

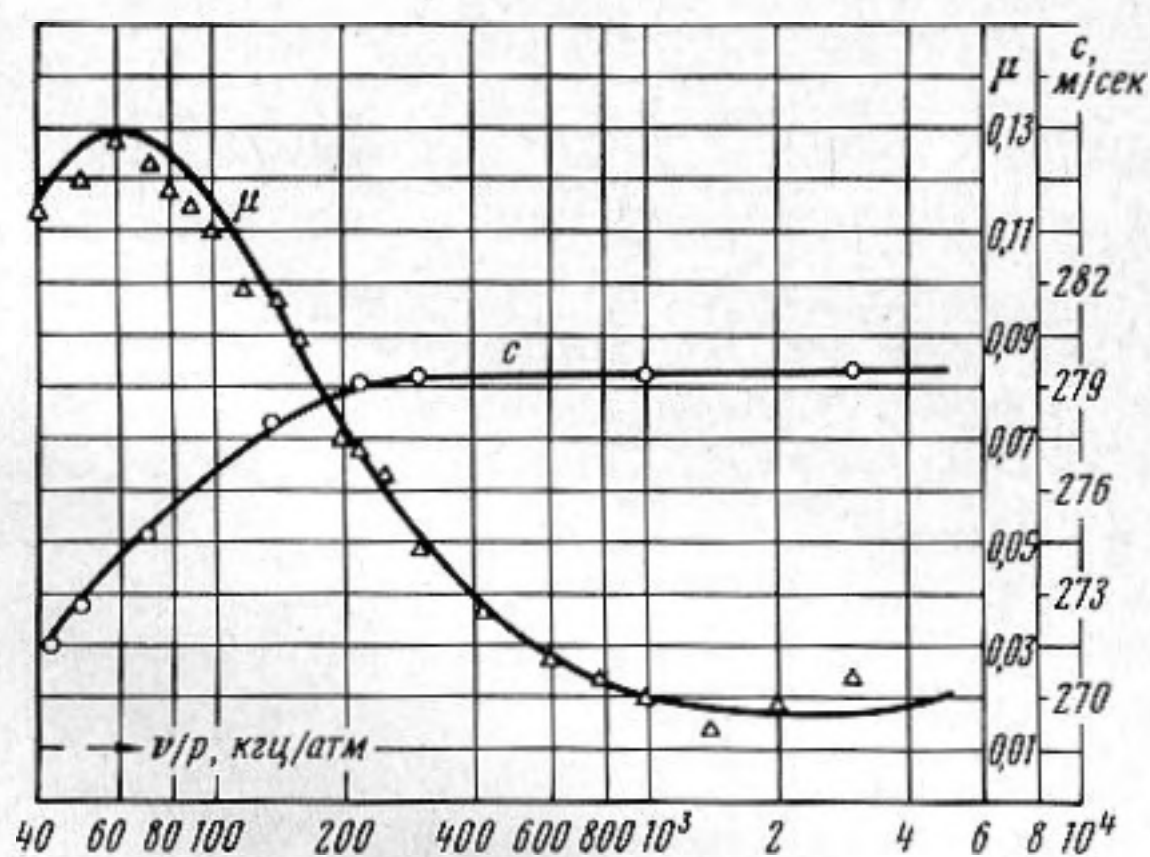
КРАТКИЕ СООБЩЕНИЯ

УДК 534.22.094.1

ИССЛЕДОВАНИЕ КОЛЕБАТЕЛЬНОЙ РЕЛАКСАЦИИ В ГАЗЕ CO_2 С ПРИМЕСЬЮ H_2O

Ю. А. Башлачев, А. Керимов

В настоящее время в ряде работ [1, 2] вновь возвращаются к экспериментальному исследованию колебательной релаксации в простых газовых системах, таких, как $\text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}$, $\text{CO}_2 + \text{N}_2$, $\text{CO}_2 +$ инертные газы. Возобновление интереса к системам с CO_2 не случайно, так как детальное исследование колебательной релаксации в них необходимо для изучения работы газовых лазеров на CO_2 [3]. К таким исследованиям следует отнести изучение влияния примесей на релаксацию, эффекты проявления спектра времен релаксации в системе, установление температурных зависимостей параметров релаксации. О колебательной релаксации в газах обычно судят по дисперсии скорости звука, которую измеряют методом вариации давления с применением акустического интерферометра. Метод акустического интерферометра является наиболее простым и надежным способом измерения скорости ультразвука (погрешность измерения $\sim 0,1\%$), в то время как измерение поглощения является довольно громоздким и менее точным [4]. Для изучения же колебательной релаксации наряду с измерениями дисперсии необходимы измерения коэффициента поглощения, так как эти измерения дают два независимых метода определения времени релаксации и величины релаксирующей части теплоемкости. Измерения поглощения особенно важны при использовании метода вариации давления, когда c_0 (равновесную скорость звука при малых ν/P) приходится определять при достаточно высоких давлениях P , где для выявления дисперсии необходимо введение поправок на неидеальность газовой среды.



Нами предлагается использовать для исследования колебательной релаксации известный импульсный метод ударного возбуждения пьезоизлучателя. Возможность одновременного измерения скорости звука и коэффициента поглощения с достаточной степенью точности делают этот метод весьма удобным. Блок-схема эксперимента при этом достаточно проста. Генератор коротким импульсом возбуждает пьезоизлучатель на собственной частоте. Сформированный ультразвуковой импульс принимается вторым пьезоэлементом, и после усиления сигнал поступает на осциллограф. Высокая добротность пьезоэлементов, нагруженных на газовую среду, позволяет использовать режим интерференции для измерения скорости ультразвуковых волн. Коэффициент же поглощения измеряется по изменению с расстоянием между излучателем и приемником амплитуды какой-либо полуволны высокочастотного сигнала головной неинтерферирующей части импульса.

На фигуре представлены результаты исследования колебательной релаксации в смеси $\text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}$ данным методом. Концентрация воды составляла 0,045%, температура 18°. В качестве пьезоэлементов были использованы пьезокерамические диски из титаната бария диаметром 65 мм с собственной частотой 300 кгц. К экспериментально полученным значениям скорости звука c и коэффициенту поглощения $\mu = \alpha l$ введе-

тальной релаксации известным импульсным методом ударного возбуждения пьезоизлучателя. Возможность одновременного измерения скорости звука и коэффициента поглощения с достаточной степенью точности делают этот метод весьма удобным. Блок-схема эксперимента при этом достаточно проста. Генератор коротким импульсом возбуждает пьезоизлучатель на собственной частоте. Сформированный ультразвуковой импульс принимается вторым пьезоэлементом, и после усиления сигнал поступает на осциллограф. Высокая добротность пьезоэлементов, нагруженных на газовую среду, позволяет использовать режим интерференции для измерения скорости ультразвуковых волн. Коэффициент же поглощения измеряется по изменению с расстоянием между излучателем и приемником амплитуды какой-либо полуволны высокочастотного сигнала головной неинтерферирующей части импульса.

ны поправки в области больших давлений согласно работе [5]. Кривые построены по уравнениям релаксационной теории с учетом одного времени релаксации всей колебательной теплоемкости CO_2 . Для коэффициента поглощения учтена классическая часть по значениям сдвиговой вязкости и теплопроводности [6]. Результаты исследования колебательной релаксации в данной системе хорошо совпадают с данными различных авторов, приведенными в обзоре [7]. Эффективное время релаксации, отнесенное к давлению в 1 атм, оказалось равным $2,5 \cdot 10^{-6}$ сек.

ЛИТЕРАТУРА

1. M. C. Henderson, K. F. Herzfeld. J. Bry. Thermal relaxation in nitrogen with wet carbon dioxide as impurity. J. Acoust Soc. America, 1969, 45, 2, 109—114.
2. F. D. Shield. On obtaining transition rates from sound absorption and dispersion curves. J. Acoust. Soc. America, 1970, 47, 5, 1262—1268.
3. Газовые лазеры, сб. ст. под ред. Н. Н. Соболева. М., «Мир», 1968.
4. В. В. Войтопис, В. Ф. Яковлев. Измерение поглощения ультразвука в газах методом акустического интерферометра. Акуст. ж., 1966, 12, 3, 296—300.
5. K. F. Herzfeld, T. A. Litovitz. Absorption and dispersion of ultrasonic waves. Academic Press, Jus New York, 1959.
6. Н. Б. Варгафтик. Справочник по теплофизическим свойствам газов и жидкостей. М., Физматгиз, 1963.
7. Физическая акустика, под ред. У Мэзона, т. II, ч. А. М., «Мир», 1969.

Московский областной
педагогический институт
им. Н. К. Крупской

Поступило в редакцию
23 марта 1970 г.

УДК 534.833.522.4.08

ОБ ОЦЕНКЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ИЗМЕРЕНИЯ ЗВУКОИЗОЛЯЦИИ

И. И. Боголепов, В. И. Заборов, Э. В. Ретлинг

За истинную величину звукоизоляции R в практике измерений принимают среднее арифметическое значение \bar{R} из N измерений. Для более надежной оценки результатов измерений необходимо знать величину предельной погрешности. При ее определении приходится складывать случайную ошибку с систематической. Случайные ошибки при измерении звукоизоляции вызываются как объективными факторами (пространственно-временными флюктуациями уровней шумов в камерах), так и субъективными причинами (вариациями психорецепторных качеств и навыков людей, считывающих показания с приборов). Каждый из этих факторов независим и подчинен нормальному закону [1]. Законы же распределения систематических ошибок являются неизвестными. В дальнейшем предполагается, что систематические ошибки вызваны только погрешностями передающего и приемного трактов, а ошибки, связанные с методикой измерений (косвенная передача шума, недостаточная степень диффузности поля), устранены. Искомая суммарная систематическая ошибка состоит из совокупности отдельных приборных погрешностей, каждая из которых может принять любое значение в интервале от $-\Delta_i$ до $+\Delta_i$. Если допустить, что каждая такая погрешность является случайной величиной и подчинена в указанном интервале равномерному закону распределения, то ее можно характеризовать математическим ожиданием, равным нулю, и дисперсией $\sigma_i^2 = \Delta_i^2 / 3$. Распределение же суммарной систематической погрешности будет близко к нормальному.

При измерениях в реверберационных камерах величина звукоизоляции определяется как сумма значений разности уровней шума X в камерах и реверберационной поправки Y , а выборочная дисперсия средней величины звукоизоляции при учете только случайных ошибок равна $s_R^2 = s_{X_{об}}^2 + s_{X_{суб}}^2 + s_{Y_{об}}^2 + s_{Y_{суб}}^2$, где индексы «об» и «суб» относятся соответственно к объективным и субъективным ошибкам определения величин X и Y .

Применив распределение χ^2 , мы найдем с вероятностью $\Phi(\chi_q^2)$ верхние границы \tilde{s}^2 выборочных дисперсий. Тогда при оценке погрешности измерений звукоизоляции $|\bar{R} - R|$ мы можем воспользоваться нормальным законом распределения и полагать, что условная вероятность того, что погрешность измерений будет охвачена доверительным интервалом $\pm t\tilde{s}_R$ при $\sigma_R < \tilde{s}_R$, составит $P(|\bar{R} - R| < t\tilde{s}_R / \sigma_R < \tilde{s}_R) = \Phi(t)$, где

$$\Phi(t) = \frac{2}{\sqrt{2\pi}} \int_0^t e^{-x^2/2} dx, \quad \tilde{s}_R^2 = \tilde{s}_{X_{об}}^2 + \tilde{s}_{X_{суб}}^2 + \tilde{s}_{Y_{об}}^2 + \tilde{s}_{Y_{суб}}^2 + \sum \sigma_i^2.$$