

2 порядка меньше волнового сопротивления капельной жидкости. С повышением статического давления величина z_H сначала растет, достигая максимума при 8—14 атм, и составляет $4,2 \cdot 10^5$ кг/сек·м², а затем падает. Аналогичная зависимость наблюдается и при более высоких интенсивностях ($A_0 = 18$ мк) звука (кривая 2) с той разницей, что максимум смещается в сторону больших значений P_0 , а нисходящая ветвь кривой оказывается более пологой.

Уменьшение величины z_H в области высоких статических давлений, вероятно, связано с изменением реактивной составляющей сопротивления нагрузки, которая косвенно влияет на величину активных потерь, изменяя условия согласования системы преобразователь — нагрузка.

Действительно, в области высоких давлений для согласования величины внешней нагрузки и внутреннего сопротивления преобразователя необходимо соответствующим образом изменять высоту столба жидкости, в которой возникает стоячая волна, все более ярко выраженная по мере повышения статического давления. Возникновение стоячей волны наглядно видно из характера разрушения алюминиевой фольги, показанного на фиг. 6 (см. вклейку к стр. 509), где фотографии образцов фольги расположены последовательно, слева направо, соответственно изменению статического давления от 1 до 11 атм для амплитуды смещения торца излучателя при атмосферном давлении $A_0 = 7$ мк.

В наших опытах высота столба жидкости сохранялась постоянной и отличалась от резонансной, что привело к снижению z_H при $P_0 > 20 \cdot 10^5$ н/м², тем более значительному, чем меньше величина z_H отличалась от значений ρc капельной жидкости.

Проведенные исследования позволили установить, что, повышая статическое давление, можно увеличить механическое сопротивление кавитирующей жидкости более чем в 10 раз и соответственно увеличить мощность, отдаваемую преобразователем в нагрузку, без увеличения электрической мощности, потребляемой колебательной системой.

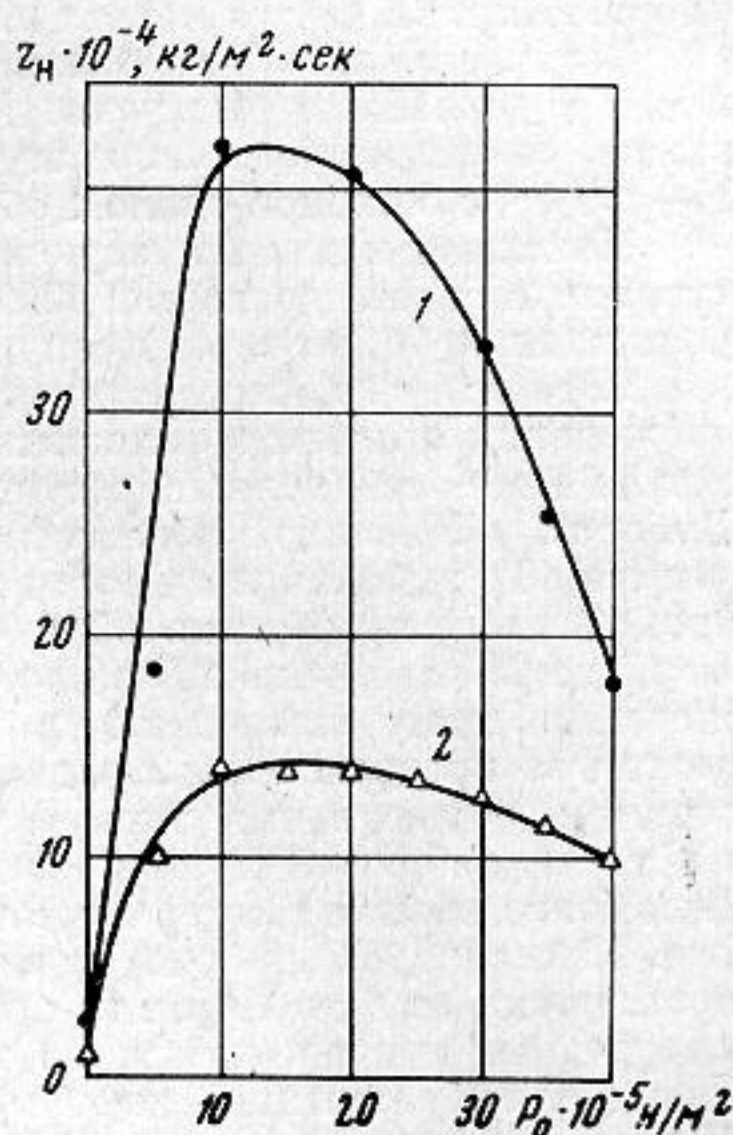
Авторы выражают благодарность Ю. И. Китайгородскому и И. П. Голяминой за внимание к работе и ценные советы.

ЛИТЕРАТУРА

1. Л. Д. Розенберг, М. Г. Сиротюк. Причины, ограничивающие акустическую мощность преобразователя, работающего в жидкости. Сб. «Контр.-измерит. ультразв. приборы». М., ЦИНТИ, 1960, 157—164.
2. Ю. П. Розин, В. С. Тихонова. Об избыточном давлении и форме мениска в капилляре в ультразвуковом поле. Тр. VI Всес. акуст. конфер., Сер. BIV 7, 1968.
3. А. В. Витковский. Бесконтактные высокочастотные виброметры. Сб. «Контр.-измерит. ультразв. приборы». М., ЦИНТИ, 1960, 148—154.
4. Б. А. Агранат, В. И. Башкиров. Критерий оценки интенсивности ультразвуковой кавитации. Докл. АН СССР, 1968, 179, 4, 72—75.

Московский институт
стали и сплавов

Поступило в редакцию
12 ноября 1968 г.



Фиг. 5

УДК 534.24

ЛЕНСКОЕ ЭХО

В. И. Арабаджи

Согласно сообщениям путешественников, особенно благоприятные условия образования и наблюдения эха существуют в развалинах древнего города Пётра (Иордания), в Лошадином каньоне в юго-восточной части штата Юта (США) и на реке Лене, в 100—300 км севернее г. Киренска.

В первой декаде июля 1967 г. нами были проведены наблюдения эха на Лене, в районе Ленских щек. Берега реки на этом участке представляют собой или вертикальные скальные стенки высотой 150—200 м, или вытянувшиеся по течению реки и поросшие лесом горы высотой до 800 м, вершины которых отстоят от берега на

расстоянии 1—3 км по горизонтали. Скальные утесы встречаются здесь то на одном то на другом берегу (но не одновременно на обоих берегах) и состоят в основном из плотных известняков, доломитов, песчаников и мергелей нижнекембрийского периода. Ширина реки в местах наблюдений составляла в среднем 220 м.

В качестве источника звука нами использовались гудки пароходов, тифоны танкеров и ружейные выстрелы. Длительность явления и его отдельных фаз фиксировалась секундомером. Сила звука измерялась шумомером, с диапазоном измерений 25—130 дб, с ошибкой около 1 дб.

Максимальная сила звуковых сигналов проходивших по Лене судов при регистрации с берега достигала 120 дб, уровень естественных шумов на берегу в среднем составлял 60 дб, но нередко опускался и ниже, до 45 дб.

Поскольку гудки пароходов дают более сильный звук, чем тифоны танкеров, при наблюдении степени многократности эха мы в основном пользовались гудками пароходов. Наиболее полные результаты нами получены 9 июля 1967 г., севернее села Дубовск, у Масляной пади, между 15 и 16 часами по местному времени, при температуре 18°, высокой влажности воздуха (после дождя) и сильной дымке. Эхо гудков, проходивших поочередно вблизи места наблюдения четырех пароходов, повторялось от 17 до 25 раз (чаще 20) за время от 11 до 17 сек. Регистрация сигналов приближающегося к месту наблюдения парохода начиналась после ухода предшествующего парохода за пределы зоны слышимости. По мере удаления парохода количество повторений и общее время звучания монотонно уменьшались. На расстоянии 3—3,5 км от места наблюдения количество повторений составляло 7—10 за время 6—8 сек. При более низкой температуре воздуха здесь можно наблюдать и более многократное эхо. Южнее Дубовска эхо сигналов 16 пароходов и танкеров в различное время дня повторялось от 6 до 20 раз за время от 8 до 16 сек. При большом числе отражений эхо пароходных гудков и тифонов танкеров нередко воспринималось как монотонно затухающий вибрирующий звук музыкального характера. Эхо ружейного выстрела в Щеках повторялось в вечерние часы при штиле от 8 до 16 раз (чаще 9—12) за время 7—10 сек. Эхо человеческого голоса (крика) в тех же условиях повторялось 3—7 раз за время 4—5 сек. Резкие звуки человеческого голоса были удобны для наблюдения беспорядочно «порхающего» эха, поскольку этим звукам свойственна достаточно хорошая опознаваемость и высокая точность локализации по азимуту. Соударение камней у воды, на расстоянии 30—40 м от прибрежных скал, давало почти сливающееся со звуком источника эхо со временем звучания 0,7—0,8 сек.

Горьковский институт инженеров
водного транспорта

Поступило в редакцию
6 сентября 1968 г.

УДК 534.131

СОБСТВЕННЫЕ ЧАСТОТЫ РАДИАЛЬНЫХ КОЛЕБАНИЙ МЕЛКОСЛОИСТЫХ ЦИЛИНДРИЧЕСКИХ ОБОЛОЧЕК

Д. Б. Дианов, А. Г. Кузьменко

Цилиндрические преобразователи, используемые для излучения и приема звуковых волн, иногда представляют собой двух- или трехслойные оболочки (например, армированные конструкции). Применение дополнительных цилиндрических слоев из различных материалов может существенно изменять основные характеристики преобразователей, в частности резонансную частоту. В связи с этим представляет интерес получение формул как точных, так и приближенных, позволяющих рассчитывать резонансные частоты радиальных колебаний многослойных цилиндрических оболочек.

Рассмотрим систему коаксиальных цилиндрических слоев, бесконечно протяженных вдоль оси. Материал каждого из слоев будем считать однородным и изотропным и характеризующимся плотностью (ρ_i) и скоростями распространения продольных ($c_{ei} = \sqrt{\lambda_i + 2\mu_i / \rho_i}$) и поперечных ($c_{ti} = \sqrt{\mu_i / \rho_i}$) волн. Предположим также, что характер вынуждающих сил таков, что гармоническое ($e^{-i\omega t}$) поле в слоях описывается только радиальной компонентой смещения, зависящей от одной пространственной координаты — радиуса-вектора.

Тогда можно написать рекуррентную формулу, позволяющую определять удельный радиальный импеданс системы из n слоев*, по найденному значению удельного радиального импеданса системы из $n - 1$ слоев [1]:

$$Z^{(n)} = \frac{Z^{(n-1)}R_n - iz_n S_n}{z_n P_n - iZ^{(n-1)}Q_n} z_n. \quad (1)$$

* Нумерация слоев принята следующей: внешней неограниченной среде приписывается номер 0, слою, имеющему наибольший радиус, — номер 1 и так далее.