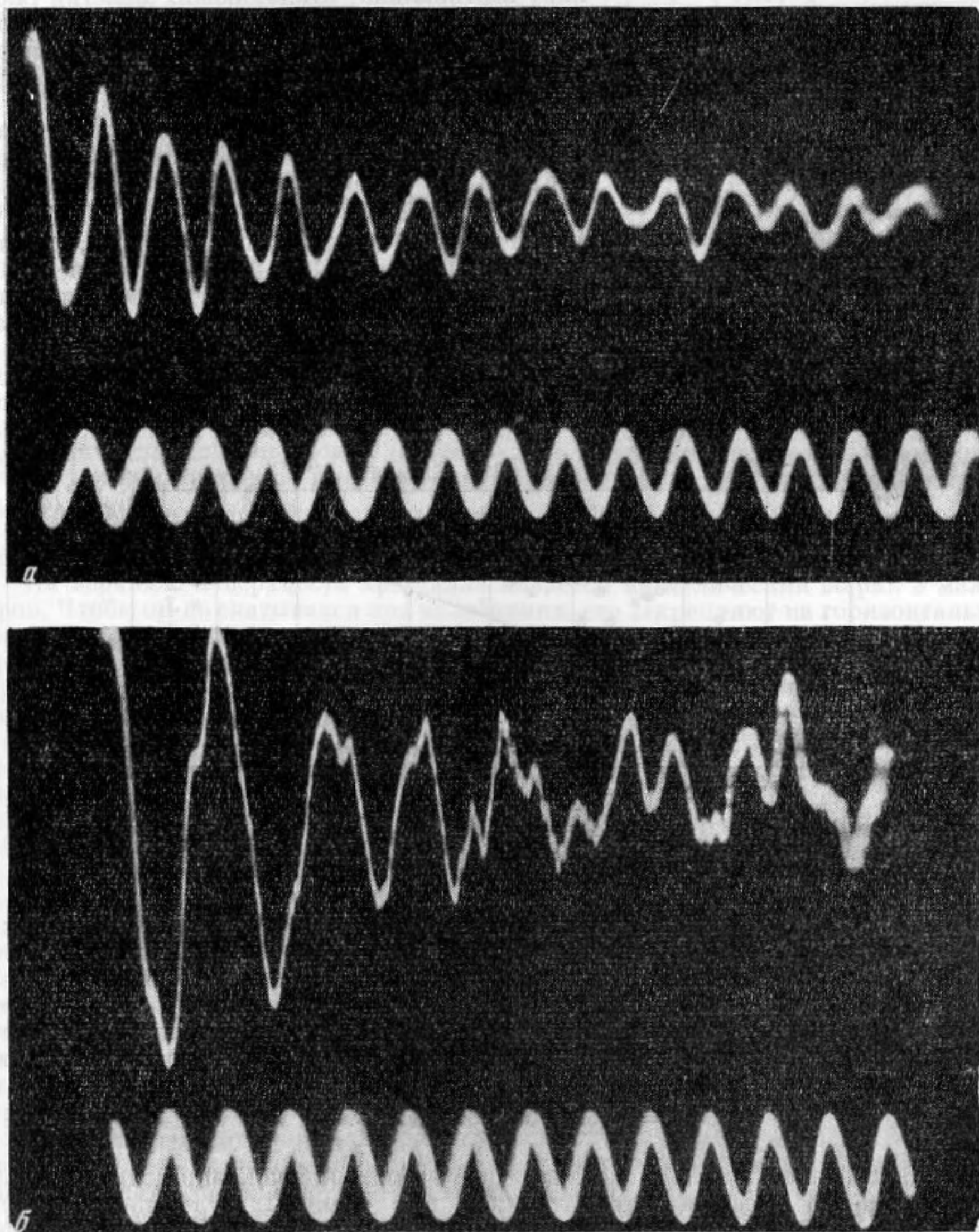


КРАТКИЕ СООБЩЕНИЯ

О НЕКОТОРЫХ ОСОБЕННОСТЯХ КАВИТАЦИИ НА ГРЕБНЫХ ВИНТАХ

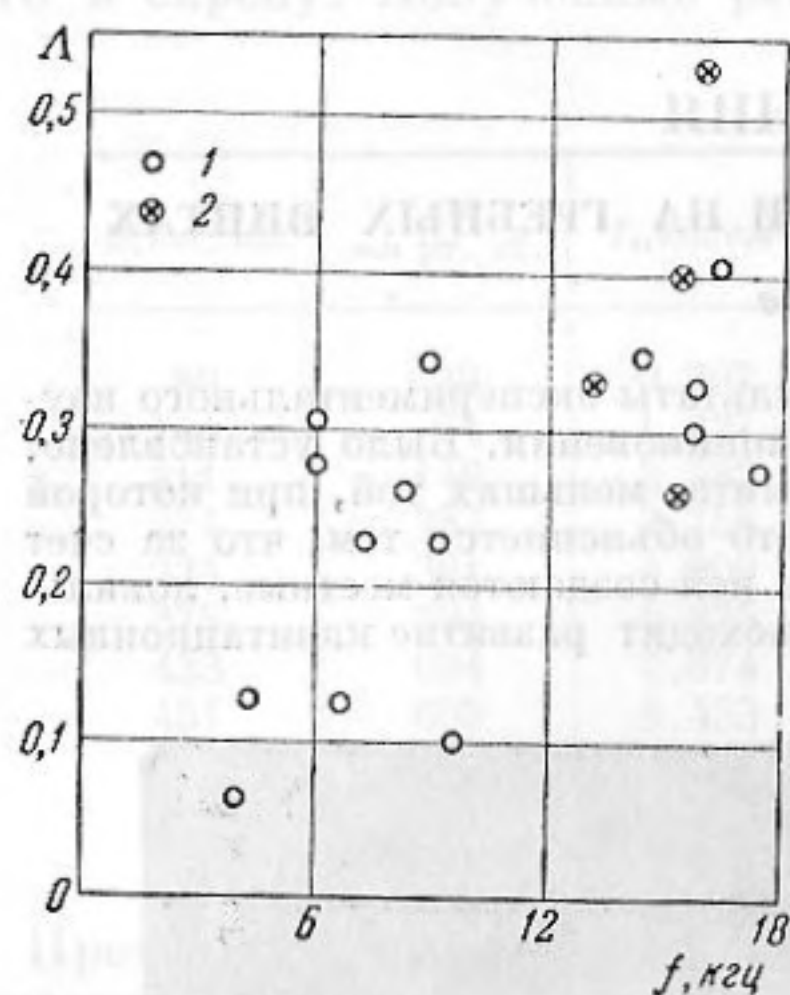
И. А. Александров

В настоящей заметке приводятся некоторые результаты экспериментального изучения кавитации на гребных винтах в момент ее возникновения. Было установлено, что кавитация возникает при скоростях вращения винта, меньших той, при которой резко возрастает интенсивность излучаемого шума. Это объясняется тем, что за счет пульсаций скорости потока, обтекающего лопасть, на ней создаются местные, локальные области пониженного давления, в которых и происходит развитие кавитационных



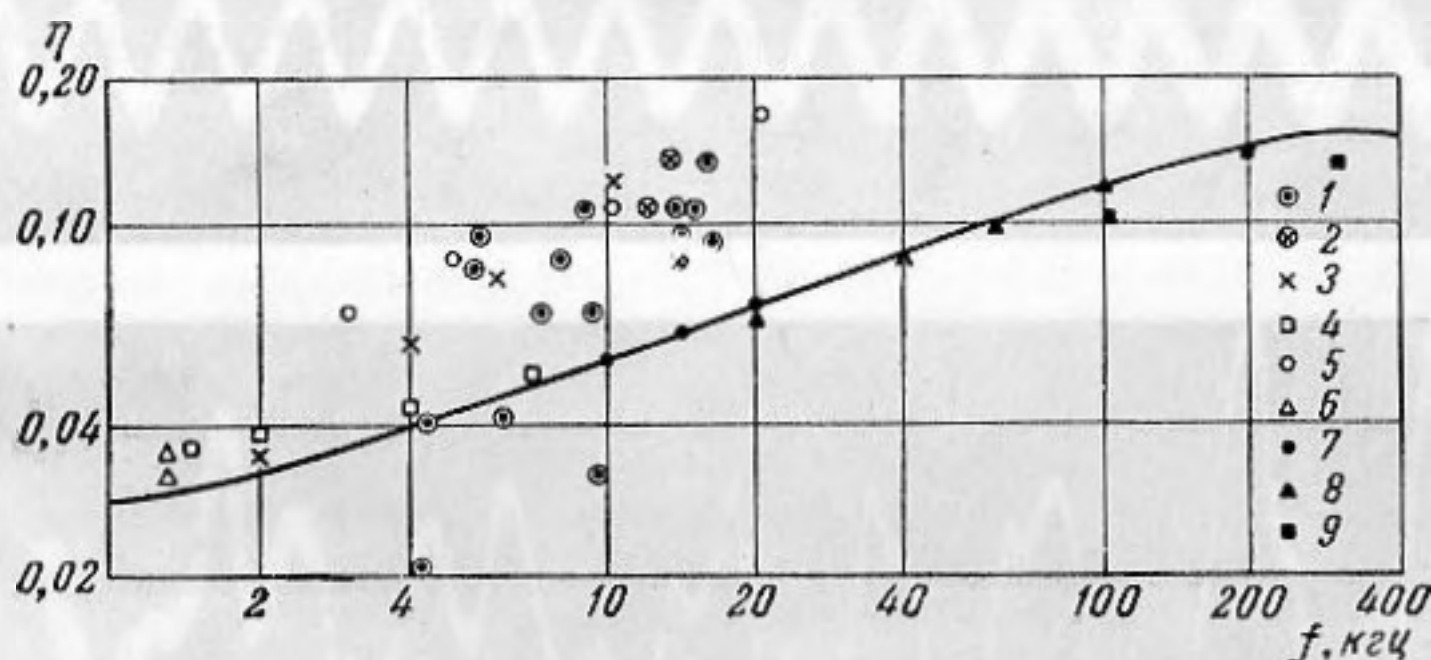
Фиг. 1

кавери. Кавитационные всплески проявляются при прослушивании в виде отдельных щелчков, хорошо различимых на фоне общего шума винта. Появление этих щелчков и определяет момент начала кавитации. Нами была исследована форма кавитационных импульсов для двух моделей гребных винтов (с параметрами $z = 2$, $D = 200$ мм, $p = 0,75$, $\phi = 0,5$, $n_{кр} = 940$ об/мин и $z = 3$, $D = 200$ мм, $p = 1$, $\phi = 0,5$, $n_{кр} = 800$ об/мин) и мулинетки, состоящей из ступицы и двух цилиндрических спиц ($D = 250$ мм, $d = 15$ мм), где z — число лопастей, D — диаметр, p — шаговое отношение, ϕ — дисковое отношение, d — диаметр спицы, $n_{кр}$ — критическое число оборотов, соответствующее моменту начала кавитации.



Фиг. 2

Электрический сигнал со звукоприемника, расположенного в плоскости вращения винта, усиливался широкополосным усилителем и подавался на вход двухлучевого электронного осциллоскопа, снабженного фотоприставкой. Импульс запускал ждущую развертку и одновременно поступал на вертикально отклоняющие пластины осциллоскопа, что позволяло осуществлять фотографирование исследуемого процесса. Конструкция осциллоскопа исключала возможность срабатывания схемы от последующих импульсов без приведения ее в состояние готовности. На вторую пару вертикально отклоняющих пластин подавался периодический сигнал известной частоты, который служил меткой времени. Типичные формы кавитационных импульсов показаны на фиг. 1, а и б. Верхние кривые на photographиях — исследуемый сигнал, нижние — эталонный сигнал с частотой 10 кГц. Видно, что исследуемый сигнал представляет собой затухающее периодическое колебание и может быть приближенно аппроксимирован выражением $Ae^{-\delta t} \sin \omega t$. Периодический характер сигнала связан, по-видимому, с пульсациями возникающих кавитационных пузырьков, колеблющихся с собственной частотой $f = \omega/2\pi$. При экспериментах были получены записи таких осцилляционных процессов с различными значениями δ и ω . В результате обработки осциллограмм были определены значения логарифмического декремента затухания $\Delta = \delta T$ и его зависимость от частоты f . Декремент определялся по уменьшению амплитуды за один период колебания, частота — сравнением периодов исследуемого и эталонного сигналов.



Фиг. 3

Зависимость логарифмического декремента от частоты приведена на фиг. 2, где 1 относится к винтам, 2 — к мулинетке. Несмотря на разброс экспериментальных точек можно заключить, что декремент Δ возрастает с частотой. Как известно, при пульсациях газового пузырька в жидкости потери энергии обусловлены в основном тремя факторами: потерями на излучение и потерями, обусловленными теплопроводностью и вязкостью жидкости. Поэтому декремент затухания может быть представлен суммой трех декрементов:

$$\Delta = \Delta_{изл} + \Delta_{тепл} + \Delta_{вязк}$$

На фиг. 3 сплошной линией показана теоретическая кривая, определяющая зависимость суммарного коэффициента затухания при объемных пульсациях $\eta = \Delta/\pi$ от частоты f [1—4]. Здесь же приведены экспериментальные данные, полученные различными авторами для газовых пузырьков с использованием различных методов: 3 и 4 — данные, полученные по ширине резонансной кривой пузырьков, 5 — по резо-

нансному поглощению звука, 6 — по уменьшению амплитуды колебания, 7, 8, 9 — по методу стоячих волн. Для сравнения на этом же графике отложены значения коэффициента затухания η , определенного в наших опытах, причем 1 относится к винтам, 2 — к мулинетке. Как видно из графика, коэффициент затухания в нашем случае оказывается в целом несколько больше расчетного, однако хорошо согласуется со значениями коэффициента затухания, полученными рядом авторов другими способами. Если принять во внимание, что расчетная формула не учитывает потерь, обусловленных движением пузырька в потоке, обтекающем лопасть, а также, возможно, дополнительных потерь на излучение, связанных с изменением формы пузырька при колебаниях, это расхождение не должно казаться чрезмерным.

Полученные экспериментальные результаты позволяют сделать следующий вывод: в момент начала кавитации имеют место пульсации кавитационных пузырьков, которые приближенно можно считать объемными пульсациями; декремент затухания кавитационных пузырьков с достаточной степенью точности совпадает со значениями декремента затухания газовых пузырьков в жидкости, на основании чего можно предположить, что кавитация на гребных винтах в момент ее возникновения является газовой.

ЛИТЕРАТУРА

1. C. D e v i n. Survey of thermal radiation and viscous damping of pulsating air bubbles in water. J. Acoust. America, 1959, 31, 12, 1654—1667.
2. H. L a u e r. Über die thermische Dämpfung von Blasen verschiedener Gase in Wasser. Akust. Beihefte, 1951, 1, 12—24.
3. M. L. E x n e r. Messung der Dämpfung pulsierendes Luftblasen in Wasser. Akust. Beihefte, 1951, 1, 25—33.
4. M. L. E x n e r, W. H a m p e. Experimental determination of the damping of pulsating air bubbles in water. Acustica, 1953, 3, 2, 67—72.

Акустический институт АН СССР
Москва

Поступила в редакцию
19 июля 1960 г.

ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДА «ПЕСЧИНКИ» ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПЬЕЗОМОДУЛЯ КРИСТАЛЛА

А. Д. Бродский, А. Г. Сергеев

Для определения пьезомодуля кристаллов в динамическом режиме можно использовать метод «песчинки», предложенный Андреевым [1] для измерения амплитуд малых колебаний.

Для этой цели (см. фигуру) пьезокристаллическая пластинка 1 приклеивается к вибрирующему столику 2 с плавно регулируемой амплитудой колебаний.

На верхнюю поверхность кристалла кладется металлический шарик 3 малых размеров. Чтобы он не скатывался при колебаниях, его закрепляют на горизонтальном рычажке. С ростом амплитуды колебаний при определенном ее значении шарик начнет отрываться от кристалла и подпрыгивать.

Отрыв от шарика произойдет тогда, когда амплитуда колебаний x_0 достигнет значения: $x_0 = g/4\pi^2 f^2$, где g — сила тяжести, f — частота. При этом амплитуда механического напряжения в кристалле будет $P_0 = gm/2s$, где m — масса кристалла, S — его площадь. Измерив амплитуду колебаний по методу «песчинки», можно определить величину пьезомодуля по простой формуле:

$$d = 2CU_0/mg,$$

где C — емкость кристалла, U_0 — электродвижущая сила, развиваемая кристаллом. Точность определения пьезомодуля будет зависеть от точности измерения емкости пластинки, величины напряжения на ее обкладках (в режиме холостого хода), точности взвешивания пластинки и точности определения того момента, когда возникает отрыв шарика.

Отрыв шарика от кристалла регистрируется при помощи осциллографа, вход которого приключен к складкам пьезокристалла. Пока амплитуда колебаний мала, с кристалла снимается переменное напряжение с частотой, равной частоте вибраций; на экране осциллографа наблюдается при этом синусоидальный сигнал. При достижении амплитуды колебаний, соответствующей моменту отрыва шарика, на экране появляется картина наложения вынужденных колебаний кристалла и собственных колебаний, возбуждаемых в кристалле при ударах шарика о пластинку.

