АКУСТИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ

Том XXXI 1985 Вып. 2

КРАТКИЕ СООБЩЕНИЯ

УДК 534.833

К ВОПРОСУ О ПОТЕНЦИАЛАХ ВОЗБУЖДЕНИЯ ИЗЛУЧАТЕЛЕЙ, ОБЕСПЕЧИВАЮЩИХ С ЗАДАННОЙ ВЕРОЯТНОСТЬЮ МАКСИМАЛЬНЫЙ ЭФФЕКТ КОМПЕНСАЦИИ ВИБРОАКУСТИЧЕСКОГО ПОЛЯ

Анфиногентов В. И., Любашевский Г. С., Тартаковский Б. Д., Чони Ю. И.

В работе [1] исследовалось влияние случайных погрешностей воспроизведения потенциалов возбуждения излучателей на эффективность компенсации (гашения) виброакустического поля, возбуждаемого гармоническим источником в линейной конструкции или среде. Было указано, что максимальный в среднем эффект компенсации определяется формулой

$$M[\sigma^2]=\|A\mathbf{U}_{\text{опт}}-\mathbf{z}_0\|^2+\varepsilon^2\|\mathbf{U}_{\text{опт}}\|^2\,\mathrm{tr}\,(ARA^*)/N \qquad (1)$$

и достигается при распределении потенциалов возбуждения излучателей по закону

$$\mathbf{U}_{\text{опт}}=[A^*A+\varepsilon^2\,\mathrm{tr}\,(ARA^*)/N\cdot E]^{-1}A^*\mathbf{z}_0, \qquad (2)$$

где $\mathbf{U}_{\text{опт}}$ – N-мерный вектор, элементами которого являются оптимальные комплексные потенциалы возбуждения компенсирующих излучателей; A – матрица размерности $M\times N$, элементами которой являются комплексные коэффициенты передачи от n-го излучателя $(n=1, N)$ в m-ю точку контроля $(m=1, M)$, A^* – матрица, эрмитово сопряженная матрице A, ε – относительная погрешность вектора потенциалов возбуждения излучателей, R – матрица размерности $N\times N$, элементами которой являются коэффициенты корреляции погрешностей потенциалов возбуждения излучателей, E – единичная матрица, $\mathbf{z}_0$ – M-мерный вектор компенсируемого виброакустического поля, элементами которого являются комплексные амплитуды колебаний в точках контроля. Разброс эффекта компенсации σ^2 около среднего значения $M[\sigma^2]$ характеризуется дисперсией, которая, как показано в работе [1], составляет величину

$$D[\sigma^2]=\frac{\varepsilon_2}{N}\|\mathbf{U}_{\text{опт}}\|^2\,\mathrm{tr}(ARA^*)\left[2\|A\mathbf{U}_{\text{опт}}-\mathbf{z}_0\|^2+\frac{\varepsilon_2}{N}\|\mathbf{U}_{\text{опт}}\|^2\,\mathrm{tr}(ARA^*)\right]. \qquad (3)$$

В отдельных актах реализации оптимального распределения потенциалов возбуждения $\mathbf{U}_{\text{опт}}$ из-за наличия погрешностей эффект компенсации σ^2 оказывается как больше, так и меньше среднего значения $M[\sigma^2]$. Ясно, что лишь с вероятностью $P_0\approx0{,}5$ эффект компенсации не хуже математического среднего $M[\sigma^2]$. Более достоверной оценкой достижимого эффекта компенсации является такая величина $\sigma_{\text{р}}^2$, которую можно обеспечить с заданной вероятностью P_0, близкой к единице. Значение $\sigma_{\text{р}}^2$ можно представить в следующем виде:

$$\sigma_{\text{р}}^2=M[\sigma^2]+\alpha(D[\sigma^2])^{0,5}, \qquad (4)$$

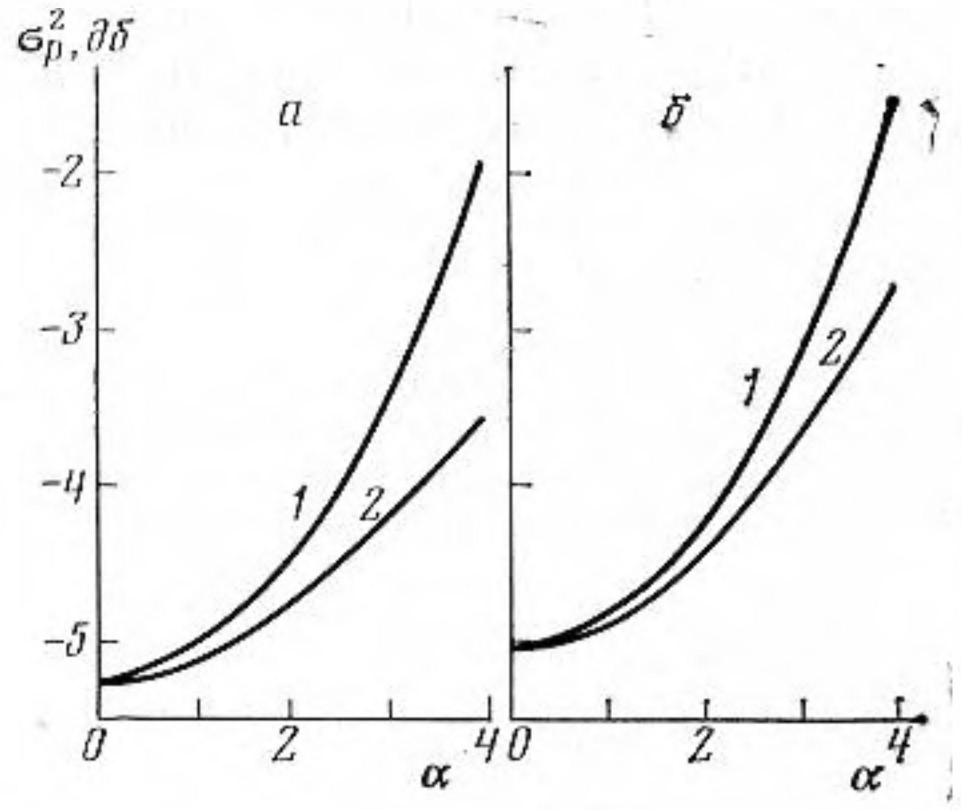
где коэффициент α является монотонной функцией вероятности P_0. Для произвольного закона распределения эффекта компенсации σ^2 оценку снизу для вероятности P_0 дает при $\alpha>1$ неравенство Чебышева [2], согласно которому эффект компенсации σ^2 не превышает величину $\sigma_{\text{р}}^2$ с вероятностью $P_0>(\alpha^2-1)/\alpha^2$. Таким образом, существующая связь между значением вероятности P_0 и параметром α позволяет для любого распределения потенциалов возбуждения $\mathbf{U}$ компенсирующих излучателей определить обеспечиваемую с заданной вероятностью P_0 величину эффекта компенсации $\sigma_{\text{р}}^2$.

Распределение потенциалов возбуждения излучателей $\mathbf{U}_{\text{р}}$, которому соответствует максимальный эффект компенсации $\sigma_{\text{р}}^2$, обеспечиваемый с заданной вероятностью P_0, является решением следующей задачи нелинейного программирования: при заданной вероятности P_0 найти распределение потенциалов возбуждения $\mathbf{U}_{\text{р}}$, соответствующее условию

$$\min_{\mathbf{U}} M[\sigma^2(\mathbf{U})]+\alpha(D[\sigma^2(\mathbf{U})])^{0,5}=M[\sigma^2(\mathbf{U}_{\text{р}})]+\alpha(D[\sigma^2(\mathbf{U}_{\text{р}})])^{0,5}. \qquad (5)$$

Для ее решения используется метод сопряженных градиентов, причем в качестве начального приближения выбирается распределение потенциалов возбуждения $\mathbf{U}_{\text{р}}=\mathbf{U}_{\text{опт}}$. Очевидно, что распределение потенциалов возбуждения $\mathbf{U}_{\text{р}}$ при $\alpha>0$ не совпадает с распределением потенциалов возбуждения $\mathbf{U}_{\text{опт}}$.

Для примера рассмотрим результаты синтеза системы компенсации поля излучения монопольного источника, расположенного на границе полубесконечной среды. Система компенсации состоит из восьми пар монопольных излучателей, расположенных на границе полубесконечной среды симметрично относительно источника на волновых расстояниях $n\pi/2$ ($n=\overline{1,8}$). Поле излучения монопольного источника компенсируется в центральном секторе с углом 10° при условии неизменности поля в остальном секторе углов. На фиг. 1 приводятся зависимости величины эффекта компенсации σ_p^2 от значения параметра α при различных значениях ε (за 0 дБ принята мощность излучения источника). Из приведенных результатов расчета следует, что при оптимизации распределения потенциалов возбуждения U_p достигается



Зависимость величины эффекта компенсации σ_p^2 от параметра α при $\varepsilon=0{,}05$ – *а* и $\varepsilon=0{,}1$ – *б*. *1* – решение (2), обеспечивающее наилучший эффект компенсации в среднем; *2* – решение (5), обеспечивающее наилучший эффект компенсации с вероятностью $P_0(\alpha)$

выигрыш эффекта компенсации, определяемый расстоянием между кривыми 1, 2 и увеличивающийся с ростом α. Так, при $\alpha=2$ ($P_0>0{,}75$) и $\alpha=4$ ($P_0>0{,}94$) выигрыш эффекта компенсации составляет соответственно 0,25 и 1,60 дБ при $\varepsilon=0{,}05$, а также 0,17 и 0,92 дБ при $\varepsilon=0{,}1$.

Таким образом, оптимальные потенциалы возбуждения компенсирующих излучателей, найденные с учетом заданной вероятности максимального эффекта компенсации виброакустического поля, позволяют увеличить эффект компенсации.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Анфиногентов В. И., Любашевский Г. С., Тартаковский Б. Д., Чони Ю. И.* Об оптимальном распределении потенциалов возбуждения излучателей при синтезе систем компенсации виброакустических полей.– Акуст. журн., 1983, т. 29, № 6, с. 728–732.
2. *Вентцель Е. О.* Теория вероятности. М.: Наука, 1969.

Акустический институт им. Н. Н. Андреева
Академии наук СССР
Казанский авиационный институт
им. А. Н. Туполева

Поступило в редакцию
5.VII.1983

УДК 534.24

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ КЛИНОВЫХ АКУСТИЧЕСКИХ ВОЛН

Боженко В. В., Иванов-Шиц К. М., Случ М. И., Солодов И. Ю.

Функциональные возможности устройств акустоэлектроники и акустооптики во многом определяются разнообразием характеристик используемых акустических волн. Среди различных типов акустических волн в последнее время привлекают внимание клиновые волны [1] – неоднородные возмущения, локализованные вблизи ребра двугранного угла. Для этих волн характерно отсутствие дисперсии, а их скорость может быть значительно меньше, скорости поверхностных (релеевских) волн. Исследование характеристик клиновых волн проводилось в основном в теоретическом плане. В общем случае получить точное аналитическое решение задачи волнового распространения в твердом клине не удается, поэтому для нахождения характеристик клиновых акустических волн используются численные расчеты методом конечных элементов [2] или приближенные аналитические подходы [3, 4]. В результате получены приближенные формулы для расчета фазовой скорости антисимметричных мод клина, наиболее употребительная из которых имеет вид [1]

$$v_m \simeq v_R \sin(m\alpha), \qquad (1)$$