

Г. Д. МИХАЙЛОВ

О ВЗАИМОДЕЙСТВИИ УЛЬТРАЗВУКОВЫХ ВОЛН В ЖИДКОСТЯХ

(Представлено академиком М. А. Леонтовичем 2 II 1953)

Известно, что если на нелинейную систему воздействуют две периодические силы с частотами ω_1 и ω_2 , то в системе кроме основных частот и гармоник наблюдаются разностные и суммарные частоты.

Предполагая, что при некоторых условиях вязкую и сжимаемую жидкость можно уподобить нелинейной системе, мы рассмотрели распространение двух ультразвуковых волн в такой среде. Расчет показал, что в жидкостях должны возникать суммарные и разностные частоты. Для проверки расчетов был предпринят опыт с различными жидкостями при обычных условиях. Схема установки для проведения опыта указана на рис. 1.

В ванночке с жидкостью устанавливались два кварцевых излучателя K_1 и K_2 под углом 90° друг к другу. Эти излучатели возбуждались от двух генераторов ультразвука. Частоты генераторов были выбраны так, чтобы $\omega_2 \gg \omega_1$. Затем чтобы направить волны от обоих источников звука по одному и тому же участку пути, вблизи излучателей под углом в 45° к плоскости излучения ставилось металлическое зеркало Z . Металлическое зеркало имело такую толщину, что в основном пропускало волны от источника ω_1 и, наоборот, отражало волны от источника ω_2 .

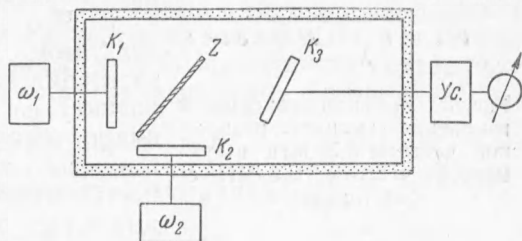


Рис. 1. Схема проведения опыта по взаимодействию двух ультразвуковых волн

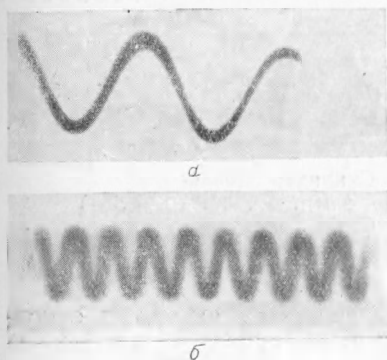


Рис. 2. Осциллограммы *а* — разностной, *б* — суммарной частот, снятых в скипидаре

Таким образом, бегущие волны направлялись по одному и тому же участку пути от Z до приемного кварца K_3 , от которого, отразившись, попадали на стенки, обшитые поглотителем ультразвука.

Опыт, однако, нами был повторен и без зеркала. Излучатели в этом случае располагались под очень тупым углом друг к другу примерно как в зеркалах Френеля.

Приемный кварц K_3 имел ту же основную частоту, что и кварц K_2 , но

мог воспринимать частоты в довольно широком диапазоне (в силу наличия вязкой среды).

В качестве усилителя применялся обычный супергетеродинный приемник, в котором использовалось усиление по высокой и промежуточной частотам. С приемного усилителя были предварительно сняты частотная и амплитудная характеристики. Основные частоты генераторов были выбраны: $\omega_1 = 1$ Мгц, $\omega_2 = 4$ Мгц. Переменное напряжение, подаваемое на кварц, регулировалось в пределах от 100 до 300 в. Возбуждение кварцев производилось на гармониках.

В результате эксперимента удалось обнаружить эффект взаимодействия двух бегущих волн в виде присутствия в жидкости волн суммарной и разностной частот. Для проверки наличия этого эффекта в жидкости было проделано несколько контрольных опытов.

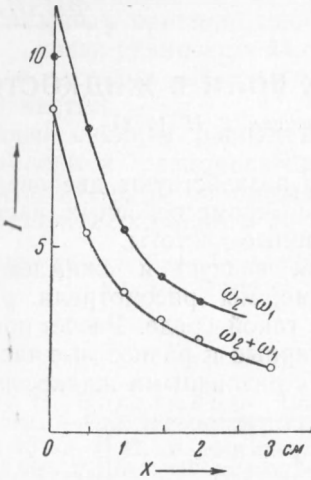


Рис. 3. Графики зависимости изменения амплитуд разностной частоты в 3 Мгц и суммарной частоты в 5 Мгц с расстоянием

1) Чтобы убедиться в том, что это не были гармоники генераторов, поочередно выключалось переменное напряжение — то с одного кварцевого излучателя, то с другого. Во всех случаях эффект пропадал как на разностной, так и на суммарной частотах и появлялся вновь при одновременной работе обоих излучателей.

2) Что этот эффект не являлся результатом нелинейной работы приемного усилителя, можно было убедиться по амплитудной характеристике его, которая в рабочих пределах была линейной.

3) Что этот эффект не являлся результатом непосредственного воздействия электромагнитных волн генераторов («наводки») на вход усилителя, можно было видеть из следующего опыта: при удалении приемного кварца из жидкости эффект полностью исчезал, хотя условия для «наводки» оставались прежними. Из этих и ряда дру-

гих опытов, проделанных нами, можно было сделать заключение о том, что разностные и суммарные частоты возникают именно в жидкости.

На рис. 2 приводятся осциллограммы для разностной (а) и суммарной (б) частот, возникающих в скипидаре в обычных условиях. При эксперименте с различными жидкостями выяснилось, что отношение амплитуд этих частот не является величиной постоянной, а меняется от рода жидкости (см. табл. 1).

Таблица 1

Исследуемая жидкость	$\frac{A_{\text{разн.}}}{A_{\text{сумм}}}$	X см.
	Скипидар (бальзам)	
Смесь скипидара с вазелиновым маслом (1:4) .	5,0	

На рис. 3 приводятся графики изменения амплитуд суммарной и разностной частот с расстоянием X (от зеркала до приемного кварца). Из кривых следует, что скорость убывания амплитуд как для $\omega_1 + \omega_2 = 5$ Мгц, так и для $\omega_2 - \omega_1 = 3$ Мгц остается постоянной. Этот вывод подтверждает известное положение Гельмгольца о том, что амплитуды разностной и суммарной частот пропорциональны произведению амплитуд основных волн. В самом деле, в случае наличия вязкости амплитуды

основных волн можно представить так: $A_1 e^{-\alpha_1 \omega_1^2 X}$ и $A_2 e^{-\alpha_1 \omega_2^2 X}$; тогда,

очевидно, можно будет написать $A_{\text{сумм}} = k_1 A_1 A_2 e^{-\alpha_1 (\omega_1^2 + \omega_2^2) X}$; $A_{\text{разн}} = k_2 A_1 A_2 e^{-\alpha_1 (\omega_1^2 - \omega_2^2) X}$. Отсюда видно, что скорость спада разностной

и суммарной амплитуд с расстоянием X должна оставаться постоянной; это и подтверждается графиками рис. 3.

Обнаруженный эффект взаимодействия волн можно использовать для определения поглощения ультразвуковых волн в жидкостях.

В заключение автор выражает признательность проф. С. Э. Хайкину за предложенную тему и указания при выполнении данной работы.

Московский областной педагогический институт

Поступило
3 I 1953