

ЛИТЕРАТУРА

1. Л. М. Бреховских. Волны в слоистых средах. М., Изд-во АН СССР, 1967.

Ленинградский горный институт
им. Г. В. Плеханова

Поступило в редакцию
11 июня 1968 г.

УДК 534.28

ИЗМЕРЕНИЕ ПОГЛОЩЕНИЯ ГИПЕРЗВУКА В РЯДЕ ЖИДКОСТЕЙ ПРИ ЧАСТОТАХ 1—2 ГГц

Е. Пармиев, П. К. Хабибуллаев, М. Г. Халиуллин

Изучение ультра- и гиперзвуковых свойств жидкостей импульсным методом позволяет расширить диапазон используемых частот и поэтому дает возможность более точно определить времена акустической релаксации. Ниже сообщаются результаты измерения коэффициента поглощения гиперзвука в воде, ацетоне, сероуглероде, толуоле, хлороформе, четыреххлористом углероде, тиофене, хлористом и бромистом метиле, бензоле, хлорбензоле, бромбензоле и фторбензоле в диапазоне частот от 1000 до 2000 МГц. Результаты измерения коэффициента поглощения звука в указанных жидкостях в интервале частот 10—1000 МГц приведены в работах [1—3, 4, 5], а в диапазоне частот 1000—1500 МГц — в работах [5, 6].

Метод излучения и приема звука в области частот 1000—2000 МГц основан на использовании нерезонансного возбуждения поверхностного слоя монокристалла ниобата лития. Блок-схема установки для измерения коэффициента затухания гиперзвука схематически изображена на фигуре. Генератор импульсов 1 запускает развертку электронного осциллоскопа 8 и импульсного модулятора 2. Модулятор вырабатывает импульсы, которые подаются на анод лампы генератора 3. С генератора высокой частоты 3 радиоимпульс с определенной несущей частотой поступает на коаксиальный трансформатор 4 и через петлю связи l_1 на коаксиальный резонатор 5. Радиоимпульс на поверхности монокристалла ниобата лития Q_1 , установленного в зазоре коаксиального резонатора 5, преобразуется в гиперзвуковой импульс. Гиперзвук проходит через тот же монокристалл Q_1 в исследуемую жидкость 6, и на поверхности второго монокристалла ниобата лития Q_2 преобразуется в радиоимпульс высокой частоты, который с петли связи l_3 поступает на вход приемника 7, усиливается и после детектирования регистрируется осциллоскопом. Одновременно от калибровочного генератора 11, запускаемого импульсным генератором 10, радиоимпульс высокой частоты через аттенюатор 12 и через петли связи l_2 и l_3 поступает на вход приемника, усиливается, детектируется и после подается на осциллоскоп 8.

Сравнивая амплитуды напряжения гиперзвукового и калибровочного сигналов, находим значение α / f^2 по формуле:

$$\frac{\alpha}{f^2} = \frac{\Delta A}{20f^2 \Delta x \lg e} \quad (1)$$

где α — амплитудный коэффициент затухания гиперзвука, f — частота гиперзвука, $\Delta A = A_2 - A_1$ — изменение амплитуды гиперзвука в децибелах, Δx — приращение акустического пути в жидкости. Точность измерения величины α / f^2 составляла ~5—7%.

Для калибровки установки проводились контрольные измерения коэффициента затухания гиперзвука в воде и ацетоне в диапазоне частот от 1000 до 2000 МГц (см. таблицу). Как видно из таблицы, в использованном интервале частот значения $\alpha / f^2 \cdot 10^{-17}$, $\text{см}^{-1} \text{сек}^2$ в этих жидкостях в пределах точности эксперимента, остаются постоянными, что согласуется с результатами ультра- и гиперзвуковых измерений, приведенными в работах [7, 8, 9]. В таблице приведены также экспериментальные значения для толуола, сероуглерода, хлороформа, четыреххлористого углерода, тиофена, хлористого и бромистого метилена, бензола, хлорбензола, бромбензола и фторбензола. Из таблицы видно, что в этих жидкостях наблюдается дисперсия коэффициента поглощения звука [4, 6—9].

| Жидкость | Т, °С | Параметры жидкостей | | Значения $\alpha/f^2 \cdot 10^{17}$, см ⁻¹ сек ² | | | | | | | | | | | $\tau_{pS} \cdot 10^{10}$, сек |
|--------------------------|-------|---------------------|------------|---|------|------|-------|-------|-------|------|------|-------|------|------|---------------------------------|
| | | ρ_4^{20} | n_D^{20} | на частотах, Гц | | | | | | | | | | | |
| | | | | 1,0 | 1,1 | 1,2 | 1,3 | 1,4 | 1,5 | 1,6 | 1,7 | 1,8 | 1,9 | | |
| Вода | 20 | 0,9985 | 1,3330 | 25 | 24,5 | 25,5 | 24,9 | 24,5 | 23,1 | 24,5 | 24,8 | 23,8 | 24,2 | — | |
| Толуол | 20 | 0,8670 | 1,4969 | 81 | 82 | 80,5 | 77 | 76 | 74 | 72 | 70 | 68 | 66 | 0,5 | |
| Ацетон | 20 | 0,7902 | 1,3591 | 30 | 31 | 30 | 29,5 | 29 | 29,5 | 30,6 | 29,8 | 28,4 | 29,5 | — | |
| Сероуглерод | 25 | 1,2632 | 1,6275 | 37 | 31 | 29 | 26 | 23 | 21 | 20 | 18 | 17 | 17 | 20,4 | |
| Четыреххлористый углерод | 20 | 1,5937 | 1,4608 | 405 | — | 343 | 330 | 310 | 285 | 258 | 246 | 235 | 226 | 1,1 | |
| Тиофен | 20 | 4,0650 | 1,5284 | 123 | 106 | 93 | 82 | 73 | 70 | 61 | 58 | 50 | 46 | 5,7 | |
| Хлористый метилен | 25 | 1,3234 | 1,4231 | 50 | 47 | 44 | 40 | 38 | 36 | 34 | 31 | 30 | 28 | 8,5 | |
| Бромистый метилен | 25 | 2,4948 | 1,5413 | 104 | 88 | 85 | 79 | 68 | 62 | 57 | 50 | 43 | 40 | 3,6 | |
| Хлорбензол | 25 | 1,1060 | 1,5243 | 125 | 120 | 120 | 116,0 | 112,0 | 110,0 | 106 | 102 | 100,0 | 96 | 0,72 | |
| Бромбензол | 25 | 1,4957 | 1,5602 | 128 | 124 | 120 | 110 | 111 | 108 | 105 | 103 | 98,0 | 94 | 0,66 | |
| Хлороформ | -30 | 1,4888 | 1,4450 | 220 | 203 | 184 | 167 | 156 | 147 | 136 | 126 | 117 | 106 | 2,1 | |
| Бензол | 20 | 0,8792 | 1,5010 | — | — | 184 | — | — | — | 144 | 124 | 108 | 95 | 2,7 | |
| Фторбензол | 25 | 1,0261 | 1,4657 | 224 | — | 200 | 191 | 184 | 180 | 162 | 156 | 150 | 140 | 0,9 | |

10* Примечание: ρ_4^{20} — плотность, n_D^{20} — коэффициент преломления, τ_{pS} — адiabатическое время акустической релаксации.

Так как хлороформ, сероуглерод, четыреххлористый углерод, толуол, тиофен, хлористый и бромистый метилен, бензол, бромбензол, фторбензол и хлорбензол являются неассоциированными жидкостями и их молекулы не имеют поворотных изомеров, согласно работам [4, 7—10] можно предполагать, что акустическая дисперсия в использованном диапазоне частот может быть обусловлена колебательной релаксацией.

Расчеты, основанные на данных эксперимента показывают правильность ранее полученных значений [4, 7—10]. Таким образом, в настоящее время возможны измерения коэффициента затухания звука в жидких системах импульсным методом в диапазоне частот от 0,5 до 2000 *Мгц*, с точностью $\sim 5-7\%$.

Авторы выражают глубокую благодарность М. И. Шахпаронову за содействие и поддержку при проведении данной работы.

ЛИТЕРАТУРА

1. П. К. Хабибуллаев, М. Г. Халиулин. Высокочастотная импульсная установка для исследования акустических свойств жидкостей на частотах 300—950 *Мгц*. Ультразвук. техн. 1967, 3, 47—50.
2. А. С. Лагунов, Б. А. Белинский. Импульсная установка для измерения поглощения ультразвука в жидкостях на сверхвысоких частотах. Ультразвук. техн.; 1966, 2, 60—63.
3. А. А. Бердыев, Н. Б. Лежнев. Метод исследования акустических свойств жидкостей на частотах 300—1000 *Мгц*. Акуст. ж., 1966, 2, 12, 247—250.
4. С. С. Алиев, П. К. Хабибуллаев, М. Г. Халиулин. Акустическая релаксация в жидком бромистом, хлористом метиле, хлороформе и тиофене. VI Всесоюзная акустическая конференция. М. ДУ4, 1968.
5. K. G. Plass, Relaxationen in organischen Flüssigkeiten bei 16ghz. Acustica, 1967/68, 19, 236—242.
6. А. А. Бедрыев, В. В. Лапкин, Н. Б. Лежнев. Поглощение ультразвуковых волн в индивидуальных жидкостях в диапазоне частот 500—1500 *Мгц*. Изв. АН Туркм.ССР, сер. фтх и гн, 1968, 2 III—113.
7. И. Л. Фабелинский. Молекулярное рассеяние света. М., «Наука», 1965.
8. Ю. Г. Шорошев, Л. В. Ланшина, М. И. Шахпаронов. Изучение гипер-акустических свойств жидкостей с помощью гелий-неонового лазера, Докл. АН СССР, 1967, 173, 1, 70—72.
9. Т. Н. Мусаев, Л. В. Ланшина, П. К. Хабибуллаев, С. Г. Дудникова, А. К. Столяров. Исследование акустических свойств некоторых органических жидкостей. VI Всесоюз. акустическая конференция, М. ДУ 2, 1968.
10. И. Г. Михайлов, В. А. Соловьев, Ю. П. Сырников. Основы молекулярной акустики. М., «Наука», 1964.

Московский государственный
университет

Поступило в редакцию
16 июня 1968 г.

УДК 534.29

К ВОПРОСУ О ВЛИЯНИИ КОЛЕБАНИЙ ДАВЛЕНИЯ ГАЗОВОГО ПОТОКА НА ТЕПЛОБМЕН В СЛОЕ

В. Т. Плицын, Б. С. Филков

Многочисленными исследованиями [1—9 и др.] показано существенное влияние на междуфазный тепло- и массообмен колебаний одного или нескольких из их параметров. Однако в большинстве случаев объектами исследований являлись одиночные частицы, либо тонкие слои мелкодисперсных материалов. Значительное пространство в технике процессов, связанных с тепло- и массопереносом в относительно высоких слоях кусковых материалов, например, в шахтных печах и сушилах, предопределяет интерес к возможности их интенсификации указанным способом. Интерес этот тем более значителен, что колебания тех или иных параметров могут быть возбуждены естественным путем, в ходе самого процесса, при соответствующей его организации [10, 11], чем обуславливается снижение энергозатрат на его интенсификацию.

С целью выяснения влияния колебаний давления газовой фазы на теплообменные процессы в слое и было предпринято настоящее исследование, в ходе которого