

В этом случае вычислить $\tilde{\varphi}$ и φ_1 отдельно нельзя. Интеграл, представляющий сумму $\tilde{\varphi} + \varphi_1$, вычисляется методом, предложенным В. А. Фокэм в предисловии к работе [2]:

$$\tilde{\varphi} + \varphi_1 = \left[\sqrt{\frac{\pi}{2}} e^{3\pi/4i} F_0(s_1) w(\tau) + F_1(s_0) \frac{\cos \theta}{\sqrt{kR}} \right] \sqrt{k} / r e^{ikR}, \quad (10)$$

где $w(\tau)$ — функция, табулированная в указанной работе

$$\tau = \frac{1}{\sqrt{2}} e^{\pi/4i} \frac{\sqrt{kR}}{\cos \theta} (s_1 - s_0). \quad (11)$$

Если $|\tau| \ll 1$, то $w(\tau) = 1$ и вторым членом в (10) можно пренебречь при $kR \gg 1$. При переходе контура $\tilde{\Gamma}$ через полюс изменится знак перед первым членом в (10). Следовательно, изменение величины $\tilde{\varphi} + \varphi_1$ при переходе через полюс равно вычету (8), если при $\varepsilon \rightarrow 0$ положить $f(s_1) = 1$. Если $|\tau| \gg 1$, то $w(\tau) = i/\sqrt{\pi\tau}$. При этом мы получаем выражения (7) и (8).

ЛИТЕРАТУРА

1. В. Г. Гоголадзе. Отражение и преломление упругих волн. Общая теория граничных волн Рэля. Тр. Сейсмологического ин-та АН СССР, 1947, 125, 1—42.
2. В. Н. Фадеева, Н. М. Терентьев. Таблицы значений функции $w(z)$ от комплексного аргумента. М., ГТТИ, 1954.

Акустический институт АН СССР
Москва

Поступило в редакцию
2 января 1967 г.

УДК 534.22

О ПЕРЕСЕЧЕНИИ КРИВЫХ СКОРОСТИ УЛЬТРАЗВУКА В ЖИДКОСТИ И НАСЫЩЕННЫХ ПАРАХ ВБЛИЗИ КРИТИЧЕСКОЙ ТОЧКИ

В. Ф. Ноздрев, Н. Г. Степанов

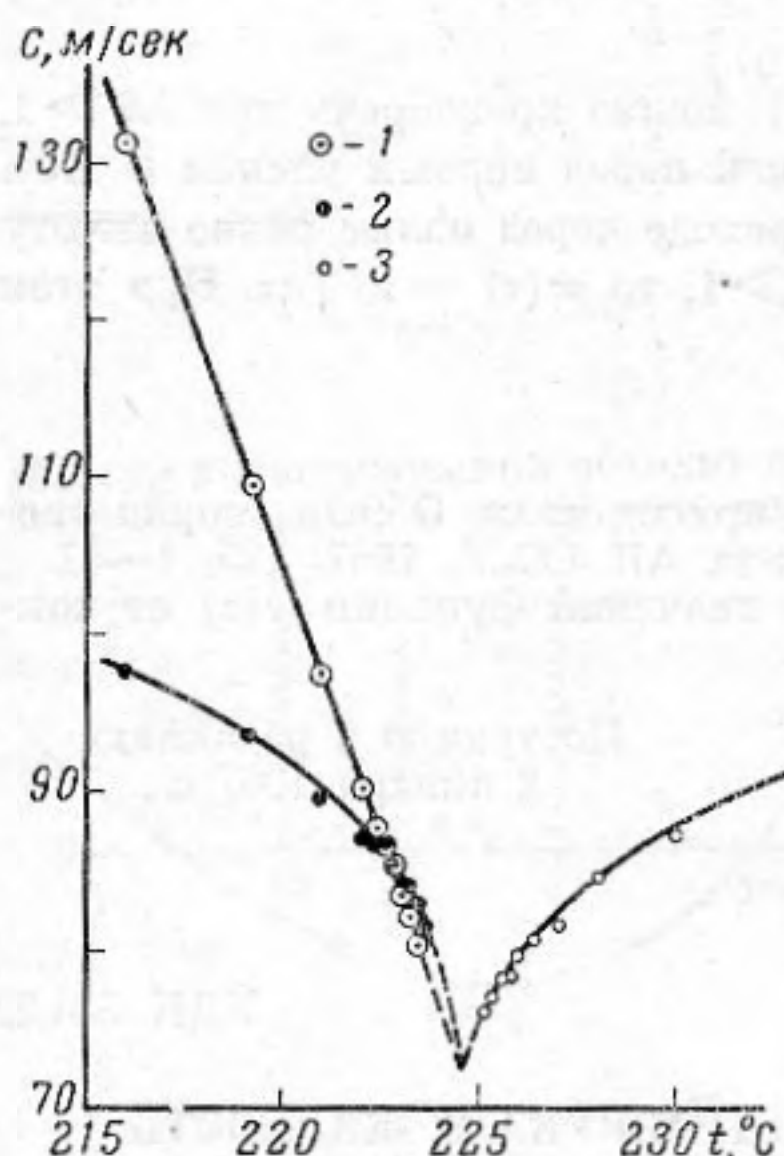
Многочисленные исследования распространения ультразвуковых волн в различных веществах при изменении состояния системы по линии насыщения показали, что скорость звука в жидкости и насыщенных парах с приближением к критической точке монотонно убывает, стремясь к общему минимуму в этой точке. При этом в большинстве случаев значения скорости звука в жидкости превышают соответственные значения скорости звука в насыщенных парах во всей области двухфазных состояний системы жидкость — пар. Однако, в шестифтористой сере, по результатам измерений Шнейдера [1], эта закономерность сохраняется только до температуры

Диметилдихлорсилан			Триметилхлорсилан		
$t, ^\circ\text{C}$	$c_{\text{ж}}, \text{м/сек}$	$c_{\text{мп}}, \text{м/сек}$	$t, ^\circ\text{C}$	$c_{\text{ж}}, \text{м/сек}$	$c_{\text{мп}}, \text{м/сек}$
241,0	113,5	92,2	219,2	109,4	93,6
243,0	100,1	89,8	221,0	97,5	89,5
245,0	87,5	85,6	222,0	90,2	87,1
245,2	86,5	86,2	222,4	87,7	86,7
245,4	86,2	85,3	222,6	86,6	86,8
245,6	84,2	85,3	222,8	85,5	85,4
245,8	83,2	85,5	223,0	83,4	84,2
246,3	82,0	83,6	223,2	82,0	84,1
246,6	—	80,2	223,4	80,3	83,1
246,8	—	79,5	223,6	—	81,6

$T = 0,998 T_{\text{кр}}$, а далее, вплоть до критической температуры, скорость звука в насыщенных парах оказывается больше скорости звука в жидкости. Несмотря на тщательность исследований автора, полученный им результат долгое время ставился под сомнение, т. к. никто из других исследователей не обнаруживал подобного явления. Однако в дальнейшем Танненбергер [2] и Трелин [3] получили аналогичные результаты для этана и углекислоты; Глинский [4] рассмотрел обсуждаемый вопрос теоретически с позиций термодинамики. Исходя из разложения термодинамического

потенциала в ряд вблизи критической точки и принимая, что бинадаль является кривой второго порядка, он показал, что пересечение кривых скорости звука в жидкости и насыщенных парах вблизи критической точки вполне возможно. К сожалению, формула скорости звука, полученная А. А. Глинским, не позволяет проводить численные расчеты и предсказать заранее, для каких веществ пересечение кривых должно иметь место, а для каких — нет. Поэтому ответ на последний вопрос пока можно получить только на основании экспериментов.

Мы исследовали распространение ультразвуковых волн с частотой 3—4 Мгц в метилтрихлорсилане, диметилдихлорсилане, триметилхлорсилане и этилтрихлорсилане. Скорость звука измерялась оптическим дифракционным методом. Методика измерений описана в литературе [5]. Состояние системы изменялось по линии насыщения



с переходом в критической точке на критическую изохору перегретого пара. Вблизи критической точки измерения проводились через $0,2^\circ$. Термостатирование автоклава осуществлялось с точностью $0,01^\circ$. Каждое измерение повторялось 6—18 раз и результаты усреднялись. При этом разброс результатов отдельных измерений от среднего значения вблизи критической точки достигал 1,2%, предельная ошибка единичного измерения составляла 0,1%. Измерения на линии насыщения были проведены до температур $0,999 T_{кр}$.

Исследования показали, что скорость звука в насыщенных парах метилтрихлорсилана и этилтрихлорсилана меньше, чем в их жидких фазах при всех температурах. В двух других веществах нами обнаружен эффект Шнейдера: начиная с температуры $T = 0,997 T_{кр}$ для диметилдихлорсилана и $T = 0,996 T_{кр}$ для триметилхлорсилана скорость звука в насыщенных парах превышает скорость звука в жидкости. Превышение достигает 2,8% в диметилдихлорсилане и 3,5% в триметилхлорсилане. Это выходит за пределы ошибок эксперимента. Поэтому мы считаем, что пересечение кривых скорости в жидкой и паровой фазах названных веществ является проявлением их особых свойств, а не следствием каких-либо экспериментальных ошибок. В пользу

такого суждения говорит также тот факт, что при исследовании четырех веществ на одной и той же экспериментальной установке по одной и той же методике с применением одинаковых приемов измерений эффект Шнейдера обнаружен только для двух веществ.

Некоторые результаты измерений в триметилхлорсилане представлены на фигуре (1 — жидкость, 2 — насыщенные пары, 3 — перегретые пары) и приведены в таблице, куда включены также результаты измерений в диметилдихлорсилане.

ЛИТЕРАТУРА

1. W. G. Schneider. Sound velocity and sound Absorption in the critical temperature region. *Canad. J. Chem.*, 1951, 29, 3, 243—247.
2. H. Tannenberger. Eine Untersuchung des kritischen Zustandes mit Ultraschall. *Z. Phys.*, 1959, 153, 4, 445, 457.
3. Ю. С. Трелин. Исследование скорости распространения ультразвуковых волн в двуокиси углерода в области жидкого и газообразного состояния. Сб. «Применен. ультраакуст. исслед. вещества». М., МОПИ, 1961, 13, 123—138.
4. А. А. Глинский. Об одном акустическом эффекте в системе жидкость — пар вблизи критической точки. *Акуст. ж.*, 1965, 11, 1, 110—112.
5. Н. Г. Степанов, В. Ф. Ноздрев. Экспериментальная установка для исследования акустических свойств всех фаз паро-жидкостных систем в критической области их состояний оптическим дифракционным методом. Сб. «Ультразвук. техника», Изд. ЦИНТИАМ, 1966, 4, 1—8.

Московский областной педагогический институт им. Н. К. Крупской

Поступило в редакцию
17 ноября 1967 г.