

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ КОМБИНИРОВАННОЙ ДИСПЕРСИИ В ПАРАХ ФУРАНА И ПИРИДИНА

В. И. Серегина, В. Ф. Яковлев

Распространение звука в области трансляционной дисперсии хорошо изучено экспериментально в одноатомных газах [1—3 и 10]. Для всех исследованных одноатомных газов получены следующие закономерности: в области значений параметра $\frac{f}{p} > 10^4 \text{ Мгц/атм}$ (f — частота звуковых колебаний, p — давление) отношение скорости звука c к лапласовскому значению скорости звука c_0 становится равным приблизительно 2, а величина α/β_0 (α — коэффициент поглощения, $\beta_0 = \frac{aa_0}{2\pi f}$, проходя через максимум, достигает значения $\approx 0,24$). Это согласуется с выводами теоретических исследований по одноатомным газам [4, 5]. Значительно хуже исследована область трансляционной дисперсии в многоатомных газах. В работах [6—8] экспериментальные исследования ограничены значениями $\frac{f}{p} = 1000 \text{ Мгц/атм}$, что соответствует лишь началу области трансляционной дисперсии. Теоретические исследования для многоатомных газов в области трансляционной дисперсии [8, 9] справедливы лишь для малых чисел Кнудсена ($K < 1$). Ниже сообщаются результаты измерений скорости и коэффициента поглощения звука в многоатомных газах до частот $1 \cdot 10^4 \div 2 \cdot 10^4 \text{ Мгц/атм}$, т. е. до областей, где числа Кнудсена становятся больше единицы, а скорость и коэффициент поглощения звука приближаются к предельным значениям.

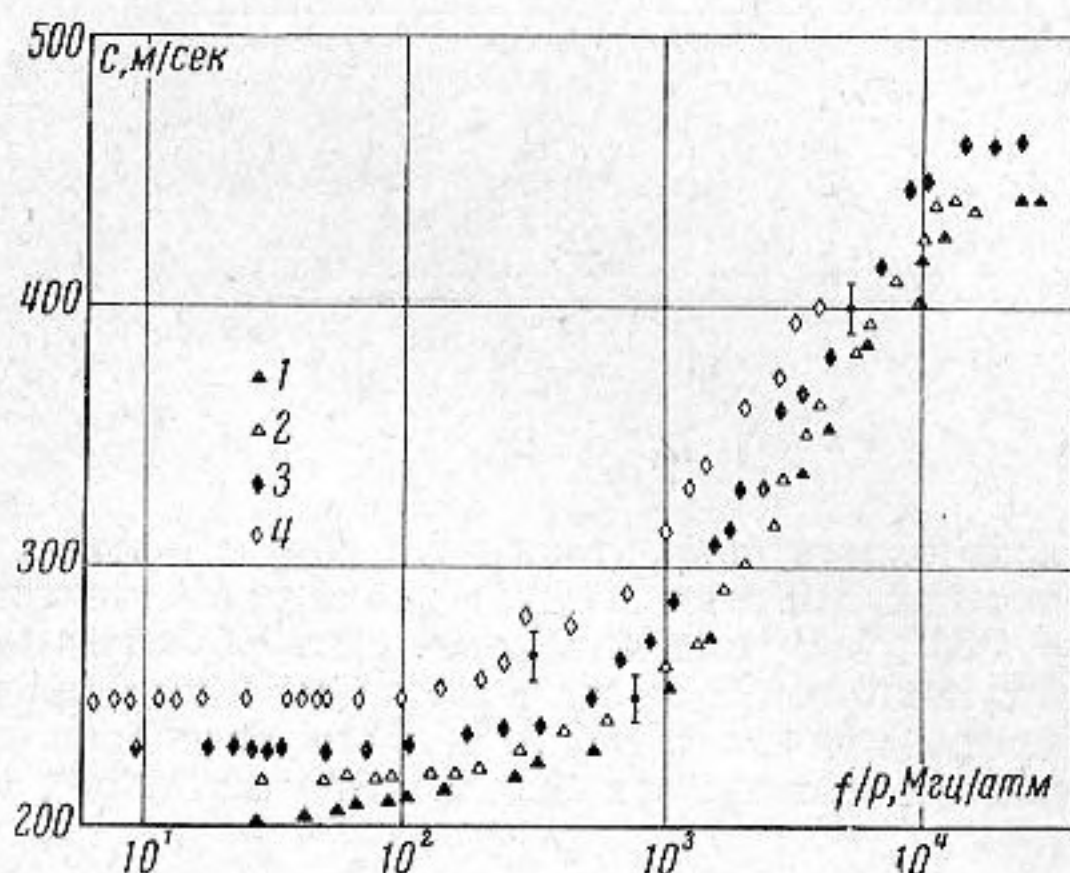
В качестве объектов исследования мы выбрали пары фурана и пиридина, у которых можно было ожидать (исходя из данных работы [11] по колебательной релаксации) разделения областей колебательной и трансляционной дисперсии. Последнее обстоятельство, а также компактная, «жесткая» структура молекул выбранных соединений позволяли предположить, что дисперсионная картина в них должна быть сходной с аналогичной картиной в одноатомных газах.

Исследования проведены методом акустического интерферометра [12]. Максимальная погрешность в измерениях скорости звука, оцениваемая по экспериментальному разбросу, составляла 2,5%; максимальная погрешность в измерениях коэффициента поглощения составляла 5% в диапазоне до $5 \cdot 10^3 \text{ Мгц/атм}$ и до 10% при более высоких значениях f/p .

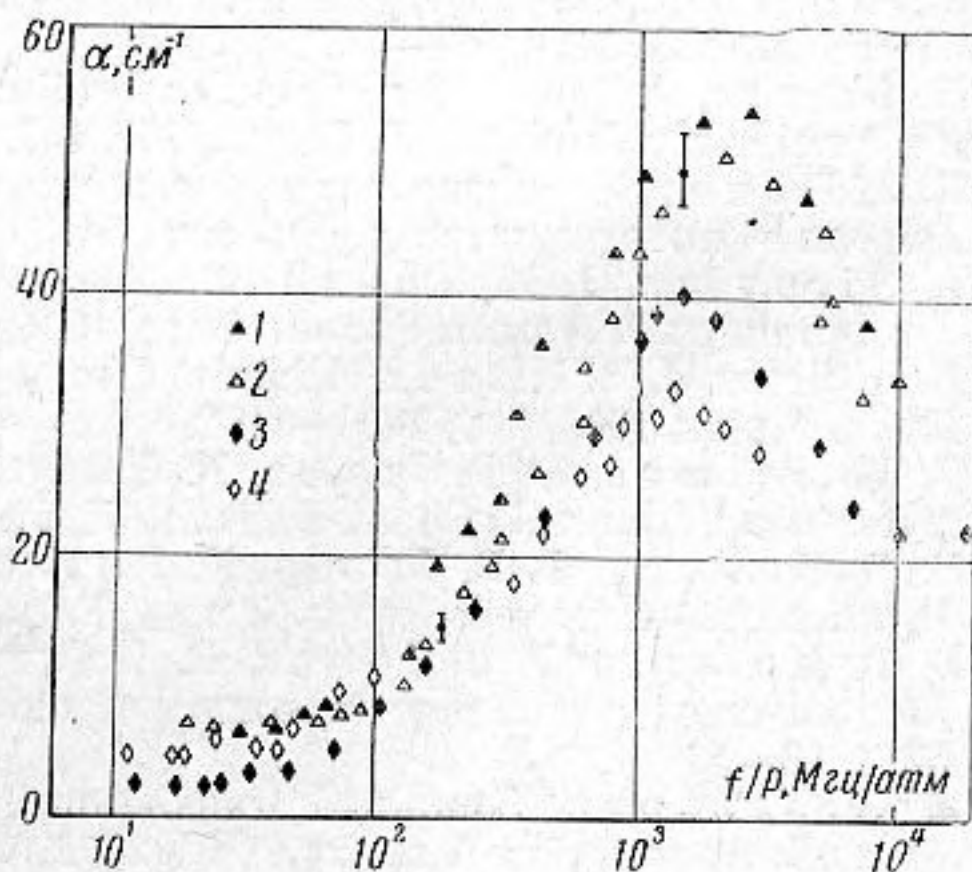
Объекты исследования проходили специальную очистку и характеризуются параметрами: для фурана $t_{\text{кип}} 31,1^\circ$ при 760 мм рт. ст., $n_D^{20} = 1,4214$ при 20° , $d_4^{20} = 0,9372 \text{ г/см}^3$ при 20° , для пиридина $t_{\text{кип}} = 115,3$ при 760 мм рт. ст., $n_D^{20} = 1,5103$ при 20° , $d_4^{20} = 0,9828 \text{ г/см}^3$ при 20° .

На фиг. 1 и 2 приведены результаты исследований соответственно скорости и коэффициента поглощения в зависимости от параметра f/p , где 1 — соответствуют температуре $30,5^\circ$; 2 — $78,7^\circ$ в пиридине; 3 — $44,5^\circ$, 4 — 105° в фуране.

На фиг. 3 и 4 те же результаты представлены в безразмерных параметрах c/c_0 и α/β_0 в зависимости от параметра $r = p/\omega\eta$, где $\omega = 2\pi f$, а η — коэффициент вязкости пара. Пунктирной линией изображена аналогичная зависимость в одноатом-

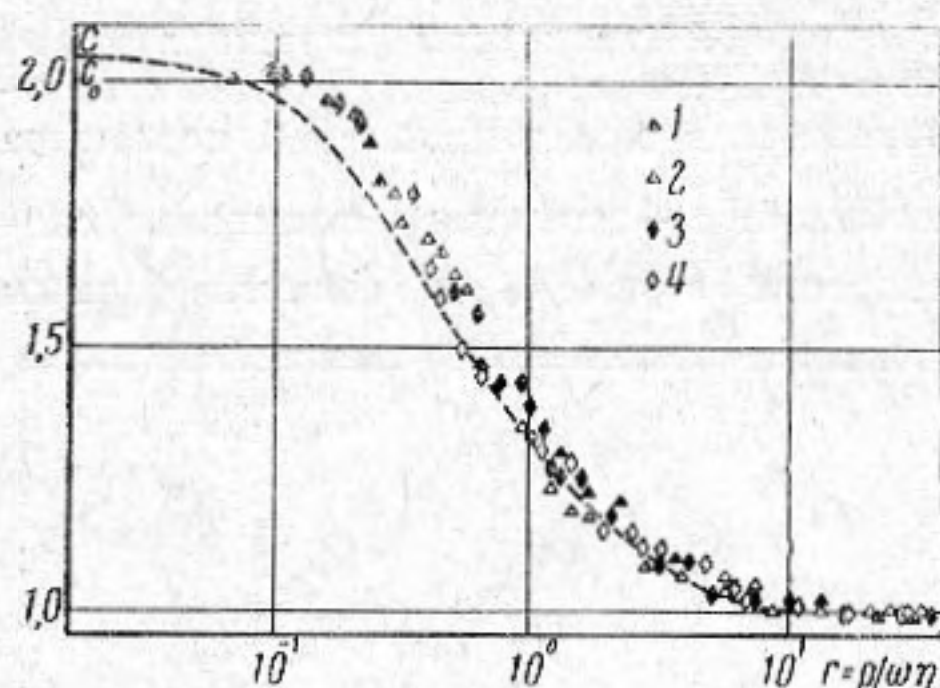


Фиг. 1

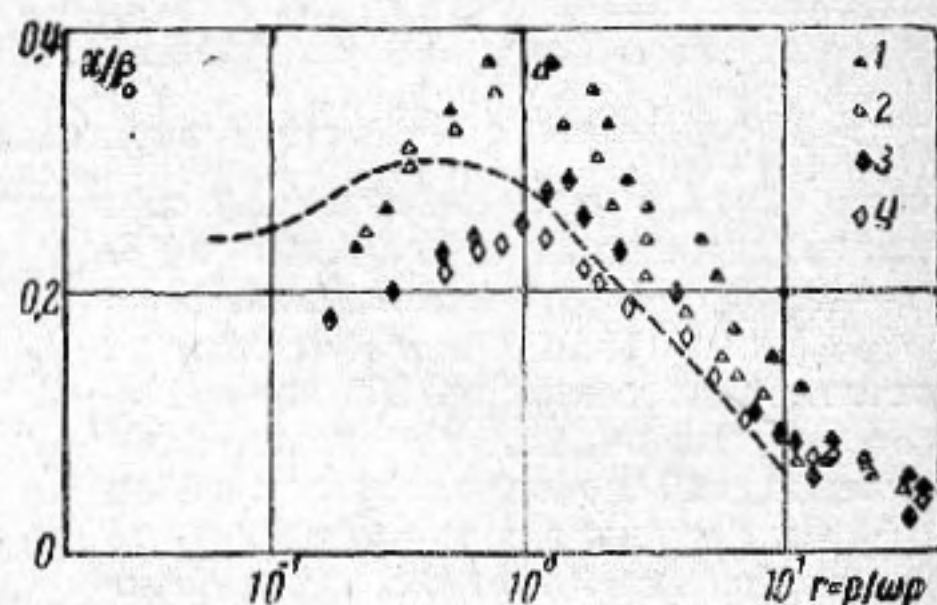


Фиг. 2

ных газах по усредненным данным работы [3]. Из сравнения кривых видно, что для всех исследованных соединений $c_\infty/c_0 \rightarrow 2$ как и в случае одноатомных газов. Однако, несмотря на сходство кривых, необходимо отметить существенные различия в их интерпретации для одноатомных и многоатомных газов. Если для одноатомных газов отношение теплоемкостей $\gamma = C_p/C_v$ определять как обычно по формуле $\gamma = \gamma_0(c_\infty/c_0)^2$, то эта величина оказывается равной 7 ($\gamma_0 = 1,67$ — отношение теплоемкостей до начала трансляционной дисперсии). Для исследованных многоатомных



Фиг. 3



Фиг. 4

газов рассчитанное таким же образом отношение γ уже оказывается близким к 5 (так как для этих веществ после релаксации колебательных степеней свободы $\gamma_0 = 1,33$). Эти различия могут быть объяснены, если предположить, что в многоатомных газах имеет место комбинированный процесс трансляционно-вращательной дисперсии, причем, в конце области дисперсии часть вращательных степеней свободы молекул продолжает принимать участие в распределении энергии звуковой волны.

ЛИТЕРАТУРА

1. M. Greenspan. Propagation of sound in fire monatomic gases. J. Acoust. Soc. America, 1956, 28, 4, 644—648.
2. E. Mayer, J. Sessler. Schallausbreitung in gasen bei hohen Frequenzen und sehr niedrigen Drucken. Z. Phys., 1957, 149, 1, 15—79.
3. Е. Д. Попов. Экспериментальные результаты исследования трансляционной дисперсии в инертных газах. Уч. зап., МОПИ, 1968, 165, 7, 301—304.
4. L. Sigovich, J. K. Thurber. Propagation of Forced sound waves in rarefield gasdynamics. J. Acoust. Soc. America, 1965, 37, 2, 320—339.
5. D. Kahn, D. Mintzer. Kinetic theory of sound propagation in rarefied gases. Phys. Fluids, 1965, 8, 6, 1090—1102.
6. B. R. Holmes, G. R. Jones, N. Pusat. Vibrational relaxation in propane, propylene and ethane. J. Chem. Phys., 1964, 41, 8, 2512—2516.
7. B. R. Holmes, G. R. Jones, N. Pusat. Combined viscothermal and thermal relaxation in polyatomic gases. Trans. Faraday Soc., 1964, 60, 1220—1229.
8. B. R. Holmes, G. R. Jones, R. Lawrence. Vibrational — Rotational — Translational energy exchange in some polyatomic molecules. Trans. Faraday Soc., 1966, 62, 1, 46—53.
9. M. Greenspan. Combined translational and relaxational dispersion of Sound in gases. J. Acoust. Soc. America, 1954, 26, 1, 70—73.
10. M. Greenspan. Rotational relaxation in nitrogen, oxygen and air. J. Acoust. Soc. America, 1959, 31, 2, 155—160.
11. Ю. А. Башлачев, В. Ф. Яковлев. Колебательная релаксация в парах тиофена. Акуст. ж., 1964, 10, 2, 241—242.
12. Е. Д. Попов, В. Ф. Яковлев. Ультразвуковой интерферометр для измерения скорости распространения ультразвука в разреженных газах до $2 \cdot 10^4$ Мгц/атм. Акуст. ж., 1969, 15, 1, 138—139.

Московский областной педагогический институт
им. Н. К. Крупской,
2-й Московский медицинский институт
им. Н. И. Пирогова

Поступило в редакцию
15 января 1970 г.