

занными значениями параметров m , n_0 и α относятся к типу алевритовых [6]. Параметры A и a , определяющие уровень силы рассеяния, подбирались так, что расхождение расчетных и экспериментальных данных было минимальным. Как видно из фиг. 1, 2, экспериментальные и теоретические данные хорошо согласуются (различие не превышает 3 дБ при всех рассмотренных углах и частотах).

ЛИТЕРАТУРА

1. Житковский Ю. Ю. Рассеяние звука неоднородностями грунта дна океана. — Изв. АН СССР. Физ. атм. и океана, 1968, т. 4, № 5, с. 567–571.
2. Лысанов Ю. П. О геоакустической модели верхнего слоя осадков в мелких морях. — Докл. АН СССР, 1980, т. 251, № 3, с. 714–716.
3. Ивакин А. Н. О рассеянии звука многомасштабными неоднородностями подводного грунта. — Океанология, 1981, т. 21, № 1, с. 42–44.
4. Ивакин А. Н., Лысанов Ю. П. К теории рассеяния звука случайными неоднородностями подводного грунта. — Акуст. журн., 1981, т. 27, № 1, с. 110–115.
5. Лысанов Ю. П., Ивакин А. Н. Рассеяние звука случайными неоднородностями подводного грунта (геоакустические статистические модели). — Тр. IV сем. «Акустические статистические модели океана». М.: АКИН, 1982, с. 60–73.
6. Бунчук А. В., Житковский Ю. Ю. Рассеяние звука дном океана в мелководных районах (обзор). — Акуст. журн., 1980, т. 26, № 5, с. 641–654.
7. Zhou Jixun, Guan Dinghua, Shang Erchang, Luo Ensheng. Long-range reverberation and bottom scattering strength in shallow water. — Chinese J. Acous., 1982, v. 1, № 1, p. 54–63.
8. Ивакин А. Н. Рассеяние звука неоднородностями подводного грунта и малыми неровностями его поверхности. — Вопросы судостроения. Сер. Акустика, 1983, № 17, с. 20–25.

Акустический институт
им. Н. Н. Андреева
Академии наук СССР

Поступило в редакцию
14.XII.1983

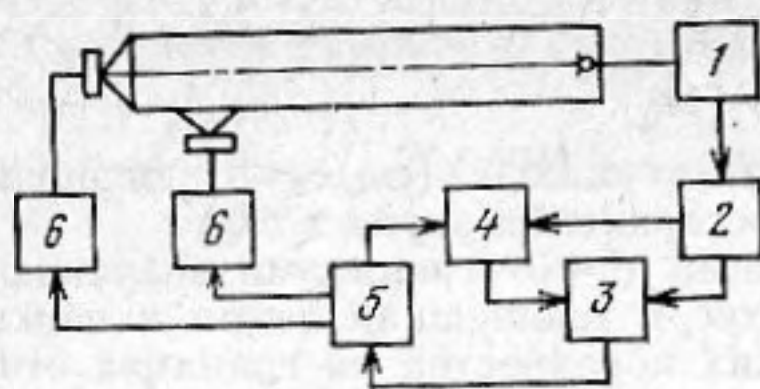
УДК 534.38

АКТИВНОЕ ГАШЕНИЕ ЗВУКОВЫХ ПОЛЕЙ В ВОЗДУХОВОДЕ

Иванов Я. Й.

В настоящей работе рассматривается задача активного гашения полигармонических акустических полей с использованием ЭВМ [1–3]. Модель объекта управления в частотной области представляется в виде векторного уравнения $Y^k = WX^{k-1} + N^k$, где Y и X — векторы коэффициентов Фурье выходного и входного электрических сигналов соответственно, k — номер интервала стационарности, W — вектор частотной характеристики системы активного гашения, N — вектор коэффициентов Фурье сигнала, характеризующего звуковое поле, которое будет скомпенсировано полем $S^k = WX^k$, создаваемым системой активного гашения, параметры которого определяются так, чтобы выполнялось условие полной компенсации $Y^k = 0$. Задача гашения сводится к идентификации вектора W , заданию амплитуды $|X^k| = W^{-1} \sqrt{\text{Re}^2 \Omega + \text{Im}^2 \Omega}$ и фазы $\varphi_x^k = \text{arctg}(\text{Im} \Omega / \text{Re} \Omega) + \pi - \varphi_w$ сигнала входного воздействия, где $\Omega = Y^k - S^{k-1}$ и к оптимизации процесса гашения в интервале стационарности k путем итерационного изменения параметров вектора X^k . Получение оценок \bar{W} вектора $W = \bar{W} + \delta W$ (δW — вектор абсолютной погрешности идентификации, зависящий от погрешности δX и δS измерения параметров входного и выходного сигналов) имеет важное значение для последующего управления процессом гашения. Для вектора δW можно получить выражение $\delta W = (\Delta_1 - W \Delta_2) / (1 + \Delta_2)$, где $\Delta_1 = \delta S / \bar{X}$, $\Delta_2 = \delta X / \bar{X}$, а \bar{X} — оценка параметров входного сигнала. Рассмотрим следующие идеализированные случаи: отсутствуют ошибки в измерении параметров выходного сигнала, т. е. $\delta S = 0$, тогда для амплитуды и фазы погрешности частотной характеристики получаем $|\delta W| = |\bar{W}| \Delta_2 / (1 + \Delta_2^2 + 2\Delta_2 \cos \gamma)$, $\delta \varphi_w = \varphi_w + \pi - \text{arctg}[\sin \gamma / (\Delta_2 - \cos \gamma)]$, где $\gamma = \bar{\varphi}_x - \delta \varphi_x$; отсутствуют ошибки в задании параметров входного сигнала, т. е. $\delta X = 0$, тогда $|\delta W| = \Delta_1$, $\delta \varphi_w = \delta \varphi_s - \bar{\varphi}_x$. При больших значениях амплитуд входного сигнала ($\Delta_1, \Delta_2 \rightarrow 0$) основной вклад в погрешность идентификации объекта управления вносит ошибка в определении фаз выходного и входного сигналов. При малых значениях амплитуд входного сигнала погрешность идентификации обусловлена главным образом неточностью измерения амплитуд. Эти обстоятельства определяют конкретные требования к точности измерения и задания амплитуд и фаз выходного и входного сигналов и к способам оптимизации алгоритма управления системой активного гашения. В случае нестационарного исходного звукового поля управления системой гашения возможно лишь при условии, что время управления существенно меньше интервала стационарности.

Описанная выше система активного гашения акустических полей была реализована при экспериментальных исследованиях с использованием опытной установки,

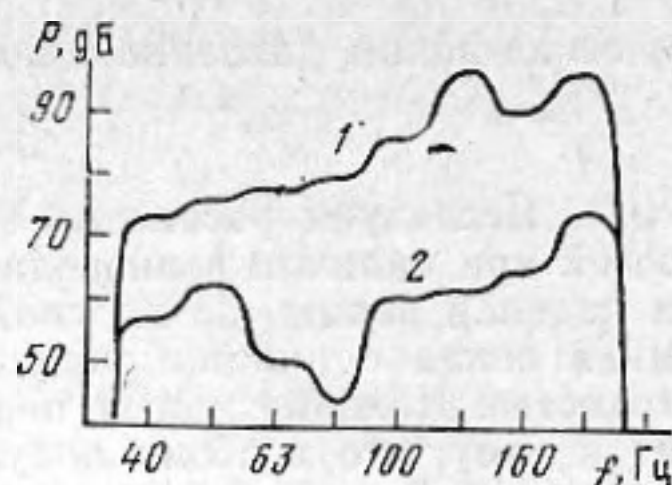


Фиг. 1

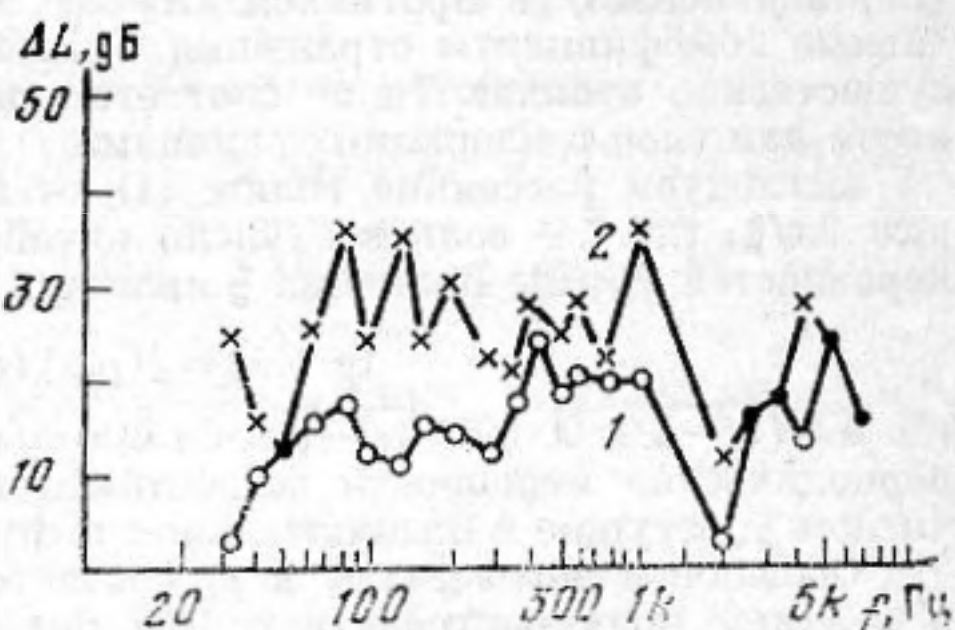
Фиг. 1. Экспериментальная установка. 1 — фильтр частот, 2 — измерительный усилитель, 3 — ЭВМ, 4 — фазомер, 5 — опытная установка, 6 — усилитель

Фиг. 2. Степень гашения моногармонических звуковых полей. $\Delta L = 10 \lg (|N|^2 / |N+S|^2)$, 1 — до итерации, 2 — после итерации

Фиг. 3. Гашение полигармонического акустического поля. 1, 2 — уровни звукового давления исходного поля до и после включения системы гашения соответственно



Фиг. 3



Фиг. 2

состоящей из восьми неавтономных узкополосных подсистем, работающих параллельно (фиг. 1). В первом эксперименте источник исходного поля создавал моногармонические акустические поля. При стабильных амплитудах и фазах степень гашения находится в диапазоне от 13 до 40 дБ (среднее значение 25 дБ) на частотах в диапазоне от 31 до 6300 Гц (фиг. 2). Во втором эксперименте возбуждалось полигармоническое акустическое поле в полосе от 40 до 200 Гц. Эффективность системы гашения превышает 20 дБ (фиг. 3).

Использование ЭВМ в системах активного гашения позволяет реализовать необходимую передаточную функцию, что приводит к увеличению рабочего частотного диапазона по сравнению с аналоговыми системами [4].

ЛИТЕРАТУРА

1. Burgess J. C. Active adaptive sound control in a duct: A computer simulation.— J. Acoust. Soc. Amer., 1981, v. 70, № 3, p. 715–726.
2. Ross C. F. Application of digital filtering to active control of sound.— Acustica, 1982, v. 51, № 2, p. 135–140.
3. Анфиногентов В. И., Любашевский Г. С., Тартаковский Б. Д., Филиппов В. Е., Чони Ю. И. Алгоритм управления системой компенсации виброакустических полей.— Акуст. журн., 1980, т. 24, № 4, с. 611–612.
4. Мазаников А. А., Тютюкин В. В. Об эффективности и устойчивости автономных акустических систем гашения звука.— Акуст. журн., 1978, т. 24, № 5, с. 788–791.

Киевский институт инженеров
гражданской авиации

Поступило в редакцию
19.XII.1983

УДК 534.26

РЕЗОНАНСНОЕ ОТРАЖЕНИЕ ЗВУКА ОТ СЛОЯ С НЕРОВНЫМИ ГРАНИЦАМИ

Лавин А. Д.

Рассмотрим однородный жидкий слой, лежащий между однородными жидкими полупространствами с одинаковыми средами. Примем, что верхняя граница этого слоя гладкая и совпадает с координатной плоскостью $z=h$, а нижняя граница неровная и описывается уравнением $z=\zeta(x) \equiv a \cos(\beta x)$, где a и $2\pi/\beta$ — соответственно амплитуда и период неровностей, $\beta a \ll 1$. Обозначим через c_0 и c соответственно скорости звука в средах слоя и полупространств и будем считать, что выполняется соотношение $c_0 < c$. Пусть из нижнего полупространства на слой падает плоская