релаксационных максимумов. В частности, нами не наблюдался релаксационный пик, отвечающий $\omega = 10^{13} e^{-1300/RT}$, который был найден в работе Боммеля, Мэзона и Вернера [1], исследовавших добротность кварцевых пластин АТ среза при низких температурах в интервале частот 5—80 *мггц*; некоторое увеличение поглощения в сторону низких температур на кривых фиг. 4 значительно меньше ожидаемого.

Измерения скоростей распространения и упругих постоянных кварца, осуществленные импульсным методом, дали результаты, хорошо согласующиеся с известными из литературы [2]. Вплоть до 1000 *мггц* значения скоростей оставались постоянными в пределах точности эксперимента (~0,5%).

ЛИТЕРАТУРА

1. H. E. Bommel, W. P. Mason, A. W. Warner. Dislocations, relaxations and anelasticity of crystal quartz. J. Acoust. Soc. America, 1956, **102**, 64—71.
2. J. Koga, M. Aruga. Theory of plane elastic waves in a piezoelectric crystaline medium and determination of elastic and piezoelectric constants of quartz. Phys. Rev., 1958, **109**, 1466—1473.

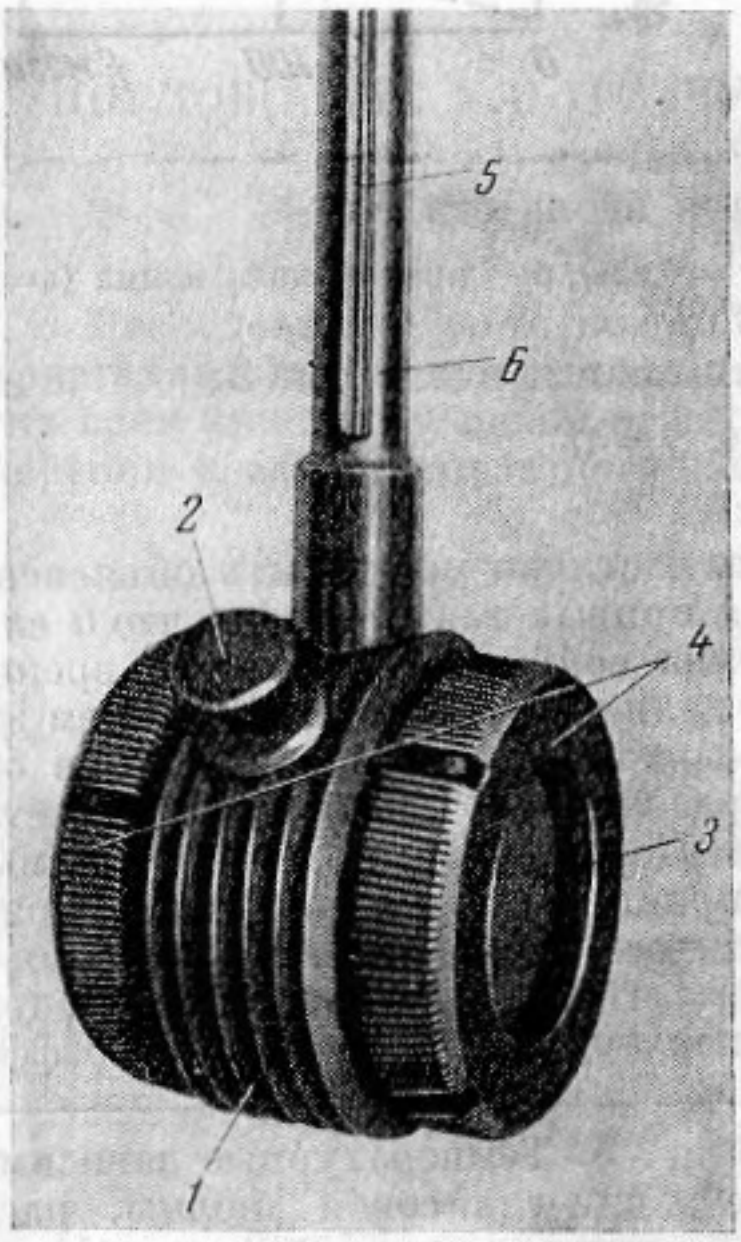
Ленинградский электротехнический институт им. В. И. Ульянова (Ленина)

Поступило в редакцию 17 марта 1959 г.

О ПРОСТОМ СПОСОБЕ ОБНАРУЖЕНИЯ КАВИТАЦИИ В ЖИДКОСТЯХ

И. Г. Михайлов, В. А. Шутилов

До настоящего времени в литературе отсутствуют систематические данные о кавитационных порогах в различных жидкостях, хотя известно немало методов обнаружения кавитации (см. например библиографию в [1]). Существующие сведения по этому вопросу малочисленны и в некоторых случаях ненадежны (например, в [2] не учитывалось увеличение поглощения волн конечной амплитуды). Между тем, такие данные имели бы практическую ценность в связи с различными применениями ультразвука, в которых кавитация играет или положительную, или отрицательную роль.



Фиг. 1

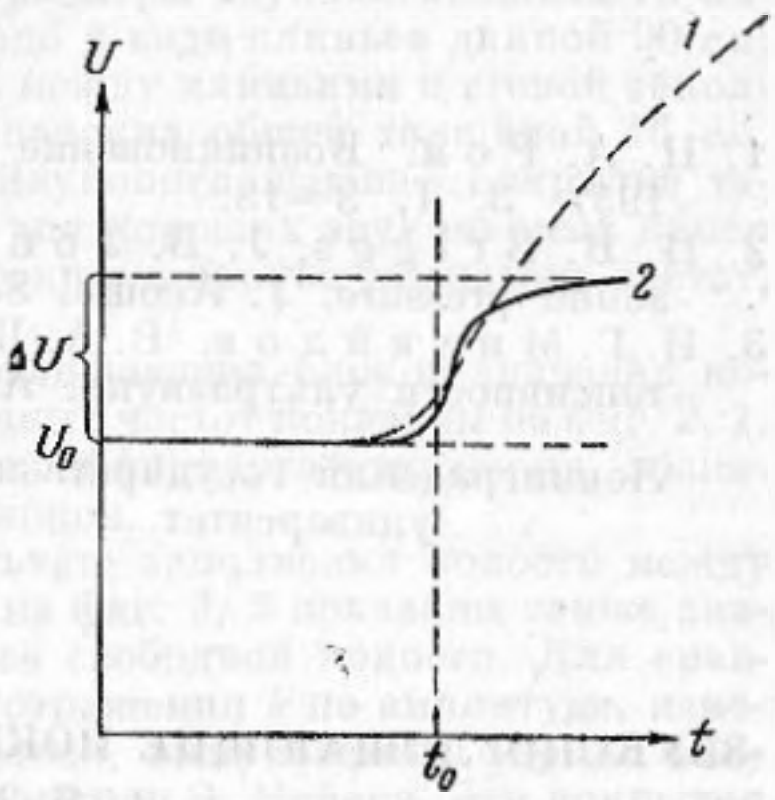
Мы встречались с вопросом о выборе жидкости, обладающей, наряду с другими заданными свойствами, высокой кавитационной прочностью при разработке прибора для измерения абсолютной интенсивности ультразвука [3]. Нужно было произвести измерение кавитационных порогов в большом числе жидкостей. Было установлено, что эти измерения можно осуществить очень простым способом, основанным на «кавитационном» расширении жидкости. Действительно, при кавитации происходит увеличение объема за счет выделяющихся пузырьков газа. Если жидкость обезгажена, то в момент начала кавитации (в этом случае речь может идти об «истинной кавитации») также наблюдается ее расширение, вызванное некоторым «разрыхлением» жидкости, вследствие образования кавитационных микрополостей.

Для наблюдения кавитационного расширения применялся прибор, устройство которого показано на фиг. 1. Исследуемая жидкость (~50 *см*^{3}) заливается в медную цилиндрическую кювету *1* через горлышко с навинчивающимся колпачком *2*. Стенки кюветы снабжены пластинчатыми радиаторами для отвода тепла. Окошки *3* по торцам кюветы закрыты перегородками, которые для свободного прохождения ультразвука в исследуемую жидкость и для предотвращения многократного отражения внутри кюветы должны быть акустически прозрачными. Здесь могут быть использованы полуволновые жесткие пластинки (при измерениях на фиксированной частоте) или туго натянутые тонкие пленки. Изменение объема внутренней полости кюветы из-за прогиба пленки, вызываемого давлением излучения, не вносит существенной ошибки в результаты измерений, так как радиационное давление на границе раздела двух жидкостей очень мало и линейно возрастает с интенсивностью, в то время как кавитационное расширение происходит скачком при некоторой «пороговой» интенсивности. Внутрь

кюветы вставлен стеклянный градуированный капилляр *5*, защищенный металлическим кожухом *6* с вырезами для наблюдения за положением уровня жидкости.

Кювета погружалась в жидкость, служившую проводящей средой для ультразвуковых волн, создаваемых пьезокварцевым излучателем, и ориентировалась вдоль оси ультразвукового пучка. Шкала вольтметра, показывавшего эффективное напряжение на кварце, градуировалась по абсолютным значениям интенсивности ультразвука в плоскости входного окошка кюветы. Интенсивность измерялась при помощи калориметрического прибора [3].

Измерения сводились к определению того напряжения на кварце, при котором начиналось перемещение уровня жидкости в капилляре. На фиг. 2 показан характер изменения объема жидкости v со временем. Под временем $t = t_0$ понимается время, начиная с которого прекращается увеличение интенсивности ультразвука, достигшей порогового значения, а объем жидкости спонтанно нарастает при неизменной интенсивности.



Фиг. 2

Кривая *1* относится к жидкости, насыщенной газом, кривая *2* — к жидкости дегазированной. Скачок объема в последнем случае составляет 0,01—0,001%. За пороговую интенсивность I_n принималась та величина интенсивности, при которой начинается спонтанное увеличение объема.

Ниже приводится таблица найденных указанным способом значений кавитационных порогов для некоторых жидкостей при частоте ультразвука 580 *кгц*.

Полученные таким образом значения кавитационных порогов могут, конечно, отличаться от измеренных другими методами, так как «начало» кавитации является понятием неопределенным, и кавитационный процесс имеет, как известно, несколько различных стадий. Однако, поскольку измерения, выполненные описанным способом, дают хорошо воспроизводимые результаты, можно полагать, что такой метод позволяет получить, по крайней мере, надежные относительные значения порогов в различных жидкостях.

Таблица

Наименование жидкости	(*вт/см²*)	*t* °C	Наименование жидкости	(*вт/см²*)	*t* °C
Ацетон	0,4	14,0	Вода дистил.	1,3	20,0
Толуол	0,5	14,0	» » дегазир. *	4,5	20,0
Диоксан	0,7	14,5	Масло оливковое	4,2	20,0
Дихлорэтан	0,8	20,0	» трансформаторное	3,8	14,5
Бензин	0,8	14,0	» касторовое	3,2	15,5
Циклогексан	0,8	20,0	» арахисовое	3,0	18,0
Эфир	0,9	20,0	» тунговое	2,7	18,0
Четыреххлористый углерод	1,1	20,0	» соевое	2,2	18,0
Хлороформ	1,3	13,5	» веретенное	1,0	14,0
Бензол	1,6	20,0	» оливковое дегазир.*	10,3	20,0

* Дегазация осуществлялась 10-минутным кипячением в слабом вакууме. Концентрация растворенного газа не определялась.

Что касается абсолютных значений кавитационных порогов, то они, как известно, в большей степени зависят от различных трудно учитываемых факторов. Кроме того, определение абсолютных значений данным способом осложняется тем обстоятельством, что на границе твердое тело — жидкость условия возникновения кавитации могут отличаться от условий в свободном объеме жидкости.

Было, однако, установлено, что резкое увеличение объема соответствует такой стадии кавитации, при которой в интенсивной форме наблюдается рассеяние света во всем исследуемом объеме жидкости. В этом смысле можно говорить и о возможности определения данным способом абсолютных значений кавитационных порогов, если иметь в виду кавитацию при наличии контакта жидкости с твердой стенкой (например, с поверхностью какого-либо излучателя). Учитывая неточность в определении момента начала спонтанного увеличения объема, влияние контакта жидкости с твердой стенкой и теплового расширения, ошибку измерений можно оценить в 15—20%.

Влияние твердой стенки проявляется, по-видимому, до спонтанного расширения, которому, как уже указывалось, соответствует кавитационный процесс в толще жидкости. Что касается теплового расширения, то расчет и измерения температуры показали, что при данном исполнении прибора оно не велико даже в том случае, когда жидкость обладает большим коэффициентом поглощения звука. К тому же плавный характер теплового расширения не трудно отличить от скачкообразного кавитационного изменения объема.

Описанный способ наблюдения кавитационных порогов может быть использован для относительных измерений в различных жидкостях при различных температурах, давлениях, частотах ультразвука, концентрациях растворенных веществ и так далее.

ЛИТЕРАТУРА

1. Н. А. Рой. Возникновение и развитие ультразвуковой кавитации. Акуст. ж., 1957, **3**, 1, 3—18.
2. H. B. Briggs, J. B. Jonson, W. P. Mason. Properties of liquids of high sound pressure. J. Acoust. Soc. America, 1947, 19, 664—677.
3. И. Г. Михайлов, В. А. Шутилов. Прибор для измерения абсолютной интенсивности ультразвука. Акуст. ж., 1957, **3**, 4, 379—380.

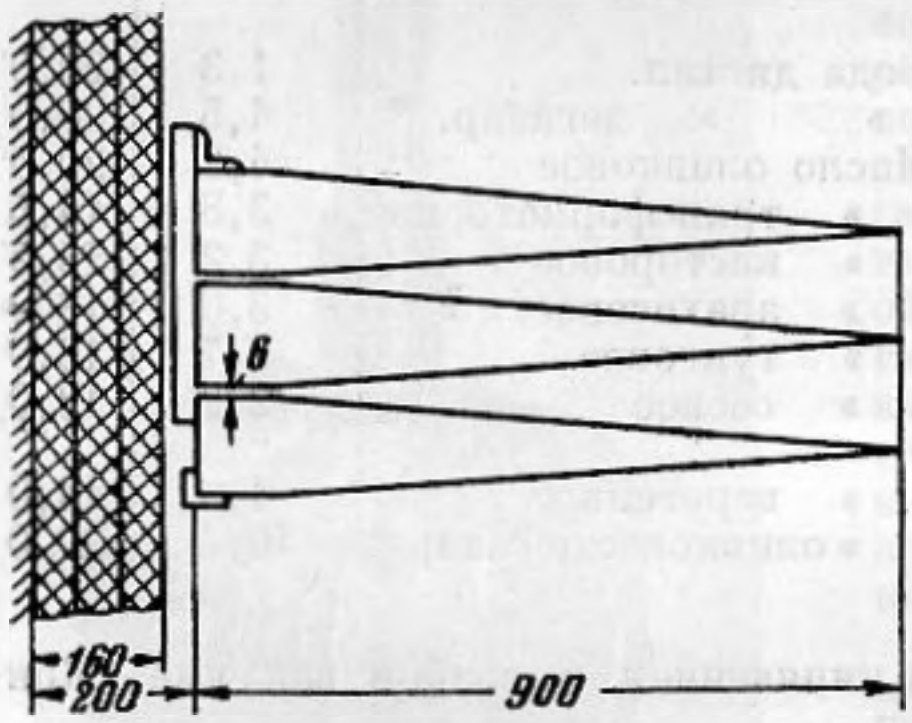
Ленинградский государственный университет

Поступила в редакцию 22 июля 1958 г.

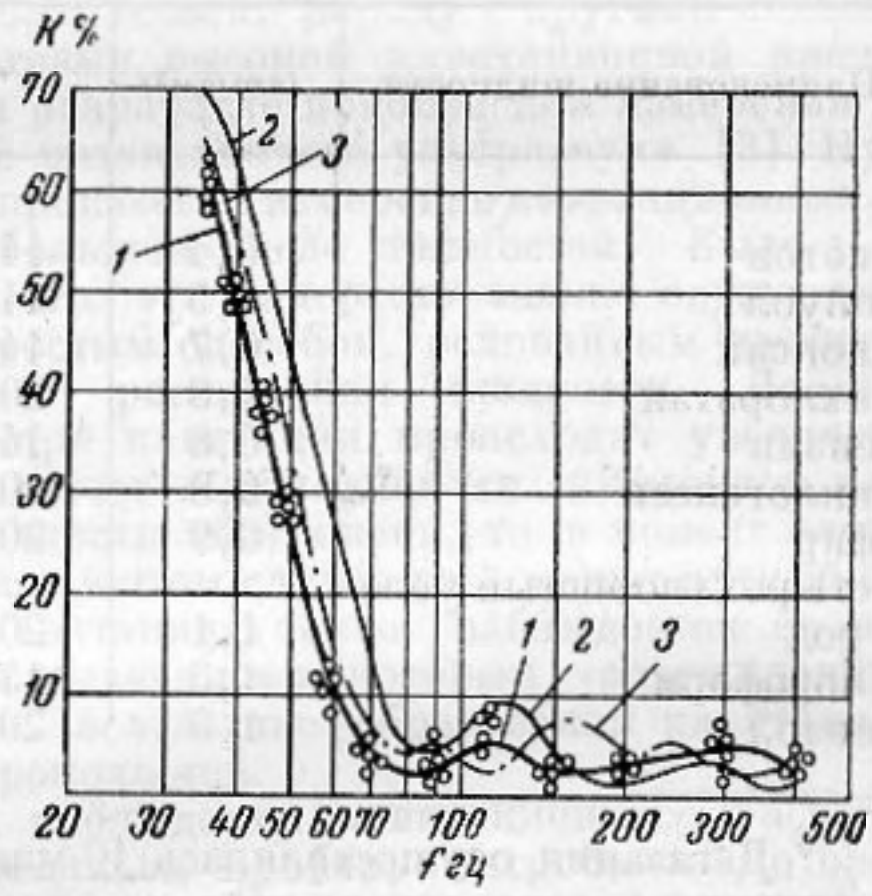
ЗВУКОПОГЛОЩАЮЩИЕ ПОКРЫТИЯ ИЗ ШТАПЕЛЬНОГО СТЕКЛОВОЛОКНА ДЛЯ ЗВУКОМЕРНОЙ КАМЕРЫ

Л. З. Проненко, А. Н. Ривин

При оборудовании звукомерных камер звукопоглощающие покрытия до последнего времени изготовлялись из ваты (стеклянной или хлопковой) или из мипоры, набитой в закрепленные на каркасе марлевые чехлы [1, 2]. Более совершенным типом таких покрытий, применяющимся в ряде стран [3, 4], являются покрытия в виде клиньев, вырезанных из жестко проклеенных плит из стекловолокна. В 1958 г. Мерефянский стеклозавод освоил производство штапельного стекловолокна в плитах, обладающих достаточной жесткостью для изготовления звукопоглощающих клиньев. Этот материал при удельном весе 60 *кг/м*³ имеет удельное сопротивление на продувание, равное 12 *рэл/см*, что значительно отличается от удельного веса и удельного сопротивления на продувание, приведенных в цитированных выше работах (150 *кг/м*³ и 40 *рэл/см*).



Фиг. 1.



Фиг. 2.

С целью выяснения возможности использования штапельного стекловолокна для изготовления звукопоглощающих покрытий нами были проведены измерения коэффициента отражения звука при нормальном падении для изготовленных из этого материала образцов звукопоглощающих клиньев. Измерения выполнялись на специально созданном низкочастотном интерферометре, труба которого была сделана в виде жолоба прямоугольного сечения 40 × 40 *см*², закрытого массивными крышками. Образцы звукопоглощающих покрытий устанавливались на конце трубы, закрытом жесткой стенкой. Распределение пучностей и узлов звукового давления, а также отношение давлений в узле и пучности определялось при помощи закрепленного на тележке и перемещающегося вдоль трубы микрофона.