

выходе усилителя. Эксперимент проводился при частоте 7113 *гц*. По измеренной длине волны получили, что скорость звука в тех условиях была 350 ± 6 *м/сек*. Вычисляя затем расстояние до сетки, с учетом того, что на стенке должен быть узел колебательной скорости, получили его равным $110,8 \pm 1,8$ *мм*, тогда как измерено было $112 \pm 0,5$ *мм*. Отсюда видим, что микрофон действительно измеряет колебательную скорость частиц среды, находящихся вблизи плоскости сетки.

Недостатками первой опытной модели приемника являются низкая чувствительность (порядка 10 *мв·сек/см*), высокий уровень шумов (минимальная измеримая колебательная скорость порядка 10^{-3} *см/сек*), громоздкость сопутствующей аппаратуры (необходим хорошо сглаженный постоянный ток для накала эмиттера).

В настоящее время намечается разработка приемника, основанного на том же принципе, но с применением в качестве эмиттера прецедентов трития. Можно полагать, что такой приемник будет свободен от перечисленных выше недостатков.

Автор выражает благодарность С. Н. Ржевкину и К. М. Иванову-Шиц за постоянное внимание к работе и ценные советы, а также М. Н. Цингарелли и Б. А. Шиллову за участие в подготовке и проведении экспериментов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Е. С к у ч и к. Основы акустики, т. 1, М., ИЛ., 1958.
2. Microphones without diaphragmes. *Wireless world*, 1924, 14, 20, 559—560.

Кафедра акустики
Московского государственного
университета

Поступила в редакцию
24 марта 1960 г.

К ПОГЛОЩЕНИЮ ЗВУКА ПРИ ОТРАЖЕНИИ ОТ ПЛОСКОЙ ПОВЕРХНОСТИ ТВЕРДОГО ТЕЛА

Р. Я. Кучеров, Т. С. Цулая

Поглощение звука при его отражении на границе газа и твердого тела изучалось Кирхгофом [1] в применении к вопросу о распространении звука в трубах и Константиновым [2] в случае отражения звука от твердой плоской стенки.

При решении этих задач в качестве граничных условий принималось, что скорость газа на границе равна нулю, а его температура равна температуре твердой поверхности. Расчеты проводились с точностью до первых исчезающих членов разложения по малому параметру l/λ (l — длина свободного пробега молекул, λ — длина акустической волны).

При исследовании вопроса об отражении звука высокой частоты, распространяющегося в разреженном газе, может оказаться существенным учет членов более высокого порядка. Поскольку поправочные члены к уравнениям гидродинамики квадратичны по l/λ , в первую очередь необходимо учесть кинетические поправки к граничным условиям, приводящие к линейным по l/λ эффектам: скольжению и температурному скачку в газе на границе с твердым телом.

В настоящей заметке проведено решение уравнений, описывающих процесс отражения звука (см. уравнения работы [2]) с эффективными граничными условиями [3]:

$$T' = a'_{11} \frac{\partial T'}{\partial x} + 2a'_{12} \frac{\partial u_x}{\partial x}, \quad u_y = a'_{22} \frac{\partial u_y}{\partial x}, \quad u_x = 0,$$

где

$$a'_{11} = \lambda_0 a_{11}, \quad a'_{12} = \frac{\lambda_0}{c_1} a_{12}, \quad a'_{22} = \lambda_0 a_{22},$$

$$a_{11} = a_{10} + a_T, \quad a_{10} = \frac{1}{4} v' \frac{1+n}{1-n} \frac{(2\pi/RT_0)^{1/2}}{\lambda_0 \rho_0 / \rho_0},$$

$$a_T = \frac{v}{v_T} \sqrt{\gamma^3 \left[\sin^2 \theta + i \frac{\gamma c_1^2}{\omega v_T'} \right]}, \quad a_{22} = \frac{1}{2} \eta' \frac{1+n}{1-n} \frac{(2\pi/RT_0)^{1/2}}{\lambda_0 \rho_0 / \rho_0},$$

$$a_{12} = \frac{1}{6} \eta' \frac{c_1 T_0}{\beta \lambda_0 \rho_0 / \rho_0}, \quad \lambda_0 = \frac{c_1}{\gamma \omega} \quad R = \frac{c_v \beta}{T_0}$$

По сравнению с [3] здесь добавлен член a_T , учитывающий теплопроводность твердого тела, n — отношение числа зеркально отраженных молекул к полному числу молекул.

кул, падающих на поверхность. Остальные обозначения см. в работе [2]. Членами выше первого порядка по l/λ здесь и ниже мы пренебрегаем.

В результате элементарных, но громоздких выкладок, которые мы здесь не приводим, было показано, что возникающие при учете скольжения и скачка температуры поправки к величине коэффициента поглощения, найденной Константиновым, проявляются только в членах порядка выше первого.

Исключение составляет случай очень больших углов падения, где эта поправка имеет порядок $(l/\lambda^{1/2})$ (основной член — нулевого порядка). В частности, для значения угла падения, при котором поглощение максимально, в предельных случаях, когда тело является идеальным проводником тепла, или идеальным теплоизолятором, было найдено следующее выражение:

$$\cos \theta_{\max} = \begin{cases} \sqrt{2} (\alpha_1 + \alpha_2) \left[1 - \alpha_3 \left(1 - \frac{1}{2\alpha_3} \frac{\alpha_4 + \alpha_5}{\alpha_1 + \alpha_2} \right) \right], & v_T = \infty, \\ \sqrt{2} \alpha_2 (1 - \alpha_6), & v_T = 0, \end{cases}$$

а коэффициент поглощения в этом случае равен

$$\frac{D_{\max} - D_{\max, k}}{D_{\max, k}} = \begin{cases} (2 - \sqrt{2}) \alpha_3 \left(1 - \frac{1}{2\alpha_3} \frac{\alpha_4 + \alpha_5}{\alpha_1 + \alpha_2} \right), & v_T = \infty \\ (2 - \sqrt{2}) \alpha_6 & v_T = 0 \end{cases}$$

здесь

$$\begin{aligned} \alpha_1 &= \frac{\gamma - 1}{\gamma} \sqrt{\frac{\omega v'}{2c_1^2}}, & \alpha_2 &= \sqrt{\frac{\omega \eta'}{2\gamma c_1^2}}, & \alpha_4 &= \gamma^{-3/2} a_{22} \frac{\alpha_1}{\alpha_2}, \\ \alpha_3 &= \frac{1}{2} \gamma^{-3/2} \left[(\gamma - 1) \frac{a_{10}}{\alpha_1} + \frac{a_{22}}{\alpha_2} \right], & \alpha_5 &= \gamma^{-3/2} (\gamma - 1) a_{10} \frac{\alpha_2}{\alpha_1}, \\ \alpha_6 &= \frac{1}{2} \gamma^{-3/2} \frac{a_{22}}{\alpha_2}; & D_{\max, k} &= 2(\sqrt{2} - 1). \end{aligned}$$

Величины $\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \alpha_6$ имеют порядок $(l/\lambda)^{1/2}$, α_4 и α_5 порядка l/λ .

Авторы выражают благодарность М. И. Каганову и Л. Э. Рикенглазу за обсуждение работы.

ЛИТЕРАТУРА

1. Р э л е й. Теория звука. т. 2, стр. 307, М. ГТТИ, 1955.
2. Б. П. Константинов. О поглощении звуковых волн при отражении от твердой границы. Ж. техн. физ., 1939, 9, 226.
3. Н. G r a d. Comm. Pure and Appl. Math., 1949, 2, 331; см. также сб. «Механика», 1952, 5, 77.

Главное управление по использованию атомной энергии при Совете Министров СССР Поступила в редакцию 25 августа 1960 г.

К ВОПРОСУ О РАСПРОСТРАНЕНИИ ЗВУКА В ВОЛНОВОДЕ, ИМЕЮЩЕМ ОТРОСТКИ НА СТЕНКАХ

А. Д. Ланин

В работе [1] было получено точное решение задачи о распространении звука в волноводе, имеющем на стенке отросток прямоугольного сечения («канавку»), расположенный перпендикулярно оси волновода. В настоящей работе дано обобщение этого решения на случай, когда отросток расположен под произвольным углом к оси волновода (фиг. 1)