

ТЕХНИЧЕСКАЯ ФИЗИКА

В. Ф. НОЗДРЕВ

**ДИСПЕРСИЯ СКОРОСТИ УЛЬТРАЗВУКА
В ПЕРЕГРЕТЫХ ПАРАХ *n*-ГЕКСАНА**

(Представлено академиком В. В. Шулейкиным 25 IV 1952)

Из литературы известно ⁽¹⁾ большое число работ по исследованию дисперсии ультразвука в двухатомных и трехатомных газах. Исследование более сложных газовых систем в этом плане почти отсутствует. И это не случайно: для обнаружения дисперсии в таких системах необходим переход к более высоким частотам, что уже выходит за пределы возможностей метода интерферометра Пирса, являвшегося до последнего времени основным методом в изучении дисперсии и абсорбции ультразвука в газах.

Для исследования дисперсии ультразвука в перегретых парах *n*-гексана нами применялся оптический метод. Это позволило нам подняться до частот порядка $3 \cdot 10^6$ пер/сек. Установка, на которой мы производили исследование, была подробно описана нами в работе ⁽²⁾. При переходе к исследованию газовых систем при больших температурах мы полностью сохранили описанную установку, применявшуюся нами для измерения скорости ультразвука в жидкостях. Усовершенствование относится лишь к изменению конструкции смотровых окон ⁽³⁾. К недостаткам нашего эксперимента необходимо отнести наличие атмосферного воздуха в парах *n*-гексана.

Поиски дисперсии в перегретых парах *n*-гексана производились в широком интервале изменений температуры и давления, включая критическую область. Были проведены две серии измерений. Первая серия измерений для случая $P = \text{const}$ и вторая для $\rho = \text{const}$.

Исследование скорости ультразвука в перегретых парах при $P = \text{const}$ производилось следующим образом. Измерялась скорость ультразвука в парах по линии насыщения (см. рис. 1). При интересующем нас давлении делался «отрыв» от линии насыщения (выпуском пара из автоклава). Дальше измерение скорости ультразвука производилось по изобарам. Области температур, давлений и частот, охваченных нашим исследованием, см. рис. 1.

Исследование проводилось в интервале температур от 180 до 330°, давлений от 2 до 26 атм., частот от 450 до 3050 кгц.

До давлений $P = 8$ атм. дисперсия на указанных выше частотах обнаружена не была.

Рассмотрим для примера изобару $P = 14$ атм. Здесь измерения проводились на четырех частотах: $\nu = 450, 600, 1180$ и 1950 кгц. Из рис. 1 видно, что все точки хорошо ложатся на одну кривую; это указывает на отсутствие дисперсии скорости ультразвука в парах *n*-гексана при давлении $P = 14$ атм. в интервале температур 200—300° при заданных

частотах. Однако при более низких давлениях ($P=8$ атм.) нам удалось обнаружить дисперсию.

Из рис. 1 можно видеть, что скорость ультразвука по изобаре $P=5,5$ атм. ($\nu=1950$ кгц) и изобаре 8 атм. ($\nu=2800$ кгц), начиная примерно с 210° , имеет одинаковое значение, т. е. кривые сливаются в одну. Этого мы добились путем экспериментального подбора равных

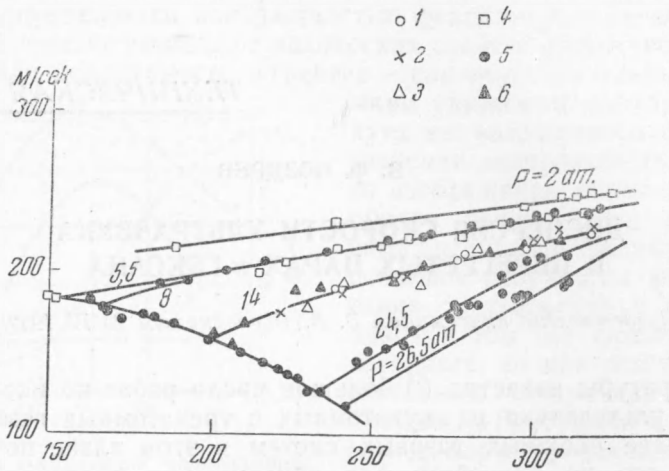


Рис. 1. 1—450 кгц, 2—600 кгц, 3—1180 кгц, 4—1950 кгц, 5—2800 кгц, 6—3050 кгц

отношений ν/P для первой и второй изобар. В данном случае это отношение было равно $\nu/P \cong 355$ кгц/атм.

Можно предположить, что слияние кривых скоростей ультразвука при давлениях $P=5,5$ атм. и $P=8$ атм. связано с уменьшением влияния давления на скорость ультразвука вдали от линии насыщения, но это легко опровергается нашим экспериментом.

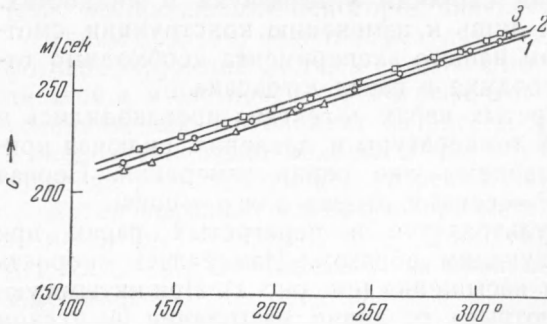


Рис. 2. $\rho = 0,00924$. 1—940 кгц, 2—1440 кгц, 3—1930 кгц

Из рис. 1 видно, что скорость ультразвука по изобаре $P=2$ атм. ($\nu=1950$ кгц) не накладывается на кривую при $P=5,5$ атм. ($\nu=1950$ кгц), а лежит гораздо выше ее, что свидетельствует о наличии влияния давления на скорость ультразвука даже при $P=2$ атм.

Таким образом, факт слияния изобар скорости звука $P=5,5$ атм. и

$P=8$ атм. свидетельствует о наличии дисперсии скорости ультразвука в указанном выше диапазоне частот, давлений и температур.

Наличие дисперсии скорости ультразвука было установлено нами и при проведении эксперимента при условии $\rho = \text{const}$. В этом случае в автоклав наливалось необходимое количество жидкости с таким расчетом, чтобы при полном превращении жидкости в пар получалась заданная плотность перегретого пара. Момент полного перехода жидкости в пар легко контролировался путем измерения скорости ультразвука в парах.

Результаты этих исследований даны на рис. 2. Из рис. 2 видно, что при $\rho = 0,00924$ действительно имеет место дисперсия при указанных на чертеже частотах и температурах. Исследования при больших плотностях ($\rho = 0,0138$, $\nu = 940$ кгц, $\nu = 2870$ кгц и $\rho = 0,0231$, $\nu = 2870$ кгц, $\nu = 5570$ кгц) не привели к обнаружению дисперсии.

Анализ полученных нами экспериментальных данных по дисперсии убеждает нас в том, что в этом случае мы имеем дело с дисперсией типа Кнезера (см. рис. 3). Нами экспериментально показано⁽⁴⁾, что в нашем случае практически возможно применять для расчетов уравнения состояния

$$PV = RT. \quad (1)$$

Поэтому для ориентировочных подсчетов c_v , c_a , c_i , τ_k мы вправе воспользоваться известными выводами Кнезера⁽¹⁾

$$c^2 = \frac{P}{\rho} \left(1 + R \frac{c_v + \omega^2 \tau_k c_a}{c_v^2 + \omega^2 \tau_k c_a^2} \right). \quad (2)$$

Из рис. 3 видно, что мы экспериментировали в области сильной дисперсии скорости ультразвука.

Величина дисперсии составляет 3—4% от меньшей скорости. Центр дисперсии в перегретых парах *n*-гексана (например при $t = 250^\circ$) находится при частоте порядка $\nu_g = 1,82 \cdot 10^6$ пер/сек.

Известно, что методом интерферометра Пирса для CO_2 центр дисперсии обнаружен при $\nu_g = 2,29 \cdot 10^5$ пер/сек, а для N_2O при $\nu_g = 2,09 \cdot 10^5$ пер/сек (приведенные значения ν_g относятся к $t = 20^\circ$). Это подтверждает экспериментально наше предположение относительно необходимости поиска дисперсии в парах сложных органических жидкостей при частотах более высоких, чем это позволяет метод интерферометра Пирса. Как показано нами, в этом случае можно применять оптический метод для обнаружения и исследования дисперсии скорости ультразвука.

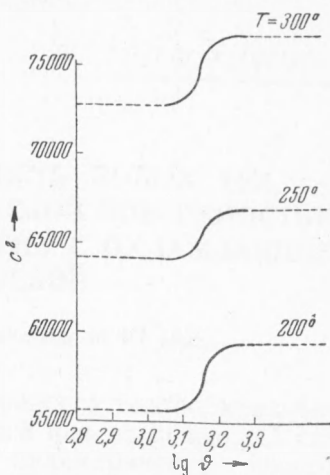


Рис. 3

Институт физики
Московского государственного университета
им. М. В. Ломоносова

Поступило
24 IV 1952

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

- ¹ Л. Мясников, Л. Фрейман, Современные проблемы акустики, 1935.
² В. Ноздрев, Вестн. Моск. гос. ун-та, № 3, 45 (1948). ³ К. Ахметзянов, Вестн. Моск. гос. ун-та, № 9, 31 (1949). ⁴ В. Ноздрев, Докт. диссертация, НИИФ МГУ, 1950.