

УДК 534.22.232

Т.Ю. Шкварницкая

### РАССЕЯНИЕ ЗВУКА ЦИЛИНДРИЧЕСКИМИ ТРУБОПРОВОДАМИ АВИАЦИОННЫХ СИСТЕМ В УПРУГИХ СРЕДАХ

*Приведен математический аппарат для определения спектра сигнала, отраженного от трубопровода в упругих средах. Указанный спектр рассчитан для конкретных условий. Приведено сравнение расчетных данных с экспериментальными. Показано, что высокая чувствительность резонансных частот спектра может быть использована для нахождения дефектов в трубопроводе.*

Вычисление спектра дифракции плоской волны, падающей на трубку, которая находится в упругой среде, основано на технике разложения нормальной моды. Модель системы для вычисления спектра дифракции плоской волны показана на рис.1, где область 0 – внутренняя область трубки; область 1 – собственно трубка и область 2 – среда вокруг трубки;  $\Theta$  - угол, под которым наблюдается рассеянная волна.

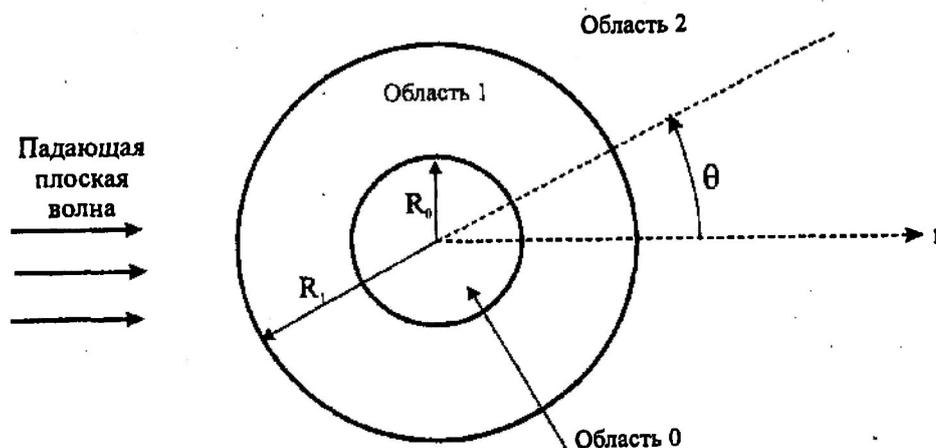


Рис.1. Модель системы для вычисления спектра дифракции плоской волны

Выражение для нормального радиального напряжения  $\sigma_{rr}$  (в паскалях), обусловленного преломлением звука трубкой, может быть представлено следующим образом:

$$\sigma_{rr}(\Theta, r) = \frac{\mu_2}{r^2} \sum_{n=0}^{\infty} (\Phi_{\text{рас},2} Y_{1221} + \Psi_{\text{рас},2} Z_{1221}) \varepsilon_n(i)^n \cos(n\Theta) \exp(-i\mu r),$$

где  $\mu_2$  – константа Ламе для области 2;  $r$  – расстояние от центра трубки до точки наблюдения;

$$\varepsilon_n = \begin{cases} 1, & n = 0 \\ 2, & n > 0 \end{cases}, \quad n - \text{номер моды колебания, } \Phi_{\text{рас},2} - \text{скалярный потенциал рассеянной}$$

волны в области 2:

$$\Phi_{\text{рас},2} = \sum_{n=0}^{\infty} A_n H_n^{(1)}(K_2 r) \cos(n\Theta) e^{-i\omega t},$$

$\Psi_{\text{рас}2}$  векторный потенциал рассеянной волны в области 2:

$$\Psi_{\text{рас},2} = \sum_{n=0}^{\infty} B_n H_n^{(1)}(K_2 r) \sin(n\Theta) e^{-i\omega t},$$

$H_n^{(1)}$  – функция Ханкеля 1-го рода;  $K_2 = \omega/c$  ( $\omega$  – круговая частота;  $c$  – скорость звука в области 2).

$A_n, B_n, Y_{1221}, Z_{1221}$  находятся из матриц [1], определяющих поведение рассматриваемой системы для конкретных условий (материал, геометрические размеры трубки, среда и т.д.).

На рис.2 показаны результаты расчета спектра дифракции плоской волны, падающей на трубку из SiC, погруженную в воду. Размеры трубки и параметры материала следующие:

наружный диаметр, мм	–	70;
плотность, кг/м <sup>3</sup>	–	3100;
$C_p$ , м/с	–	11720;
$C_t$ , м/с	–	7350;
$\lambda$ , МПа	–	$9.1E \cdot 10^4$ ;
$\lambda$ , МПа	–	$1.7E \cdot 10^5$ .

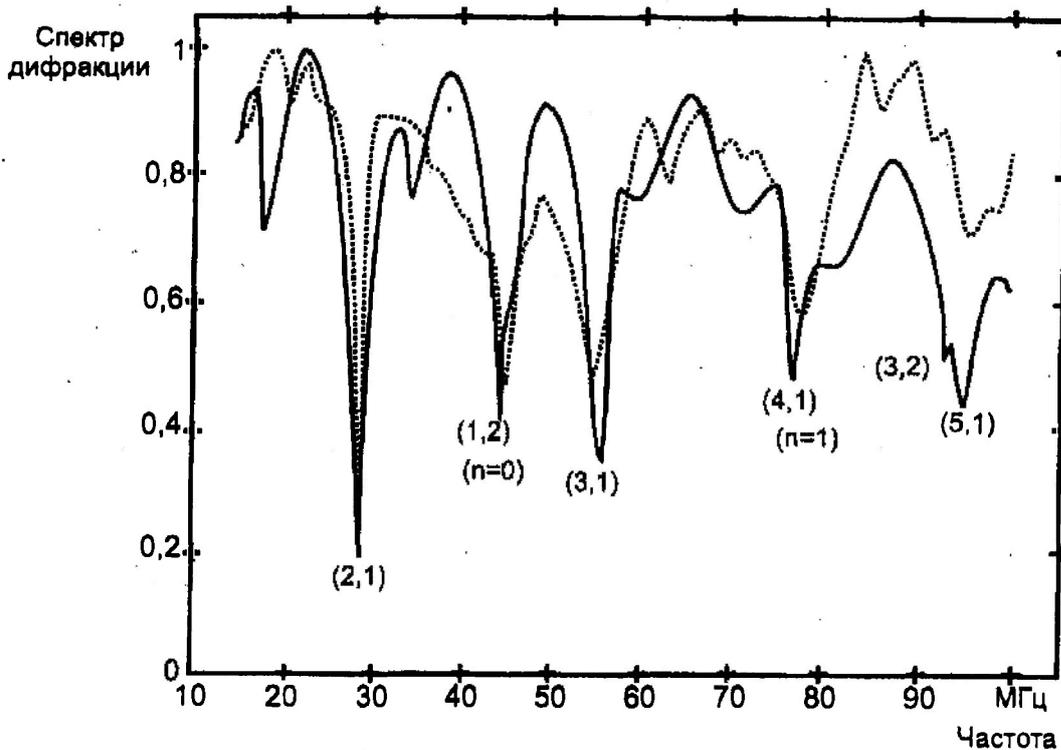


Рис.2. Спектр дифракции плоской волны

Полученные результаты расчета сравнивали с результатами экспериментальных данных для перечисленных выше параметров трубки и среды, приведенными в работе [2]. (На рис.2 сплошная линия – расчетные данные; пунктирная линия – экспериментальные данные). Хорошее совпадение расчетных и экспериментальных данных свидетельствует о достаточном совершенстве математической модели системы.

Как видно из рис.2, спектр дифракции содержит несколько максимумов. Причем, как показали расчеты, эти максимумы чувствительны к параметрам среды и трубки (смещаются при изменении указанных параметров). Этот факт может быть использован для выявления дефектов в трубопроводах авиасистем.

#### Список литературы

1. *Leon F., Lecrod F., Decultot D., Maze G.* Scattering of an oblique incident acoustic wave by an infinite hollow cylindrical shell//J. Acoust. Soc. Am., 1992. –V.91–N3. – P.1388–1397.
2. *Singlar A.N., Addison R.C.* Acoustic diffraction spectrum of a SiC fiber in a solid elastic medium// J. Acoust. Soc. Am., 1997. –V.94 – P.1126–1135, 1933.

Стаття надійшла до редакції 12 березня 1998 року.

**Тетяна Юрійвна Шкварницька** (1971) аспірант кафедри електромеханіки та світлотехніки Київського міжнародного університету цивільної авіації. В 1994 році закінчила з відзнакою Київський політехнічний інститут. Має 10 наукових публікацій у різних галузях. Науковий напрямок – неруйнівний контроль авіаційного обладнання акустичними методами.

**Tetiana Yu. Shkvarnytska** (b.1971) graduated from Kyiv Polytechnical Institute (1994), post-graduate of Electromechanical and lightning equipment Department of Kyiv International University of Civil Aviation. Author of 10 publications in various fields. Works in the field of undestructible control of aviation equipment by acoustic methods.

