

СКОРОСТЬ УЛЬТРАЗВУКА В Н-ОКТАНЕ И Н-ДЕКАНЕ ПРИ ПОВЫШЕННЫХ ДАВЛЕНИЯХ

А. А. БАДАЛЯН, Н. Ф. ОТПУЩЕННИКОВ, Ю. С. ШОЙТОВ

Импульсным ультразвуковым методом измерена скорость ультразвука в жидких н-октане и н-декане в интервале температур $30\div 140^\circ\text{C}$ и давлений до 1200 кг/см^2 . Погрешность измерения скорости ультразвука составляла не более $\pm 0,2\%$.

Установлено, что скорость ультразвука в жидких н-октане и н-декане в исследованном интервале температур и давлений с точностью до погрешности эксперимента по изотермам изменяется по нелинейному закону.

Показано, что коэффициент k в уравнении (2) в зависимости от температуры для исследованных веществ уменьшается по линейному закону.

Экспериментальное исследование скорости звука в жидкостях при высоких давлениях и температурах имеет не только научно-теоретическое, но и прикладное значение [1—8]. За последние 20 лет ультразвуковые методы исследования строения и физических свойств вещества в трех его агрегатных состояниях получили широкое распространение, так как они обладают высокой чувствительностью. По акустическим свойствам вещества имеется возможность рассчитать многие весьма важные термодинамические характеристики жидкостей как по линии насыщения, так и в зависимости от приложенного давления [6—12].

Нами были проведены измерения скорости ультразвука в н-октане ($\rho_4^{23} = 0,7025$, $n_D^{20} = 1,3977$) и н-декане ($\rho_4^{20} = 0,7293$, $n_D^{20} = 1,4118$) в интервале температур $30\div 140^\circ\text{C}$ и при давлениях до 1200 кг/см^2 .

Измерение скорости ультразвука производилось на импульсной ультразвуковой установке [11] на частоте 2 МГц , которая была несколько усовершенствована и приспособлена для измерения скорости ультразвука при давлениях до 1200 кг/см^2 . Температура измерялась платиновым термометром сопротивления, помещенным непосредственно в рабочий объем автоклава. Ошибка в измерении температуры не превышала $\pm 0,05^\circ\text{C}$. При термостатировании исследуемых веществ пользовались термостатом ТС-16, который позволял поддерживать заданную температуру с точностью $\pm 0,05^\circ\text{C}$. Необходимое давление в измерительной камере создавалось образцовым грузопоршневым манометром МП-2500 класса точности 0,05 через сифон, отделяющий масло от исследуемой жидкости.

Суммарная относительная ошибка определения скорости ультразвука c в зависимости от давления p и температуры T

$$\frac{\delta c}{c} \Big|_{p,T} = \frac{\delta l}{l} + \frac{\delta \tau}{\tau} + \frac{1}{c} \left(\frac{\partial c}{\partial p} \right)_T \delta p + \frac{1}{c} \left(\frac{\partial c}{\partial T} \right)_p \delta T, \quad (1)$$

Таблица 1

Скорость ультразвука (м/сек) в Н-оттане и Н-декане в зависимости от давления и температуры

$P, \text{ кг/см}^2$	$t, ^\circ\text{C}$	Н-оттан					Н-декан						
		30	40	60	80	100	120	30	40	60	80	100	120
0	1153	1112	1031	925	875	799	1215	1176	1100	1024	952	882	812
100	1222	1184	1108	1038	969	904	1277	1240	1168	1101	1035	973	913
200	1282	1246	1176	1111	1048	988	1333	1299	1231	1168	1107	1050	994
300	1337	1303	1236	1175	1117	1062	1384	1351	1287	1227	1171	1116	1066
400	1387	1355	1291	1234	1176	1125	1431	1400	1340	1282	1228	1175	1128
500	1434	1403	1342	1286	1234	1184	1476	1445	1387	1333	1281	1231	1185
600	1479	1448	1389	1337	1285	1238	1518	1488	1432	1380	1330	1282	1238
700	1520	1490	1437	1382	1334	1286	1558	1528	1475	1422	1375	1329	1286
800	1560	1531	1476	1426	1379	1333	1594	1567	1515	1465	1417	1374	1332
900	1596	1569	1513	1467	1419	1377	1631	1604	1550	1503	1457	1414	1375
1000	1632	1606	1552	1506	1459	1417	1665	1637	1588	1541	1496	1453	1415
1100	1666	1640	1588	1542	1498	1456	1698	1672	1623	1577	1533	1491	1453
1200	1699	1674	1623	1579	1554	1494	1730	1703	1658	1612	1568	1527	1490
$K, \frac{\text{м}^4}{\text{кг} \cdot \text{сек}}$	28,79	28,20	26,96	25,96	24,84	23,73	28,80	28,29	27,32	26,36	25,32	24,27	23,32
$A, \frac{\text{м}^4}{\text{кг} \cdot \text{сек} \cdot \text{град} \cdot \text{C}}$	0,0569						0,0498						

где l — длина акустического пути, τ — время акустической задержки импульса, составляла на нашей установке не более $\pm 0,2\%$.

Результаты наших измерений скорости ультразвука в жидких н-октане и н-декане приведены в таблице 1.

В таблице 2 приведены результаты контрольных измерений скорости звука в указанных жидкостях при атмосферном давлении. Как следует из таблицы, значения скорости ультразвука, полученные нами, хорошо согласуются с наиболее надежными данными других авторов [13, 14]. Измеренная нами скорость ультразвука в н-октане в зависимости от давления по изотермам также хорошо согласуется (см. рисунок) с данными [14], где проводилось исследование импульсным методом в том же интервале температур, но при давлении до 1400 бар.

Таблица 2

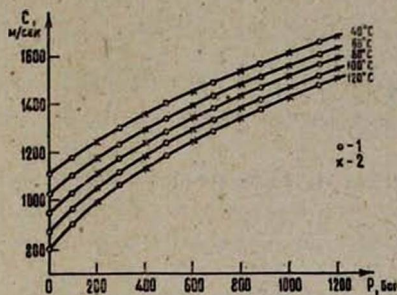
t, °C	c, м/сек			
	н-октан		н-декан	
	наши изм.	данные других авторов	наши изм.	данные [13]
30	1153	1152 [13]	1215	1215
40	1112	1111 [13] 1110 [14]	1176	1177
50	1071	1070 [13]	1137	1139
60	1031	1031 [13] 1030 [14]	1100	1100
70	991	990 [13]	1062	1065
80	952	951 [13] 951 [14]	1024	1026
90	913	912 [13]	988	990
100	875	874 [13] 874 [14]	952	953
110	837	836 [13]	917	918
120	799	798 [13] 797 [14]	882	884
130			847	849
140			812	815

Обработка опытных данных показала, что скорость ультразвука в зависимости от давления по изотермам в указанных жидкостях подчиняется соотношению [11]

$$c = \sqrt[3]{c_0^3 + k(p - p_0)}, \quad (2)$$

где c_0 — скорость ультразвука при $p = p_0$, p — приложенное давление, p_0 — атмосферное давление, k — постоянная, зависящая от вещества и температуры. Уравнение (2) можно получить теоретически из термодинамического уравнения для скорости звука [15]. Как видно из уравнения (2), скорость ультразвука при постоянной температуре в зависимости от давления изменяется по нелинейному закону. С повышением давления коэффициент $\left(\frac{dc}{dp}\right)_T$ уменьшается, подчиняясь закону,

который следует из уравнения (2). Значения коэффициента k , рассчитанные методом наименьших квадратов при различных температурах, приведены в табл. 1. Максимальное отклонение экспериментальных значений скорости ультразвука от рассчитанных по формуле (2) не превышает погрешности эксперимента.



1 — наши измерения, 2 — данные [14].

Из таблицы 1 видно, что величина коэффициента k с ростом температуры уменьшается. Уменьшение значения k в зависимости от температуры для исследованных веществ происходит по линейному закону

$$k = k_0 - A(t - t_0), \quad (3)$$

где k_0 — значение величины k при $t = t_0$,

A — константа.

Значения константы A , зависящей только от исследуемого вещества, приведены в табл. 1.

Характер установленной нами закономерности для коэффициента k в виде уравнения (3) по-видимому будет выполняться и для других членов гомологического ряда n -парафинов.

Курский гос. пед. институт

Поступила 10.VI.1970

ЛИТЕРАТУРА

1. И. Г. Михайлов, В. А. Соловьев, Ю. П. Сырников, Основы молекулярной акустики, Наука, М., 1964.
2. Б. Б. Кудряцев, Применение ультразвуковых методов в практике физико-химических исследований, ГИТТЛ, М.—Л., 1952.
3. В. Ф. Ноздрев, Применение ультразвуки в молекулярной физике, ГИФМЛ, М., 1958.
4. Л. Берман, Ультразвук, ИЛ, М., 1957.
5. W. Schaafs, Molekularakustik, Berlin, 1962.
6. Ю. А. Неручев, В. В. Зотов, Н. Ф. Отпущенников, Укр. физ., Ж. 12, 1387 (1967).
7. В. В. Зотов, Ю. А. Неручев, Н. Ф. Отпущенников, Инж-физ., Ж., 15, 890 (1968).
8. В. В. Зотов, Ю. А. Неручев, Сб. Ультразвук и физико-химические свойства вещества, вып. 3, 42, М., 1969.
9. Ю. А. Неручев, Сб. Ультразвук и физико-химические свойства, вып. 3, 92, М., 1969.
10. В. В. Зотов, Ю. А. Неручев, Н. Ф. Отпущенников, ЖФХ, 43, 776 (1969).
11. Ю. С. Шойтов, Г. М. Панькевич, Н. Ф. Отпущенников, Теплоэнергетика, 10, 76 (1968).

12. Г. М. Панькевич, Ю. С. Шойтов, Сб. Ультразвук и физико-химические свойства вещества, вып. 3, 36, М., 1969.
13. В. В. Зотов, Ю. А. Неручев, Н. Ф. Отпущенников, Сб. Ультразвук и физико-химические свойства вещества, вып. 3, 25, М., 1969.
14. J. W. M. Boelhauser, Physica, 34, 484 (1967).
15. Н. Ф. Отпущенников, Сб. Ультразвук и физико-химические свойства вещества, вып. 4, Курск, 1970.

ՈՒՆՏՐԱՍԱՅՆԻ ԱՐԱԳՈՒԹՅՈՒՆԸ ՆՈՐՄԱԼ-ՕԿՏԱՆՈՒՄ ԵՎ ՆՈՐՄԱԼ-ԴԵԿԱՆՈՒՄ ԲԱՐՁՐ ՃՆՇՈՒՄՆԵՐԻ ԴԵՊՐՈՒՄ

Ա. Լ. ԲԱԴԱԼՅԱՆ, Ն. Ֆ. ՕՏՊՈՒՇՉԵՆՆԻԿՈՎ, Յ. Ս. ՇՈՅՏՈՎ

Իմպուլսային ուլտրաձայնային մեթոդով չափվել է ուլտրաձայնի արագությունը հեղուկ նորմալ-օկտանում և նորմալ-դեկանում 03—140°C ջերմաստիճանային միջակայքում և մինչև 1200 կգ/սմ² ճնշման տակ: Ուլտրաձայնի արագության չափման սխալը կազմել է 0,2%-ից ոչ ավելի: Սահմանվել է, որ ուլտրաձայնի արագությունը հեղուկ նորմալ-օկտանում և նորմալ-դեկանում իզոթերմիկորեն հետազոտված ջերմաստիճանային և ճնշման միջակայքում փոքր է սխալի էջտոթյան սահմաններում փոփոխվում է ոչ զծային օրենքով:

Ցույց է տրվել, որ հետազոտված նյութերի համար (2) հավասարման մեջ մտնող k գործակիցը ջերմաստիճանից կախված փոքրանում է զծային օրենքով:

THE VELOCITY OF ULTRASOUND IN N-OCTANE AND N-DECANE AT HIGH PRESSURE

A. L. BADALIAN, N. F. OTPUSSHCHENNIKOV, U. S. SHOYTOV

The velocity of ultrasound in liquid n-octane and n-decane was measured in a temperature range from +30 to 140°C and at pressures up to 1200 kg/cm² using an ultrasound pulse method. The accuracy is estimated to be no less than 0,2%.

Sound velocity in liquid n-octane and n-decane is found to be non-linear along isotherms within the accuracy of measurements in the mentioned range of temperature and pressure.

The coefficient k in Eq. (2) for the investigated liquids is shown to reduce linearly with temperature.