

Когда требуется высокая разрешающая способность анализа, применяют последовательный З. а. (метод гетеродина, при к-ром с помощью спец. генератора (гетеродина) и нелинейного элемента получают электр. напряжение с разностной $f_r - f_c$ (или суммарной $f_r + f_c$) частотой, где f_r — частота гетеродина, f_c — частота сигнала. Полосный фильтр шириной Δf настроен при этом на нек-рую фиксированную частоту f_n . Меняя f_r , добиваются, чтобы все частотные составляющие сигнала последовательно образовывали с f_r разностную частоту $f_r - f_c = f_n \pm \Delta f/2$. Зависимость напряжения на выходе фильтра от частоты даёт амплитудно-частотный спектр звука. Анализаторы гетеродинного типа проводят З. а. с пост. шириной полосы.

Частотные спектры многих практически важных звуков (речь, звуки голосов животных, шум машин и механизмов при изменении режима работы) изменяются во времени. Чтобы проследить эти изменения, применяют частотно-временной, или сонографический, анализ (рис. 3). Частотные спектры, полученные за последовательные интервалы времени, отображаются

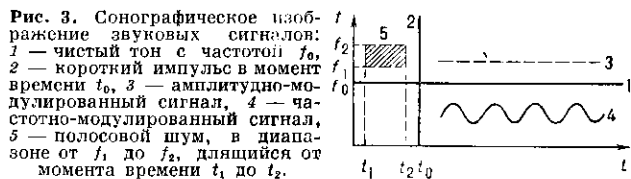


Рис. 3. Сонографическое изображение звуковых сигналов: 1 — чистый тон с частотой f_0 , 2 — короткий импульс в момент времени t_0 , 3 — амплитудно-модулированный сигнал, 4 — частотно-модулированный сигнал, 5 — полосовой шум, в диапазоне от f_1 до f_2 , длящийся от момента времени t_1 до t_2 .

на спец. электрочувствит. бумаге в координатах «частота—время». Степень почернения бумаги характеризует значение спектральной составляющей $a(f)$ на данном интервале времени.

Для З. а. наряду с аналоговыми методами, основанными на применении фильтров, гетеродинных анализаторов, сонографов, в настоящее время широко применяются численные методы с использованием ЭВМ. Применение ЭВМ позволяет выполнять как частотный, так и временной З. а.; возможно также разложение звукового сигнала по другим функциям, отличным от синусоидальных.

З. а. применяют при изучении свойств источников звука, среды его распространения, при обнаружении звукового сигнала на фоне других мешающих звуков, при распознавании звукового сигнала и т. п. Напр., анализируя звуки животных, можно выяснить биол. назначение этих звуков. Наблюдая изменение спектров звука с расстоянием, выявляют способность воздушной или водной среды проводить, поглощать и рассеивать звук. Сопоставляя спектры шумов сердца у больных людей с характером заболевания, выполняют акустич. диагностику сердца. З. а. полезен при борьбе с шумом и вибрациями на произ-ве и транспорте. Напр., зная спектр шума автомобильного двигателя, можно рассчитать рациональную конструкцию глушителя. Знание спектров речевых и музыкальных звуков позволяет правильно выбрать частотную характеристику электроакустич. передающих трактов, обеспечивающих требуемое качество воспроизведения звука. На основе З. а. работают системы автоматич. распознавания речи.

Для анализа случайных звуковых сигналов применяют корреляционный анализ (см. *Корреляция*), позволяющий определить степень статистич. взаимосвязи либо одного и того же сигнала p_1 , но в разл. моменты времени, отстоящие на интервал τ , либо разных звуковых сигналов p_1 и p_2 , напр. звукового поля в разных точках пространства. В первом случае эта связь характеризуется автокорреляционной ф-цией:

$$R_{11}(\tau) = \frac{1}{2T} \int_{-T}^T p_1(t) p_1(t-\tau) dt,$$

во втором — взаимно-корреляционной ф-цией:

$$R_{12}(\tau) = \frac{1}{2T} \int_{-T}^T p_1(t) p_2(t-\tau) dt$$

(здесь T — временной интервал, за к-рый проводится анализ). Методами корреляционного анализа решаются такие задачи, как предсказание характера изменения процесса во времени, выделение слабых акустич. сигналов на фоне помех, измерение искажений вешательных сигналов при их передаче электроакустич. системой и др. По корреляционным функциям могут быть найдены многие физ. характеристики акустич. процессов, систем и звуковых полей, представляющие практич. интерес.

З. а. в живой природе производится слуховыми органами животных, причём чем выше на ступени эволюц. лестницы находится животное, тем изощрённее его З. а. Так, слух насекомых анализирует звук только по его временной структуре, тогда как амфибии и млекопитающие (включая человека) имеют развитую систему З. а.: частотного (параллельного на улитке органа слуха) и частотно-временного (в нейронных структурах головного мозга). Наиб. развитыми формами З. а. обладают эхолоцирующие животные (дельфины, летучие мыши), к-рые, излучая зондирующие импульсы и сравнивая их спектры со спектрами эхосигналов от разных объектов в среде, оценивают свойства объектов (напр., съедобный—несъедобный), их размер, форму, внутр. структуру, расстояние и скорость движения объекта.

Лит.: Харкевич А. А., Спектры и анализ, 4 изд., М., 1962; Френкс Л., Теория сигналов, пер. с англ., М., 1974; Скучик Е., Основы акустики, пер. с англ., т. 1, М., 1976; Белькович В. М., Дубровский Н. А., Сенсорные основы ориентации китообразных, Л., 1976.

Н. А. Дубровский.

ЗВУКОВИДЕНИЕ — получение оптически видимых изображений предметов с помощью акустич. волн. В зависимости от назначения и используемого диапазона частот применяют устройства З., основанные на след. принципах.

Линзовое З., при к-ром для построения акустич. изображения предмета используется звуковая оптика (*линзы акустические*). Предмет 3 «освещается» звуковым пучком от излучателя 2 (рис. 1), а акустич. линза 4 создаёт звуковое изображение предмета в нек-рой плоскости, где устанавливается пространств.

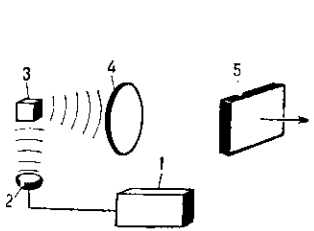


Рис. 1. Принцип линзового звуковидения: 1 — УЗ-генератор; 2 — излучатель; 3 — предмет; 4 — акустическая линза (объектив); 5 — акустический пространственный детектор с электрическим или оптическим преобразованием сигнала.

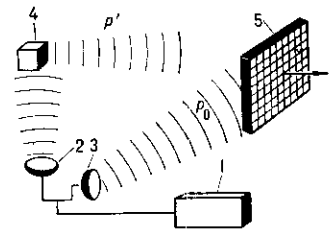


Рис. 2. Принцип голографического звуковидения: 1 — УЗ-генератор; 2, 3 — излучатели; 4 — предмет; 5 — акустический пространственный детектор.

детектор 5, преобразующий распределение поля давлений либо непосредственно в оптич. изображение, либо в электр. сигнал с последующим преобразованием в оптич. изображение.

Голографическое З. использует принцип голографии (рис. 2) и не нуждается в звуковой оптике. Помимо рассеянного предметом поля p' на плоскости пространств. детектора 5 направляется т. н. опорная звуковая волна p_0 . Возникающая интерференц. картина стоячих волн (акустич. голограмма) регистриру-