

с учетом соотношения между  $r$  и  $\delta^*$ . В этом случае наблюдается удовлетворительное соответствие между экспериментальными и теоретическими данными.

На фиг. 2, б полученные экспериментальные результаты приведены в двойном логарифмическом масштабе. По вертикальной оси отложены значения корня квадратного из спектральной плотности мощности пульсаций давления, полученные в процессе измерений спектра различными приемниками. Эти значения нормированы по отношению к величине  $P_r = \rho u_c^3 / 2r^{1/2}$ . По горизонтальной оси отложены значения безразмерного параметра  $\omega r / u_c \sqrt{r / \delta^*}$ . Пунктирная прямая построена на основании экспериментальных данных. Как видно из представленных на фиг. 2, а, б данных, можно говорить о существовании некоторой универсальной кривой, характеризующей спектр гидродинамических пульсаций давления в безразмерных параметрах.

Заметим, что отклонение экспериментальных значений в верхнем участке спектра нельзя считать случайным. Эти значения соответствуют результатам измерений в области частот вблизи т. н. критической частоты.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. E. J. Skudrzyk, G. P. Haddle. Noise production in a turbulent boundary layer by smooth and rough surfaces. J. Acoust. Soc. America, 1960, 32, 1, 19—34.
2. W. W. Willmarth, C. E. Wooldridge. Measurements of the fluctuating pressure at the wall beneath a thick turbulent boundary layer. J. Fluid. Mech., 1962, 14, 187—210.
3. E. J. Skudrzyk, G. P. Haddle. Flow noise, theory and experiment. Underwater acoustics, New York, 1963.
4. G. M. Corcos. Resolution of pressure in turbulence, J. Acoust. Soc. America, 1963, 35, 2, 192—199.

Акустический институт АН СССР  
Москва

Поступило в редакцию  
8 мая 1965 г.

УДК 534 286:54—185

#### ПОВЕДЕНИЕ ОБЪЕМНОЙ ВЯЗКОСТИ БИНАРНОЙ СМЕСИ БЕНЗОЛ — МЕТИЛОВЫЙ СПИРТ В КРИТИЧЕСКОЙ ОБЛАСТИ

*И. Г. Маханько, В. Ф. Поздрев*

Расчет объемной вязкости  $\eta'$  в критической области таких ассоциированных жидкостей, как метиловый и этиловый спирты, показывает, что кривая зависимости  $\eta'$  от температуры вблизи  $t_{кр}$  проходит через максимум. В работе [1] были обнаружены максимумы на температурных кривых объемной вязкости в метиловом и этиловом спиртах.

Если учитывать поглощение, вызванное только сдвиговой и объемной вязкостями при пренебрежении коэффициентом теплопроводности, то общее поглощение можно выразить следующей формулой [2, 4]:

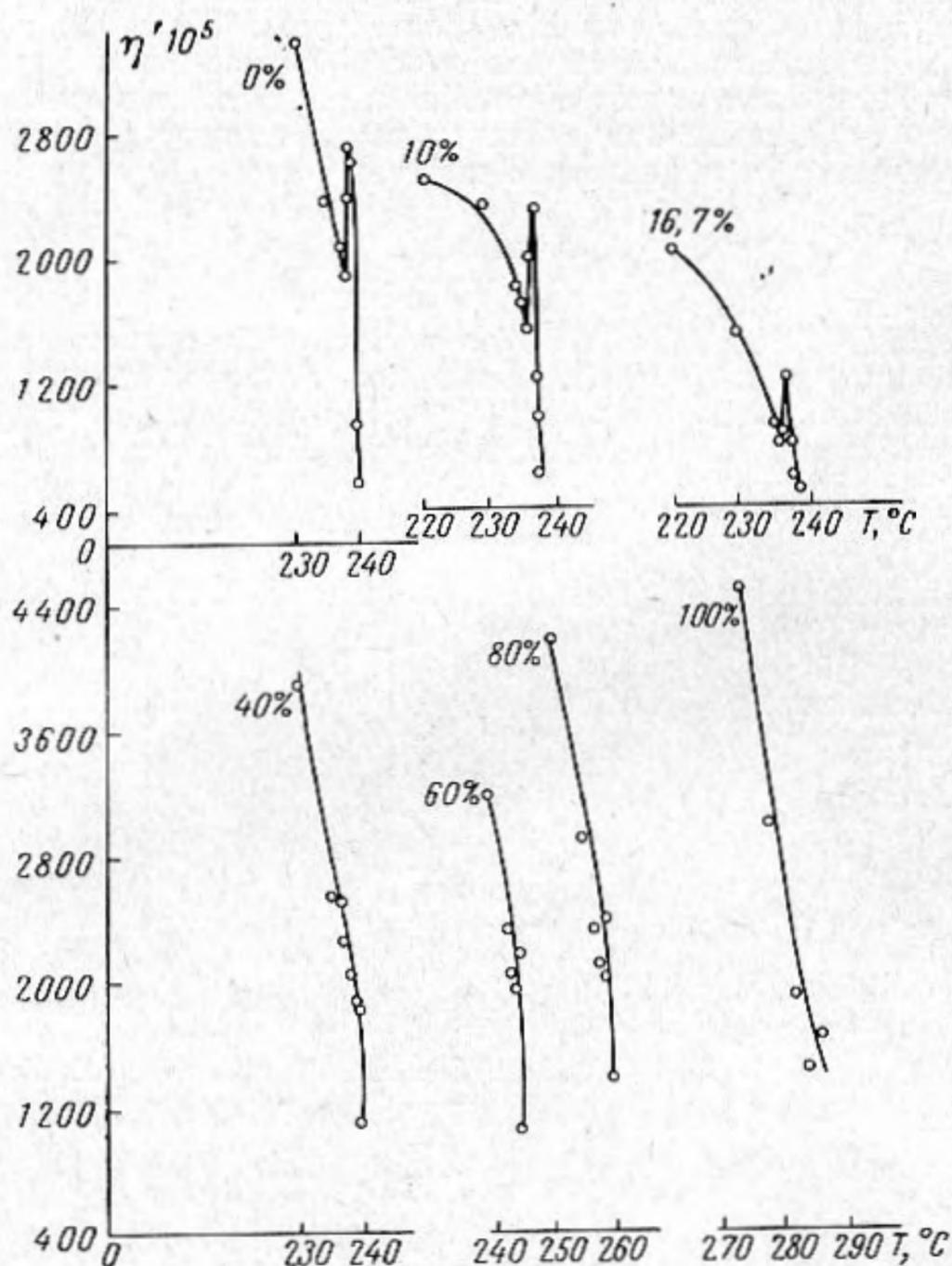
$$\alpha = \frac{\omega^2}{2\rho c^3} \left( \frac{4}{3} \eta + \eta' \right),$$

где  $\alpha$  — коэффициент поглощения,  $\omega$  — круговая частота,  $\rho$  — плотность среды,  $c$  — скорость звука,  $\eta$  и  $\eta'$  — соответственно сдвиговая и объемная вязкость среды. Эта формула позволила нам при использовании экспериментальных данных по сдвиговой вязкости [5, 6], а также данных по поглощению [7], скорости распространения ультразвуковых волн [8, 9] и плотности [10] произвести расчет значений объемной вязкости бинарной смеси бензол — метиловый спирт.

Для расчета значений коэффициента объемной вязкости  $\eta'$  метилового спирта и бензола мы использовали экспериментальные данные по скорости распространения ультразвуковых волн из работы [8, 9], по плотности и сдвиговой вязкости данные из литературы [11, 12]. Одним из авторов этой статьи [1] было сделано предположение, что максимумы на кривой объемной вязкости  $\eta'$  связаны с распадом ассоциированных комплексов вблизи критической температуры. На правильность этого утверждения указывает отсутствие максимумов для других высших членов гомологического ряда спиртов (пропиловый, бутиловый и др.).

Учитывая, что указанные экспериментальные факты имеют принципиальное значение для молекулярной акустики, были предприняты дополнительные экспериментальные исследования. Для опытов была выбрана бинарная смесь, одной из компонентов которой является ассоциированная жидкость, метиловый спирт ( $\text{CH}_3\text{OH}$ ).

Если максимумы на кривой  $\eta' - T^\circ$  связаны с распадом ассоциированных комплексов вблизи критической области, то с увеличением содержания неассоциированной компоненты эти максимумы должны уменьшаться и при определенной концентрации должны исчезнуть на кривой  $\eta' - T^\circ$ .



В качестве объектов исследования были выбраны бинарные смеси метиловый спирт — бензол при концентрации 10; 16,7; 40; 60; 80% (весовых) бензола в метиловом спирте. На фигуре \* приведены расчетные данные зависимости  $\eta'$  от температуры для указанных концентраций бензола ( $\text{C}_6\text{H}_6$ ) в метиловом спирте, включая чистый  $\text{CH}_3\text{OH}$  — кривая 0%, и чистый  $\text{C}_6\text{H}_6$  — кривая 100%.

Из фигуры видно, что метиловый спирт в критической области имеет наибольший максимум, который уменьшается по мере добавления бензола (неассоциированная жидкость), и совершенно исчезает, начиная с 40% бензола в метиловом спирте.

Таким образом, расчетные значения объемной вязкости, полученные на основе экспериментальных данных коэффициента поглощения [7], скорости распространения ультразвука [8, 9], сдвиговой вязкости [5, 6] и плотности [10], подтверждают наши предположения о природе максимума на кривой объемной вязкости при температуре, близкой к критической точке.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. В. Ф. Ноздрев. Некоторые новые проблемы исследования критического состояния акустическими методами. Сб. «Применен. ультраакуст. к исслед. вещества», МОПИ, 1959, 8, 3—17.
2. М. И. Мандельштам, М. А. Леонтович. К теории поглощения звука в жидкостях. Ж. exper. и теор. физики, 1937, 7, 3, 438.
3. М. А. Леонтович. Некоторые вопросы теории поглощения звука в многоатомных газах. Изв. АН СССР, сер. физич., 1936, 5, 633.

\* Для наглядности кривые  $\eta' - T^\circ$  сдвинуты по температурной шкале.

4. М. А. Леонтович. Замечания к теории поглощения звука в газах. Ж. эксп. и теор. физики, 1936, 6, 561.
5. В. Ф. Ноздрев, И. Г. Маханько, И. Г. Малявин. Исследование температурной зависимости сдвиговой и объемной вязкостей бинарных смесей бензол — метиловый спирт в широком интервале температур, включая критическую область. Учен. записки, МОПИ, Общая физика, 1964, 147, 8, 23—26.
6. И. Г. Маханько. Методика измерения поглощения и расчет объемной вязкости бинарных смесей бензол — метиловый спирт по линии насыщения. Сб. «Применение ультразвука к исслед. вещества», МОПИ, 1964, 20, 153—157.
7. И. Г. Маханько, В. Ф. Ноздрев. Исследование поглощения ультразвуковых волн в бинарной смеси бензол — метиловый спирт по линии насыщения, включая критическую область. Акуст. ж., 1964, 10, 2, 249—251.
8. Г. Д. Тарантова. Исследование скорости распространения ультразвуковых волн по линии насыщения в смеси бензол — метиловый спирт оптическим методом. Сб. «Применен. ультразвука к исслед. вещества», МОПИ, 1961, 15, 97—115.
9. Г. Д. Тарантова. О расчете скорости звука по линии насыщения в бинарной смеси бензол — метиловый спирт. Сб. «Применен. ультразвука к исслед. вещества». МОПИ, 1962, 16, 139—145.
10. И. Р. Кричевский, Н. Е. Хазанова, Л. Р. Линшиц. Равновесие жидкость — пар в системе бензол — метанол при высоких давлениях. Ж. физ. химии, 1957, 31, 12, 2711.
11. Справочник химика, т. 1, Л., Госхимиздат, 1963.
12. Н. Б. Варгафтик. Справочник по теплофизическим свойствам газов и жидкостей, М., Физматгиз, 1963.

Московский областной педагогический институт им. Н. К. Крупской

Поступило в редакцию 16 февраля 1965 г.

УДК 534.874.2

## К ВОПРОСУ О МАКСИМИЗАЦИИ МЕХАНОАКУСТИЧЕСКОГО К.П.Д. ГРУППЫ ТОЧЕЧНЫХ ИЗЛУЧАТЕЛЕЙ

*В. И. Малыцкий*

Определим распределение объемных скоростей элементарных излучателей максимизирующее механоакустический к.п.д. группового излучателя. Акустическая мощность группы точечных излучателей выражается формулой

$$P_a = \sum_{i=1}^n \sum_{s=1}^n P_{is},$$

где  $P_{ii}$  — акустическая мощность  $i$ -го излучателя без учета работы соседних излучателей,  $P_{is}$  — акустическая мощность  $i$ -го излучателя, обусловленная влиянием  $s$ -го излучателя,  $n$  — количество элементарных излучателей в группе. Если элементарные излучатели точечные, то согласно работе [1]

$$P_{ii} = \frac{k^2 \rho c}{8\pi} U_{m_i}^2, \quad (1)$$

$$P_{is} = \frac{k^2 \rho c}{8\pi} U_{m_s} U_{m_i} \frac{\sin [kd_{is} + (\varphi_i - \varphi_s)]}{kd_{is}} \quad (2)$$

где  $k$  — волновое число,  $\rho$  — плотность среды,  $c$  — скорость звука,  $U_{m_i}$ ,  $U_{m_s}$  — максимальные объемные скорости  $i$ -го и  $s$ -го излучателей  $\varphi_i$ ,  $\varphi_s$  — начальные фазы объемных скоростей  $i$ -го и  $s$ -го излучателей,  $d_{is}$  — расстояние между  $i$ -ым и  $s$ -ым излучателями. Используя выражения (1) и (2), мы получаем

$$P_a = \frac{k^2 \rho c}{8\pi} \sum_{i=1}^n \sum_{s=1}^n \frac{\sin kd_{is}}{kd_{is}} U_i U_s^* \quad (3)$$

где  $U_i = U_{m_i} e^{j\varphi_i}$ ; звездочка означает комплексно-сопряженную величину.