2. *Makdonald H. M.* A Class off Diffraction Problems.— Proc. London Math. Sos, 1915, № 14, p. 410–427.
3. *Фелсен Л., Маркувиц Н.* Излучение и рассеяние волн. Т. 2, М.: Мир, 1978, с. 356.
4. *Крон Б., Шерман Ч.* Функции пространственной корреляции для различных моделей шума. Сб. статей/Под ред. Шнер И. И. М.: Сов. радио, 1965, с. 114–128.
5. *Морс Ф., Фешбах Г.* Методы теоретической физики. Т. 2. М.: Изд-во иностр. лит., 1958.

Поступила в редакцию
10.VIII.1981

---

УДК 534.2.22

## ПРОХОЖДЕНИЕ АКУСТИЧЕСКОЙ ВОЛНЫ ЧЕРЕЗ НЕЛИНЕЙНУЮ ГРАНИЦУ

***Пелиновский Е. Н., Фридман В. Е.***

В работе [1] было рассчитано поле второй гармоники и разностной частоты при падении акустического пучка на слой с переменным значением параметра нелинейности. При этом рассеянное поле определялось неоднородностью параметра нелинейности главным образом внутри слоя. Здесь рассмотрена другая ситуация, когда параметр нелинейности терпит скачок только на границе.

Будем считать, что линейные параметры (равновесное давление, скорость звука) постоянны, меняется лишь параметр нелинейности. Пусть на скачок параметра нелинейности $\varepsilon$ падает нормально интенсивная акустическая волна. На поверхности скачка выполняются граничные условия для нормальной компоненты скорости $v_n$ и давления $p$

$$\overset{\text{пад}}{v_{n_1}} - \overset{\text{отр}}{v_{n_1}} = \overset{\text{пр}}{v_{n_2}}, \qquad \overset{\text{пад}}{p_1} + \overset{\text{отр}}{p_1} = \overset{\text{пр}}{p_2}. \tag{1}$$

Форма волны, падающей из среды с параметром нелинейности $\varepsilon_1$, описывается простой (римановой) волной. При малой нелинейности отраженную волну также можно считать простой и пренебречь ее взаимодействием с падающей волной. Простой также является и прошедшая волна. В римановой волне возмущения скорости $v$, давления $p$ и плотности $\rho$ связаны между собой. Для безразмерных величин $P=p/\rho_0c_0^2$, $M=v/c_0$, $\sigma=\rho/\rho_0$ ($c_0$ – скорость звука, $\rho_0$ – плотность среды), такие связи с точностью до квадратичных слагаемых имеют вид [2]:

$$M=\sigma+\beta\rho^2, \qquad P=\sigma+\alpha\sigma^2. \tag{2}$$

Здесь $\alpha=\varepsilon-1$, $\beta=(\alpha-1)/2$. Используя эти связи в граничных условиях (1), получим:

$$\sigma_{\text{пад}}+\beta_1\sigma_{\text{пад}}^2-\sigma_{\text{отр}}-\beta_1\sigma_{\text{отр}}^2=\sigma_{\text{пр}}+\beta_2\sigma_{\text{пр}}^2, \quad \sigma_{\text{пад}}+\alpha_1\sigma_{\text{пад}}^2+\sigma_{\text{отр}}+\alpha_1\sigma_{\text{отр}}^2=\sigma_{\text{пр}}+\alpha_2\sigma_{\text{пр}}^2. \tag{3}$$

Из граничных условий (3) находим связь прошедшей и отраженной волн с волной падающей:

$$\sigma_{\text{пр}} = \left(1 + \frac{3}{4}\Delta\varepsilon\sigma_{\text{пад}}\right)\sigma_{\text{пад}}, \qquad \sigma_{\text{отр}} = \frac{1}{4}\Delta\varepsilon\sigma_{\text{пад}}^2. \tag{4}$$

Здесь $\Delta\varepsilon=\varepsilon_2-\varepsilon_1$. Формулы (4) получены для неподвижной границы. Очевидно, что при падении волны смещение границы, на которой терпит скачок параметр нелинейности, является величиной более высокого порядка малости, и ее вкладом в формулы (4) можно пренебречь. По той же причине можно пренебречь эффектами взаимодействия падающей и отраженной волн.

Полученные коэффициенты прохождения и отражения можно использовать для решения конкретных задач. Так, при падении на скачок гармонической волны уровень отраженной второй гармоники в 3 раза ниже, чем уровень второй гармоники, прошедшей вместе с сигналом. Аналогичное соотношение имеет место и для разностной частоты. Если параметры среды вне скачка меняются слабо, соотношения (4) вместе с формулами нелинейной геометрической акустики [3] полностью описывают волновое поле.

### ЛИТЕРАТУРА

1. *Донской Д. М., Сутин А. М.* Рассеяние звука, обусловленное нелинейностью среды.— Акуст. ж., 1980, т. 26, № 3, с. 411–415.
2. *Руденко О. В., Солуян С. И.* Теоретические основы нелинейной акустики. М.: Наука, 1975.
3. *Островский Л. А., Пелиновский Е. Н., Фридман В. Е.* Распространение акустических волн конечной амплитуды в неоднородной среде при наличии каустик.— Акуст. ж., 1976, т. 22, № 6, с. 914–921.

Институт прикладной физики
Академии наук СССР

Поступила в редакцию
15.III.1982

---