық жанармайдың адиабаталық сығылғыштық коэффициентінің температураға тәуелділігі.



№4 сурет. Арктикалық дизель жанармайының жылулық көлемдік ұлғаю коэффициентінің температураға тәуелділігі.

Қорытынды

1. Алғаш рет Арктикалық дизель майының тығыздығының, онда тарайтын ультрадыбыс кума толқынның, адиабаталық және көлемдік жылулық ұлғаю коэффициенттерінің, тұрақты қысым мен көлемдегі жылусыйымдықтарының қатынасының атмосфералық қысымда температураға тәуелділігі анықталды.

2. Термодинамиканың заңдылықтарын қолданып ультрадыбыс жылдамдығын, адиабаталық және жылулық көлемдік ұлғаю коэффициенттері мен жылусыйымдылықтардың қатынасын есептейтін формула қорытылып шығарылды.

Әдебиеттер тізімі

1. Бижигитов, Т. Методы исследования температурной зависимости адиабатических коэффициентов сжатия жидкого топлива [Текст] / Т. Бижигитов., А.Сембиева, А.Таттибай // Наука и Мир. Международный научный журнал, №5(93), 2021
2. Бижигитов, Т. Исследование модулей упругости проводников с использованием упругих волн [Текст] / Т.Бижигитов., А.Сембиева., Ж.Досыбаев // Наука и мир, Международный научный журнал №5(117), 2023
3. Bizhigitov, T. The study of the thermal coefficients and liquids heat capacity dependence on temperature using the acoustic method [Text] / T. Bizhigitov, A. Sembiyeva; A. Kayzbekova // Science and world, International scientific journal, №4(80), 2020, vol.1.
4. Кухлинг, Х. Справочник по физике [Текст] / Х. Кухлинг. - Москва, «Мир», 1983, с.491

5. Бижигитов, Т. Жалпы физика курсы. Оқулық, 1 том, Механика Молекулалық физика [Мәтін] / Т. Бижигитов. - Алматы, «Лантар books», 2024, 492 б.
6. Бижигитов, Т. Статистикалық физика. Физикалық кинетика негіздері. Оқулық [Текст] / Т.Бижигитов. - Алматы, «Альманахъ»2022, 256 б.
7. Базаров, И.П. Термодинамика. Учебник [Текст] / И.П. Базаров. - Москва, «Высшая школа», 1991, с.374

Ж. Бимурат - Алматинский энергетический университет, г. Алматы, Казахстан

АКУСТИЧЕСКИЙ МЕТОД ИССЛЕДОВАНИЯ ВЛИЯНИЯ ТЕМПЕРАТУРЫ НА УПРУГИЕ И ТЕПЛОВЫЕ СВОЙСТВА ДИЗЕЛЬНОГО ТОПЛИВА

Аннотация. В статье-вычислили с помощью экспериментально измеренных параметров температурную зависимость плотности зимнего арктического дизельного топлива, скорости распространяющейся в нем ультразвуковой волны, коэффициентов адиабатической сжимаемости и объемного теплового увеличения, соотношений постоянного давления и теплоемкости объема. В целях проведения экспериментов нами была собрана автоматизированная установка для определения температурной зависимости упругой погонной волны в жидкостях. Ультразвуковая импульсная система состоит из кварцевого пьезоэлемента резонансной частотой 5 МГц, генератора, возбуждающего электрические колебания, усилителя, приемника и измерительных приборов. Мы измерили зависимость плотности исследуемого образца от температуры с помощью термометра и ариометра, расположенных внутри специального сосуда.

На пьезоэлемент, изготовленный из кварца, генератор подает электрические импульсы на короткие высокие жилы с течением времени. Электрические импульсы преобразуются кварцевой пластиной в ультразвуковые волны, распространяющиеся по исследуемому образцу. Волновые импульсы, поступающие в отраженный пьезоэлемент, снова преобразуются в электрические импульсы и передаются в импульсную систему ультразвука. В ходе исследования мы использовали один пьезоэлемент, который генерирует мощность в качестве источника и приемника ультразвуковой волны. Потому что создание кварцевых пластин с одинаковыми резонансными частотами создало большие технические проблемы. В результате экспериментальных измерений и теоретических расчетов мы впервые определили и построили графики температурной зависимости плотности арктического дизельного топлива, скорости погонной волны в нем, коэффициентов теплового увеличения и адиабатики, отношения теплоемкости при постоянном давлении к теплоемкости при постоянном объеме.

Ключевые слова: волна погони, теоретические и адиабатические коэффициенты, теплоемкость.

Zh. Bimurat - *Almaty energy University, Almaty, Kazakhstan*

STUDY OF THE INFLUENCE OF TEMPERATURE ON THE ELASTIC AND THERMAL PROPERTIES OF DIESEL FUEL BY ACOUSTIC METHOD

Abstract. In the article, we calculated the temperature dependence of the density of winter Arctic diesel fuel, the speed of the ultrasonic wave propagating in it, the coefficients of adiabatic compressibility and volumetric thermal increase, the ratio of heat capacity at constant pressure and volume using experimentally measured parameters. In order to conduct experiments, we have assembled an automated device for determining the temperature dependence of the heat of an elastic shock wave in liquids. The ultrasonic pulsed system consists of a quartz piezoelement with a resonant frequency of 5 MHz, a generator that excites electrical vibrations, an amplifier and a receiver and measuring instruments. We measured the dependence of the density of the studied sample on temperature using a thermometer and an ariometer located inside a special container.

To the piezoelement made of Quartz, the generator transmits short high-beam electrical pulses in time. Electrical impulses are converted by a quartz plate into ultrasound waves propagating in the sample under study. The wave pulse, which comes to the reflected piezoelement, is again converted into electrical pulses and transmitted to the pulsed ultrasound system. In our research, we used one piezoelectric element, which produces a power wave, as a source and receiver of an ultrasound wave. Because the creation of quartz plates with the same resonant frequencies caused great technical difficulties. As a result of experimental measurements and theoretical calculations, for the first time we determined and built graphs of the temperature dependence of the density of Arctic diesel oil, the speed of the chase wave in it, the thermal increase and adiabatic coefficients, the ratio of heat capacity at constant pressure to heat capacity at constant volume.

Key words: chase wave, theoretical and adiabatic coefficients, thermal capacities.

References

1. Bizhigitova, T. Metody issledovaniya temperaturnyj zavisimosti adiabaticheskikh koefficientov szhatiya zhidkogo topliva [This is a satire of met coefficients and temperature studies of diabetic dependence of liquid fuels] [Text] / T.. Bizhigitova, A.Sembieva, A.Tattibay // The world of science of the year. International Scientific Journal, No. 5(93), 2021
2. Bizhigitova, T. Issledovanie modulej uprugosti provodnikov s ispol'zovaniem uprugih voln [Using the root of the study of S. Provodnikova spouses modulus of elasticity] [Text] / T..Bizhigitova, A.Sembieva, A.Dosybayeva // World of Science year, International Scientific Journal No. 5(117), 2023
3. Bizhigitov, T. The method using the capacity of the temperature dependence on acoustic liquids and heat thermal coefficients studu [Text] / T. Bizhigitov, A. Sembiyeva; A. Kayzbekova // Science and world, scienftic International journal, No.4(80), 2020, vol.1.
4. Kukhlin, X. Spravochnik po fizike [Boiler Physics Handbook] [Text] / X.Kukhlin. -

- Moscow, "Mir", 1983, p.491
5. Bizhigitov, T. ZHalpy fizika kursy [Course of General Physics]. Textbook, Volume 1, Mechanics molecular physics [text] / T. Bizhigitov. - Almaty, "Lantar books", 2024, 492 P.
 6. Bizhigitov, T. Statistikalық fizika. Fizikalық kinetika negizderi [Statistical physics. Fundamentals of physical Kinetics]. Textbook [Text] / T. Bizhigitov. - Almaty, "Almanac" 2022, P.256
 7. Bazarov, I. P. Termodinammika [Thermodynamics] / I. P. Bazarov. - Moscow, "Higher School", 1991, p.374

29.12.24 ж. баспаға түсті

03.03.25 ж. түзетулермен түсті.

18.03.25 ж. басып шығаруға қабылданды

Мақалаға сілтеме:

Бимұрат, Ж. Дизель жанармайының серпімділік және жылулық қасиеттеріне температураның әсерін акустикалық әдісімен зерттеу [Мәтін] / Ж.Бимұрат // Dulary University Хабаршысы. – 2025. – № 1. - Б.255-262 <https://doi.org/10.55956/RYXK3365>



Copyright: © 2024 by the authors. Submitted for possible open access publication under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY NC) license (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>).