

К ВОПРОСУ О ТЕМПЕРАТУРНОЙ ЗАВИСИМОСТИ ПОГЛОЩЕНИЯ ВОЛН КОНЕЧНОЙ АМПЛИТУДЫ В ВЯЗКИХ ЖИДКОСТЯХ

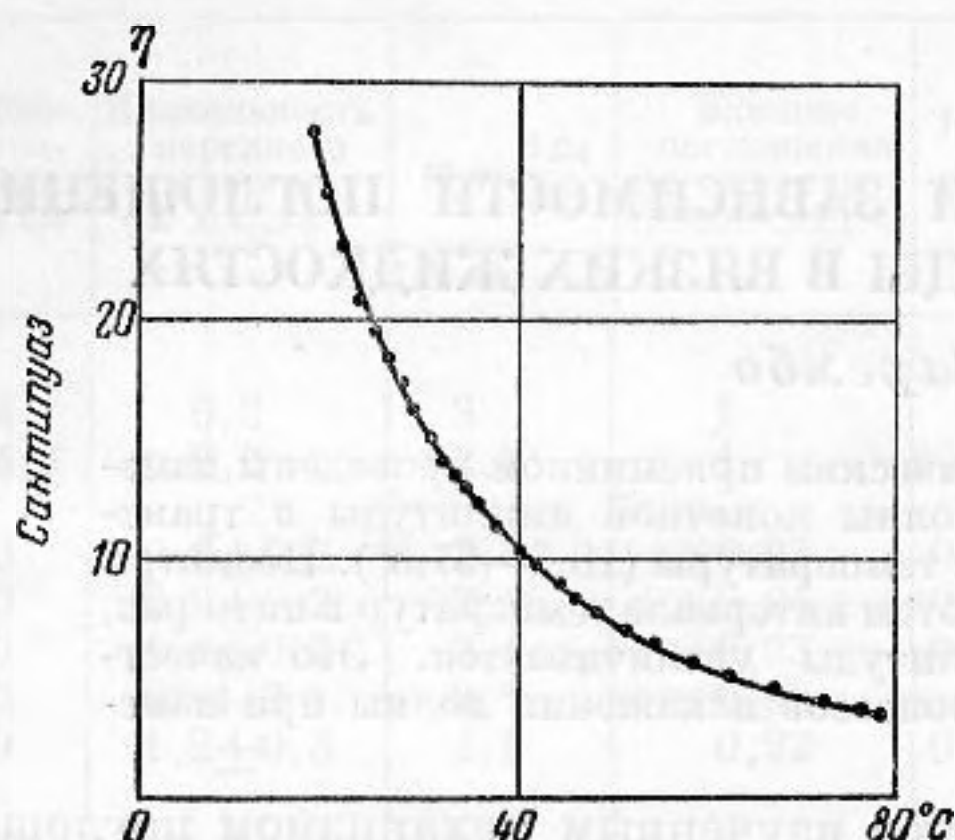
Л. К. Зарембо

На частоте 1,5 *мгц* термоэлектрическим приемником проведены измерения коэффициента поглощения волны конечной амплитуды в трансформаторном масле в зависимости от температуры (18,5—67,3°). Несмотря на уменьшение сдвиговой вязкости в этом интервале температур в пять раз, поглощение волны конечной амплитуды увеличивается. Это качественно объясняется изменением процессов искажения волны при изменении вязкости жидкости.

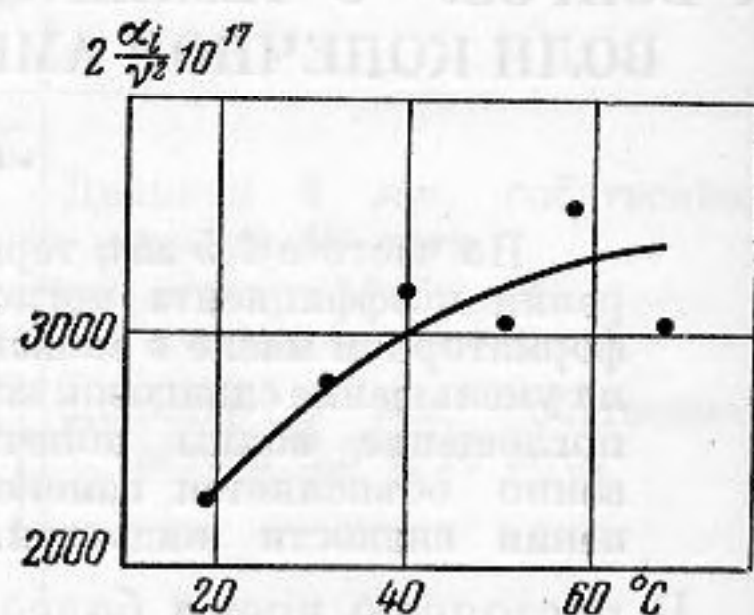
В настоящее время более или менее изученным механизмом поглощения волн конечной амплитуды является искажение формы волны в процессе распространения и связанное с этим появление гармоник [1, 2]. Гармоники быстрее поглощаются, поэтому процесс искажения тормозится диссипативными процессами (вязкостью, теплопроводностью и др.). Процессы искажения определяются как параметрами среды: плотностью, скоростью распространения звука, вязкостью, а также параметрами нелинейного уравнения состояния (если уравнение адиабаты для жидкости представить в виде $P = P_0 + As + \frac{B}{2}s^2$ [1], где $s = (\rho - \rho_0)/\rho_0$, то параметр $\kappa = B/A$ определяет скорость нарастания гармоник), так и параметрами волны: частотой, интенсивностью. Не представляет труда отыскание жидкости, в которой скорость распространения звука и плотность меняются с температурой значительно, параметр κ , согласно [3], не зависит от температуры, а вязкость существенно меняется при изменении температуры. Можно предполагать, что в таких жидкостях процессы искажения будут существенно зависеть от температуры, а следовательно, и коэффициент поглощения волны конечной амплитуды в них будет зависеть от температуры. Согласно приближенной теории Фокса и Уоллеса [1] уменьшение вязкости жидкости должно приводить к увеличению $R = \alpha_i/\alpha_0$ в области стабилизации. Здесь α_i и α_0 — коэффициенты поглощения волн конечной и малой амплитуд соответственно. Качественно это может быть объяснено следующим образом: для плоской волны расстояние стабилизации $\sim 1/\alpha_0$ [2, 4]; при уменьшении вязкости расстояние стабилизации увеличивается, что приводит к увеличению относительной амплитуды гармоник в волне, и, следовательно, к изменению коэффициента поглощения волны конечной амплитуды. Вместе с увеличением содержания гармоник уменьшается вязкий коэффициент поглощения каждой из гармоник. В зависимости от того, какой из процессов играет доминирующую роль, должно наблюдаться либо увеличение поглощения с ростом температуры (нелинейные искажения играют большую роль в поглощении, чем уменьшение вязкости), либо уменьшение поглощения (уменьшение вязкости играет большую роль, чем нелинейные искажения). При различных интенсивностях может превалировать тот или другой эффект. Естественно, что это явление будет наблюдаться наиболее четко в жидкостях, у которых вязкость сильно зависит от температуры. В качестве такой жидкости было выбрано трансформаторное масло.

Температурная зависимость сдвиговой вязкости выбранного масла, определенная при помощи вискозиметра по Гейслеру, показана на фиг. 1. Плотность его убывает приблизительно линейно от 0,89 *г/см³* при 17,5° до 0,865 *г/см³* при 72,5°. Скорость распространения звука в интервале температур 10—70°, согласно данным, любезно представленным В. П. Си-

зовым, на 1,5 мГц в трансформаторном масле меняется не более чем на 10%. Измерения поглощения проводились при постоянном напряжении 2 кВ на кварцевом преобразователе диаметром 5,0 см с диаметром сереб-



Фиг. 1. Зависимость сдвиговой вязкости трансформаторного масла от температуры



Фиг. 2. Зависимость $2\alpha_i/v^2$ от температуры на 1,5 мГц для трансформаторного масла.

ряного покрытия, нанесенного испарением в вакууме, 3,7 см. Преобразователь работал на основной частоте, равной 1,5 мГц. Кювета $70 \times 11 \times 11$ см была заглушена с торца слоем стеклянной ваты. Через рубашку кюветы циркулировала вода от термостата Гепплера. В качестве приемников ультразвука использовался многоспайный термоэлектрический

Т а б л и ц а

$t, ^\circ\text{C}$	$2\alpha_i, 1/\text{см}$	$2\alpha_i/v^2 \cdot 10^{17}, \text{сек}^2/\text{см}$
18,5	0,052	2300
31,2	0,063	2800
40,0	0,072	3200
50,5	0,068	3020
58,5	0,080	3560
67,3	0,068	3020

приемник [2], диаметром 4,7 см с 61 рабочим спаем медь-константановых термопар, включенных последовательно. На частотах 1,5—4,5 мГц чувствительность приемника в пределах 20% была постоянной. Для уменьшения стоячих волн приемник ставился косо (нормаль к поверхности приемника составляла угол $\sim 30^\circ$ с направлением распространения ультразвука). Результаты измерения поглощения приведены в таблице и на фиг. 2, из которых видно, что, несмотря на уменьшение сдвиговой вязкости в интервале температур 18,5—67,3° в пять раз, поглощение волны конеч-

ной амплитуды увеличивается. Таким образом, температурная зависимость поглощения косвенно подтверждает влияние гармоник на поглощение волн конечной амплитуды. Это явление может быть ответственным за различие между экспериментальными и рассчитанными по вязкости значениями температурной зависимости α , например, в глицерине [5].

Благодарю В. А. Красильникова и В. В. Шкловскую-Корди за обсуждение, Л. А. Одинцова за помощь при проведении измерений.

ЛИТЕРАТУРА

1. F. E. Fox, W. A. Wallace. Absorption of finite amplitude sound waves. J. Acoust. Soc. Amer., 1954, 26, 994—1006.
2. Л. К. Зарембо, В. А. Красильников, В. В. Шкловская-Корди, Об искажении формы ультразвуковой волны конечной амплитуды в жидкостях. ДАН СССР, 1956, 109, 3, 485—488; О поглощении ультразвуковых волн конечной амплитуды в жидкостях. ДАН СССР, 1956, 109, 4, 731—734.
3. М. Корнфельд. Упругость и прочность жидкостей, М., ГТТИ, 1951.
4. Г. Д. Михайлов. Искажение и взаимодействие акустических волн конечной амплитуды в вязкой среде. ДАН СССР, 1956, 109, 1, 68—71.
5. T. A. Litovitz. Ultrasonic absorption of glycerin in the liquid and vitreous state. J. Acoust. Soc. Amer., 1951, 23, 75—79.

Лаборатория анизотропных структур
АН СССР Москва

Поступила в редакцию
11 сентября 1956 г.