

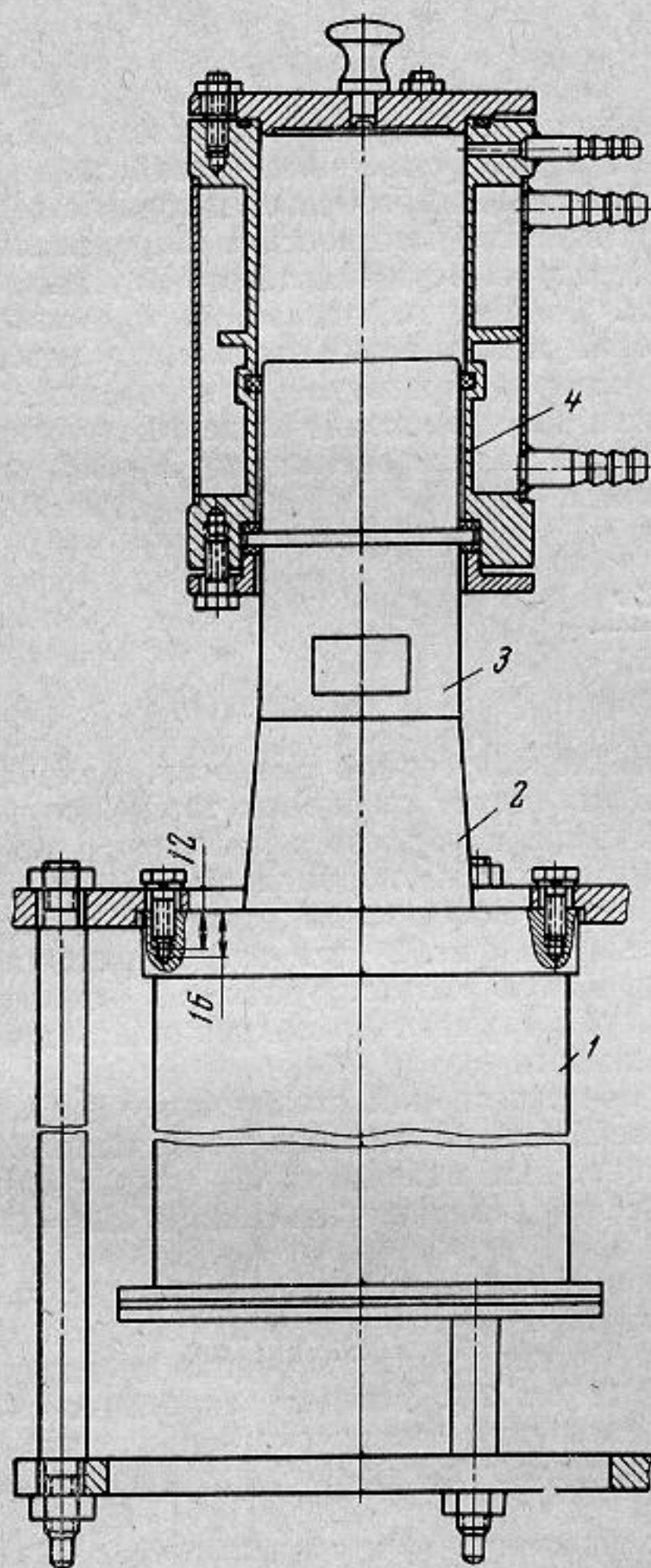
КРАТКИЕ СООБЩЕНИЯ

УДК 534.222

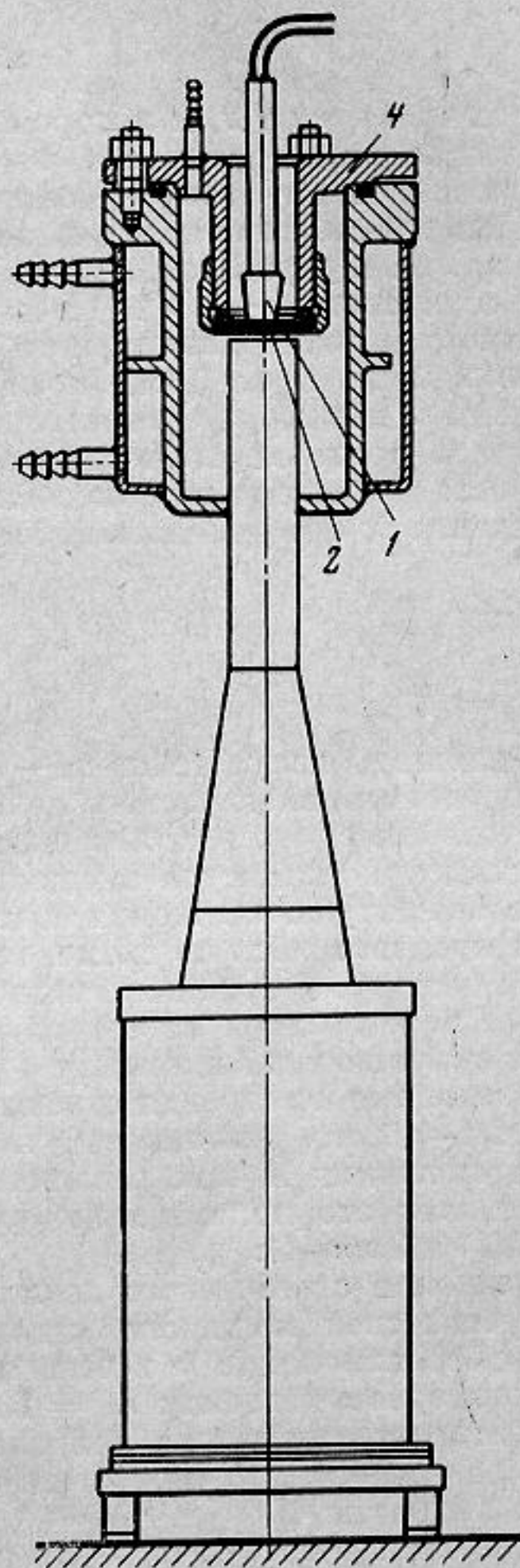
ВЛИЯНИЕ СТАТИЧЕСКОГО ДАВЛЕНИЯ НА АКУСТИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА КАВИТИРУЮЩЕЙ ЖИДКОСТИ

Б. А. Агранат, В. И. Башкиров

Наличие развитой кавитации в жидкости существенно изменяет ее акустические свойства, в частности удельное механическое сопротивление нагрузки  $z_n$ . С увеличением интенсивности звука возрастает число и размеры кавитационных пузырьков, соответственно падает величина  $z_n$ , ухудшаются условия согласования колебательной



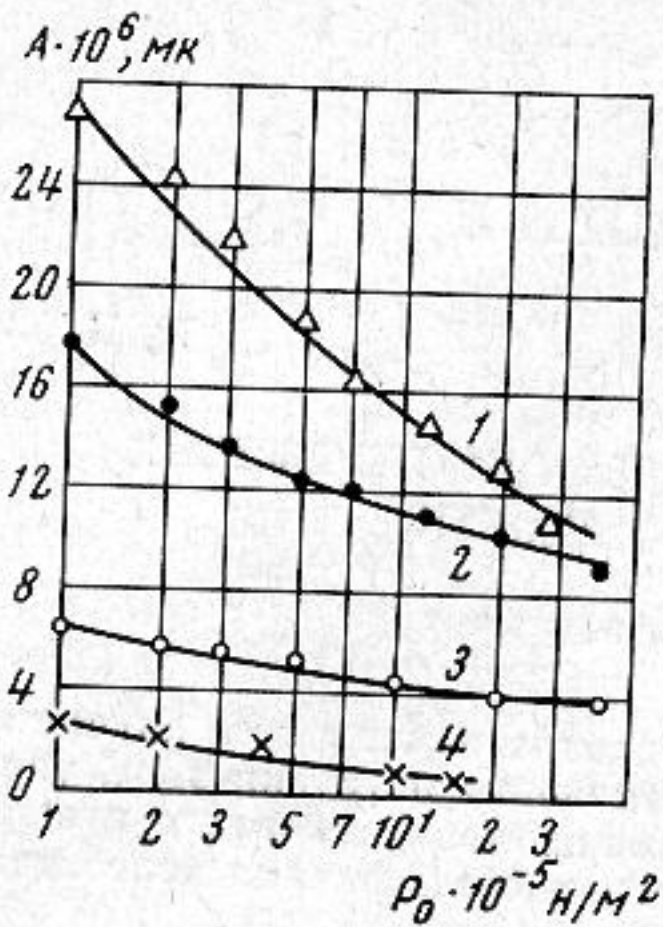
Фиг. 1



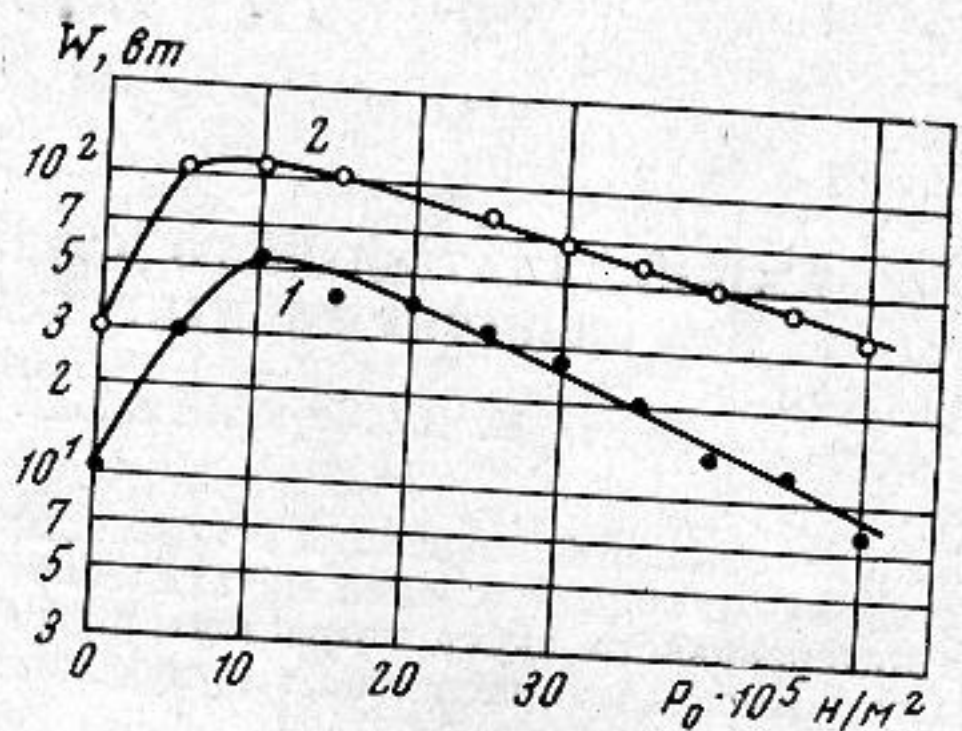
Фиг. 2

системы с внешней нагрузкой, а следовательно, меньшая часть акустической энергии передается в жидкость [1]. Это нежелательное явление можно устранить, направленно изменяя число и размеры кавитирующих пузырьков, а также их эрозионную активность путем повышения внешнего статического давления  $P_0$ .

Для определения влияния  $P_0$  на величину  $z_n$  была использована установка, схема которой представлена на фиг. 1. Установка состоит из преобразователя 1, работающего на частоте 20 кгц с электромеханической обратной связью, имеющего кони-



Фиг. 3



Фиг. 4

ческий концентратор 2, к которому прикреплен трансформатор скорости 3 с герметично закрываемой камерой 4, закрепленной в узле смещения. Давление в камере создавалось сжатым азотом. Мощность, потребляемая преобразователем от генератора, сохранялась постоянной, а величина акустической мощности  $w$  определялась методом калориметрирования. Измерение температуры осуществлялось ртутным термометром с точностью  $\pm 0,05^\circ$ . Чтобы избежать влияния на показания термометра радиационного и звукокапиллярного [2] давлений и кавитации, термометр вносился в рабочую камеру через 5 сек после выключения ультразвуковых колебаний. За это время, как показали предварительные опыты, не происходит падения температуры жидкости в пределах точности измерений при ее нагревании до  $30-60^\circ$ , которое имеет место при включении звуковых колебаний.

Значение  $z_n$  определялось из выражения

$$z_n = \frac{2w}{su_0^2}, \quad (1)$$

где  $s$  — площадь излучателя,  $u_0$  — амплитуда колебательной скорости. Величину  $u_0$  легко определить, зная частоту колебаний и амплитуду смещения торца излучателя.

Частота измерялась с помощью осциллографа и звукового генератора по фигурам Лиссажу, а амплитуда смещения — бесконтактным виброметром УВВ-2М [3]. Измерение амплитуды смещения при наличии над излучателем развитой области кавитации производилось по схеме, изображенной на фиг. 2. Для предотвращения разрушения датчика и проникновения влаги в рабочую катушку датчик 1 отделялся от жидкости перегородкой из гетинакса 2, которая герметично закреплялась на торце трубы 3, приваренной к крышке 4 рабочей камеры.

Проведенные измерения показали, что при изменении статического давления в пределах  $1-40 \text{ атм}$  резонансная частота колебательной системы не изменяется. Амплитуда смещения  $A$  при различных ее начальных значениях  $A_0$  падает с ростом давления, как это показано на фиг. 3; кривые отвечают значениям  $A_0 = 27$  (1), 18 (2), 7 (3) и 3 мк (4).

Повышение статического давления до некоторых пределов приводит к увеличению акустической мощности, отдаваемой преобразователем в нагрузку. На фиг. 4 представлено изменение  $w$  в зависимости от  $P_0$  для амплитуд смещения излучателя при атмосферном давлении  $A_0 = 7 \text{ мк}$  (1) и  $18 \text{ мк}$  (2). Значение акустической мощности достигает максимума при значении отношения статического давления к звуковому, равном 0,4, что соответствует максимальной эрозионной активности кавитирующей жидкости [4].

Вычисленные по формуле (1) значения величины  $z_n$  в зависимости от  $P_0$  представлены на фиг. 5. Величина  $z_n$  значительно меньше волнового сопротивления  $\rho c$  жидкости при отсутствии кавитации. Это объясняется тем, что плотность парагазовой смеси в кавитационных полостях на несколько порядков меньше плотности капельной жидкости, а сжимаемость на несколько порядков больше. Так, при отсутствии кавитации для воды при  $20^\circ$  и при давлении, равном атмосферному, величина  $\rho c = 1,5 \cdot 10^6 \text{ кг/сек} \cdot \text{м}^2$ . При введении ультразвуковых колебаний с амплитудой смещения излучателя 7 мк (кривая 1) величина  $z_n = 2,6 \cdot 10^4 \text{ кг/сек} \cdot \text{м}^2$ , т. е. примерно на

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·м<sup>2</sup>, 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/м<sup>2</sup>, тем более значительному, чем меньше величина  $z_H$  отличалась от значений  $\rho c$  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.

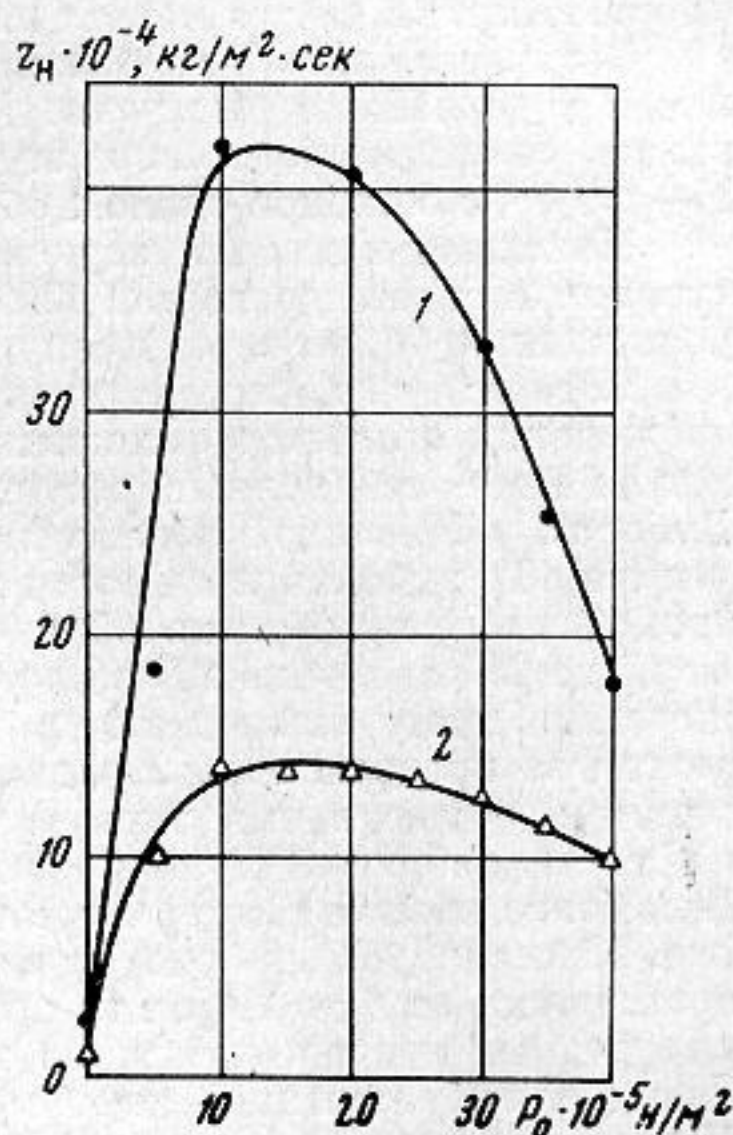
Авторы выражают благодарность Ю. И. Китайгородскому и И. П. Голяминой за внимание к работе и ценные советы.

#### 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