

Здесь  $\beta$  — угол между  $oz$  и  $R$ ,  $t \approx t' - R/c$ . Вычисление интеграла в формуле (2) методом стационарной фазы ( $ak$  — большой параметр) при условии, что

$$as > \left( \operatorname{tg} \frac{\alpha - \beta}{2} \right) \quad (3)$$

дает

$$I = \left[ \frac{2\pi}{k\rho} \right]^{1/2} \frac{1}{s} \left[ \operatorname{tg} \frac{\beta - \alpha}{2} \sin \alpha + \cos \alpha \right] \frac{\sin 2N\gamma\pi}{\sin \nu\pi} e^{-i\nu(\nu t + \delta)} \{ e^{i(\nu\sigma - k\rho + \pi\gamma)} + e^{-i(\nu\sigma - k\rho)} \} + O\left(\frac{1}{k\rho}\right).$$

Здесь  $\rho = \frac{\cos \beta + \cos \alpha}{s} \sqrt{a^2 s^2 - \operatorname{tg}^2 \frac{\beta - \alpha}{2}}$ ;  $\sigma = \operatorname{arc} \sin \frac{\operatorname{tg} \frac{\beta - \alpha}{2}}{as}$ ;  $\gamma = \frac{k}{s} (\sin \alpha - \sin \beta)$ ;  $N$  — число длин волн  $2\pi/s$ , содержащееся в  $D$ :  $N = [Ds/2\pi]$ .

Функция  $\sin 2N\gamma\pi / \sin \pi\gamma$  имеет большие (порядка  $2N$ ) экстремумы при всех целых значениях  $\gamma$ , т. е. можно утверждать, что в направлении  $\beta_m$ , соответствующем целому  $\gamma$ ,  $\frac{k}{s} (\sin \alpha - \sin \beta) = m$ ,  $m = 0, \pm 1, \dots$ , будут наблюдаться максимумы амплитуды дифрагированной волны. Множитель  $e^{-i\nu(\nu t + \delta)} = e^{-im\nu t'} e^{im(\nu R/c) - \delta}$  определит сдвиг частоты в соответственном максимуме. Интересно, что в нулевом дифракционном максимуме, соответствующем направлению зеркального отражения, сдвиг частоты отсутствует.

Если условие (3) не выполнено, то дифракция определится краями площадки; при условии (3) эффект от краев оказывается меньше рассмотренного.

Заметим в заключение, что полученные при  $ak \gg 1$  результаты аналогичны результатам Басса [5] для относительно длинноволнового ( $ak \ll 1$ ) случая. Это обстоятельство позволяет предположить возможность их распространения на случай средних длин волн ( $ak \sim 1$ ).

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Т. Л. Гутман. К вопросу о дифракции электромагнитных волн на произвольно движущейся поверхности. Изв. вузов, Радиофизика, 1968, 11, 10, 1592—1599.
2. В. А. Хромов. К обобщению теоремы Кирхгофа для случая поверхности, движущейся произвольным образом. Акуст. ж., 1963, 9, 1, 88.
3. Л. М. Бреховских. Дифракция на неровной поверхности. Ж. эксп. и теор. физ., 1952, 23, 3, 275—304.
4. А. Л. Гутман. Дифракция плоской волны на расширяющемся сферическом сегменте. Радиотехника и электроника, 1968, 13, 2, 195—203.
5. Ф. Г. Басс. К теории комбинационного рассеяния волн на неровной поверхности. Изв. вузов, Радиофизика, 1961, 4, 1, 58.

Ленинградский кораблестроительный институт

Поступило в редакцию  
31 декабря 1967 г.

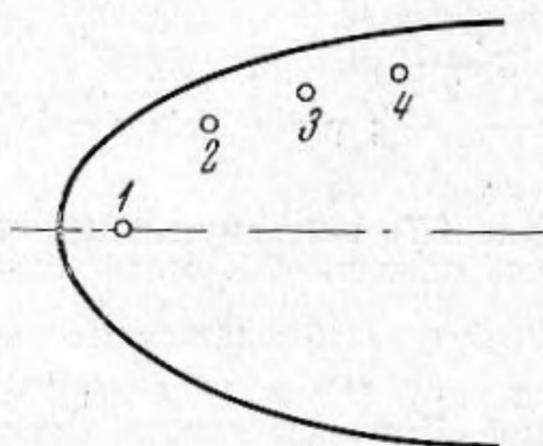
УДК 534.26

#### ОБ ОДНОЙ ОСОБЕННОСТИ ШУМОВОГО ПОЛЯ ВНУТРИ ОБОЛОЧКИ, ОБТЕКАЕМОЙ ПОТОКОМ

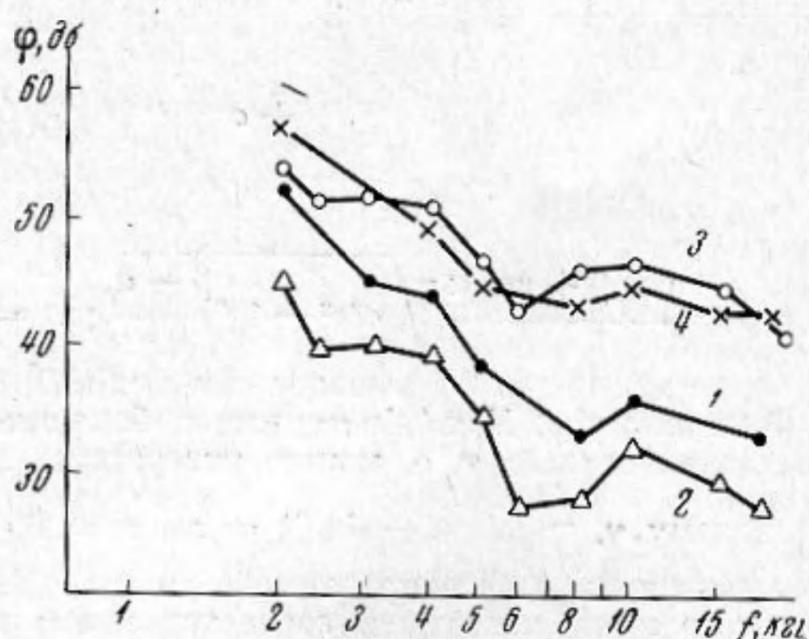
Н. Д. Дендебера

Результаты экспериментальных исследований статистических характеристик пульсаций давления, действующих на поверхность тела, движущегося в воде, приводятся в ряде работ, в том числе в статьях [1—3]. Измерения пульсаций давления обычно осуществляются при помощи приемников, укрепленных заподлицо с поверхностью тела. Из анализа опубликованных данных, см., например, работу [2], можно видеть, что существует различие в уровнях давления, регистрируемых приемниками, расположенными в различных точках поверхности вдоль по потоку. Рассматривая взаимодействие колебаний оболочки с полем пульсаций давления в турбулентном пограничном слое, можно прийти к заключению, что и в различных точках внутри оболочки, заполненной водой, при обтекании ее потоком воды, уровни пульсаций давления будут существенно отличаться и зависеть от расположения звукоприемника. Ниже излагаются результаты некоторых экспериментов, проведенных с целью изучения указанных особенностей поля внутри замкнутой звукопрозрачной оболочки, обтекаемой потоком воды.

Опыты проводились с оболочкой — телом вращения, с максимальным диаметром 500 мм, стенки которой были жесткими, но звукопрозрачными в диапазоне частот измерений. Скорость потока воды относительно оболочки составляла 10 м/сек. Однотипные сферические приемники звукового давления диаметром 30 мм были укреплены на расстоянии 80 мм от внутренней поверхности оболочки и располагались так, что их центры находились на линии, совпадающей с направлением потока и параллельно образующей тела вращения (см. фиг. 1). Максимальное расстояние между двумя соседними приемниками было равно 200 мм. В процессе измерений осуществлялась запись электрических сигналов, поступающих с выхода приемников, на магнитофоне и одновременно на самописце спектрального уровня.



Фиг. 1



Фиг. 2

Измерения проводились в диапазоне частот от 1 до 15 кГц. Некоторые из полученных нами результатов измерений спектров пульсаций давления в точках размещения приемников внутри оболочки показаны на фиг. 2. По вертикальной оси отложены значения спектрального уровня в децибалах по отношению к  $2 \cdot 10^{-4}$  бар, по горизонтальной оси — частота в килогерцах. Номера спектральных кривых на фиг. 2 соответствуют номерам приемников.

Из представленных данных видно, что поле внутри оболочки вдали от оси существенно неоднородно. Неоднородность поля сохраняется и на оси оболочки, однако она менее значительна. Любопытно отметить, что характер изменения уровней пульсаций давления от приемника к приемнику внутри оболочки в области низких частот тот же, что и для пристеночных пульсаций давления (см. работу [2]).

Автор выражает благодарность Л. М. Лямшеву за постановку задачи и внимание к работе.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Л. М. Лямшев, С. Н. Рудаков. Измерения пристеночных пульсаций давления в пограничном слое на всплывающем устройстве. Акуст. ж., 1967, 13, 4, 591—596
2. E. Skudrzyk, J. P. Haddle. Flow noise, theory and experiment. Underwater acoustics. New York, 1963.
3. E. Skudrzyk, J. P. Haddle. Noise production in a turbulent surfaces. J. Acoust. Soc. America, 1960, 32, 1, 19—34.

Киевский н.-и. институт  
гидроприборов

Поступило в редакцию  
1 июля 1968 г.

УДК 534.232

#### К ВОПРОСУ О РАСШИРЕНИИ ПОЛОСЫ ПРОПУСКАНИЯ ЦИЛИНДРИЧЕСКИХ ПЬЕЗОКЕРАМИЧЕСКИХ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕЙ

Д. В. Дианов, А. Г. Кузьменко

Расчет частотных характеристик цилиндрических преобразователей, нагруженных на водную среду через переходный слой, показывает, что при определенном выборе акустического сопротивления слоя и его толщины может быть существенно расширена полоса пропускания. Для экспериментальной проверки этой возможности нами были испытаны два макета цилиндрических преобразователей с переходными слоями. Первый макет состоял из трех склеенных по торцам одинаковых пьезокерамических колец. Размеры колец были следующими: внутренний радиус  $a = 22,5$  мм, наружный радиус  $b = 26$  мм, высота  $h = 25$  мм. Поскольку параметр  $a = b/a$  для этого макета составлял 1,15, то был применен жидкий переходный слой из глицерина. Слой глицерина снаружи был ограничен тонким кожухом из