

УСПЕХИ ФИЗИЧЕСКИХ НАУКСОВЕЩАНИЯ И КОНФЕРЕНЦИИ**НАУЧНОЕ СОВЕЩАНИЕ ПО ЭЛЕКТРОАКУСТИКЕ**

С 1 по 5 июля 1955 г. в Киеве проходило научное совещание по электроакустике, созданное Комиссией по акустике АН СССР, Акустическим институтом АН СССР и Киевским ордена Ленина политехническим институтом.

На совещании было заслушано 17 докладов, большая часть которых касалась актуальных задач современной электроакустики — вопросов распространения и излучения звука, слышимости и измерения нелинейных искажений при звуковоспроизведении, теории и экспериментального исследования звуконосителей и магнитной записи. С особым вниманием совещанием были заслушаны доклады о новых методах и приборах для ряда электроакустических измерений, а также доклад о биологическом действии ультразвука.

По ряду докладов была развёрнута дискуссия. Совещание приняло решение по вопросам развития отдельных направлений в области электроакустики, а также рекомендации по вопросам выпуска электроакустической измерительной аппаратуры.

Л. М. Бреховских в докладе «Современное состояние теории распространения звуковых волн» дал широкий обзор работ, выполненных в этой области в СССР и за рубежом в течение последних 10—15 лет. Остановившись на вопросах расчёта поля сосредоточенного излучателя вблизи границы раздела сред, он отметил ошибочные представления Ценнека, согласно которым звуковое давление при удалении от излучателя вдоль поглощающей границы убывает с расстоянием по экспоненциальному закону. Докладчиком и независимо Оттом было строго показано, что в действительности звуковое давление убывает обратно пропорционально квадрату расстояния. Этот вывод был в докладе также получен весьма наглядным приближённым методом. Развитая теория позволяет правильно рассчитать распространение звуковых волн над головами зрителей в зрительном зале и решать другие практически важные задачи.

В случае, когда на границу падает не плоская, а расходящаяся волна и скорость звука в нижней среде больше, чем скорость звука в верхней, в последней появляется боковая волна (в сейсмологии «головная преломлённая» или «минтруповская» волна), являющаяся своеобразным проявлением полного внутреннего отражения в нижней среде. Возникновение боковой волны легко проследить при распространении звукового импульса. Импульс, распространяющийся по нижней среде, опережает импульс, распространяющийся в верхней среде, и даёт на границе излучение в верхнюю среду в виде боковой волны. Хотя для этой волны теряет смысл переход к приближению геометрической оптики, однако

многие её свойства могут быть поняты из лучевых представлений. В частности, положение фронта волны определяется на основании принципа Ферма как геометрическое место точек, для которых суммарная длина «оптических» путей лучей, распространяющихся частично в верхней, частично в нижней среде, является минимальной. Интересно, что если учесть смещение лучей при отражении от границы, то может быть получено и выражение для амплитуды боковой волны как функции расстояния.

Далее Л. М. Бреховских дал обзор полученных за последние годы данных о распространении волн в слоях, отметив, что в настоящее время имеется полная теория распространения звуковых волн в системе плоскопараллельных слоёв с любыми границами раздела. В такой среде устанавливается единая система нормальных волн, основные характеристики которых — фазовая скорость распространения вдоль слоя и коэффициент затухания — могут быть найдены из так называемого дисперсионного уравнения. Коэффициенты возбуждения каждой из нормальных волн определяются местоположением излучателя.

Докладчик остановился на вопросах теории сверхдальнего распространения звука в подводном звуковом канале — явления, открытого в СССР Л. Д. Розенбергом и объяснённого докладчиком в 1946 г., а в Америке, согласно послевоенной публикации, ещё в годы войны. Звуковой волновод существует и в атмосфере, где он образуется благодаря инверсии температуры на высотах порядка 30—50 км. Так как ширина звуковых волноводов, как правило, очень велика по сравнению с длиной волны, в теории их имеют большое значение лучевые и родственные им приближённые методы.

Большой практический интерес для просветления звуковых фокусирующих систем и для слоистой звукоизоляции представляют задачи распространения акустических плоских волн через совокупность однородных слоёв или слоёв с непрерывно изменяющимися параметрами. Докладчик отметил, что хотя решения таких задач довольно громоздки, но в настоящее время теория может считаться хорошо разработанной как в случае однородных жидких, так и твёрдых слоёв. Развита приближённая методика расчёта отражения волн от слоёв с непрерывно изменяющимися параметрами как в случае тонких, так и толстых по сравнению с длиной слоёв.

В докладе были также рассмотрены вопросы отражения ограниченных пучков и импульсов и отражения от неровной поверхности, а также вопросы распространения звуков в статистически неоднородных средах.

С. М. Рытов исследовал акустические свойства мелкослойной среды. Среда, состоящая из чередующихся слоёв двух однородных материалов, «в среднем», т. е. для достаточно тонких слоёв, ведёт себя как однородная, но анизотропная. Тонкость слоёв означает, что их толщины малы по сравнению с длинами волн сжатия и сдвига в их материалах.

Если слои чередуются периодически, то задача о распространении волн в такой среде приводится к решению волнового уравнения с периодическими коэффициентами, а предельный переход даёт решение для мелкослойной среды.

Таким путём автором была ранее решена задача для случая электромагнитных волн и было показано, что мелкослойная среда обладает свойствами одноосного кристалла. Для упругих волн среда оказывается кристаллом гексагональной симметрии, т. е. характеризуется пятью упругими модулями. Получены выражения для этих модулей (и для соответствующих скоростей распространения волн сжатия и сдвига в направлениях вдоль по слоям и перпендикулярно к ним) через плотности и упругие постоянные материалы обоих компонент. Выражения для квадратов пяти скоростей (две волны сжатия и три волны сдвига) совпадают с ре-

зультатами Уайта и Ангона (J. E. White a F. A. Angona, J. ASA 27, 311, 1955), найденными другим методом: рассмотрением статической деформации кубика, вырезанного из мелкослойной среды.

В предельном случае тонких слоёв периодичность их чередования уже не существенна, т. е. толщины слоёв могут сменяться произвольным образом, но, конечно, с сохранением условия их малости. В окончательные формулы входят только относительные толщины обоих материалов.

Кроме случая двух твёрдых материалов, рассмотрен также случай чередования твёрдых и жидких слоёв. Характер анизотропии здесь тот же, но для волн сжатия, бегущих вдоль по слоям, оказываются возможными две скорости распространения, а волны сдвига со смещениями поперёк слоёв при распространении вдоль по слоям и со смещениями вдоль слоёв при распространении перпендикулярно к ним имеют нулевую скорость.

Этот результат справедлив в первом приближении, когда жидкость считается идеальной.

Учёт потерь в твёрдых материалах и вязкости жидкости позволяет получить наряду со скоростями распространения соответствующие коэффициенты поглощения волн различных типов.

Искусственные анизотропные материалы, изготовление которых в общем несложно, могут обладать чрезвычайно разнообразными свойствами и возможности их применения сейчас ещё трудно предвидеть во всей полноте. Одним из применений может быть виброизоляция в широком диапазоне частот. Изложенная теория позволяет предвычислять свойства искусственных анизотропных материалов.

Совещанию был представлен доклад А. В. Римского-Корсакова «Исследование слышимости нелинейных искажений при передаче музыки и речи электроакустическим трактом», содержащий обзор исследований слышимости нелинейных искажений; исследования выполнялись на кафедре радиовещания и акустики Ленинградского электротехнического института связи им. Бонч-Бруевича в 1953—1955 гг. под руководством автора. Была разработана аппаратура, позволяющая вводить в электроакустический звуковоспроизводящий тракт различные виды нелинейности в заданных дозах. Были измерены пороги заметности и негерцимости искажений, определены средние значения и вероятные отклонения для разнохарактерного звукового материала. Это позволило составить ориентировочные нормы допускаемых искажений для различных классов электроакустической передачи.

Сделав некоторые допущения относительно характера основного звукового сигнала, докладчик рассчитал вероятность превышения амплитуды нелинейных искажений над порогом маскировки (определяемым основным сигналом и уровнем шумов аудитории). При этом он допустил, что сигнал представляет собой сумму колебаний со случайными амплитудами и фазами, плотность вероятности которых подчиняется нормальному закону распределения. Эти и некоторые другие допущения позволили автору рассчитать вероятность слышимости квадратичных искажений сигнала, энергетический спектр частот которого имеет постоянную спектральную плотность в пределах 100—5100 гц. Оказалось, что при клирфакторе 5% 15—19% всей передачи может оказаться испорченной заметными на слух искажениями.

Далее в докладе описывалась аппаратура для исследования законов распределения мгновенных значений радиовещательного сигнала и приводились некоторые полученные данные измерений, подтверждающие основательность предположений, положенных в основу расчёта.

А. Ф. Векленко рассказал об «Исследовании слышимости искажений типа взаимной модуляции». Общая картина искажений, сопут-

ствующих воспроизведению звукового материала (речь, музыка), весьма сложна. Чтобы упростить явления и подвергнуть исследованию отдельные детали отдельно, обычно испытывают звуковоспроизводящие системы одним или несколькими синусоидальными сигналами. Исследования такого рода могут, в частности, служить для предсказания оценки звуковоспроизводящей системы слушателями (при воспроизведении с её помощью обычного звукового материала).

Представляет особый интерес изучение слышимости отдельных разновидностей нелинейных искажений типа взаимной модуляции, возникающих при испытании систем сигналами упрощённой формы. Автором был использован метод сравнения: наблюдателям предлагалось ответить, заметно ли на слух какое-либо различие двух последовательно подаваемых сигналов. Давая для сравнения чистый тон и модулированный тон или же два тона, модулированных на различную глубину, можно было определять дифференциальные пороги различимости искажений этого вида. Не было отмечено явно выраженной частотной зависимости слышимости искажений при изменении частоты низшего тона в пределах от 20 до 200 *гц* и частоты высшего тона в пределах 1000—5000 *гц*. Величины порога различимости искажений не зависят заметным образом также и от абсолютного уровня искажений в пределах от 0 до 25% коэффициента взаимной модуляции. При прослушивании в условиях обычного кино-театрального зала наблюдатели отмечают изменение величины искажений на 2—3%. Так как испытание проводилось с небольшим числом наблюдателей, полученные результаты могут считаться лишь предварительными и подлежат уточнению. Докладчик считает, что оценивать уровни разного рода искажений целесообразно не с помощью численных значений соответствующих «коэффициентов искажений», а по уровню их дифференциальных порогов.

Доклад В. М. Вольфа «Нелинейное преобразование колебаний сложной формы» был посвящён разработке методики измерения нелинейности при помощи импульсов различной формы. Известно, что периодические импульсы применяют для изучения частотных и фазовых искажений в линейных четырёхполюсниках: распространив метод измерения импульсами на измерение нелинейности четырёхполюсника, автор видоизменил блок-схему метода динамического спектра (Радиотехника, № 2, 1953 г.), предложенного им ранее. Сущность метода сводится к следующему: из спектра колебания, поступающего на вход испытываемого четырёхполюсника, при помощи узкополосного заградительного фильтра удаляется некоторая полоса частот. На выходе четырёхполюсника при помощи соответственно настроенного полосового фильтра измеряется напряжение в полосе частот, которые были задержаны заградительным фильтром на входе.

Чем больше нелинейность четырёхполюсника, тем больший продукт нелинейности попадает в полосу частот, пропускать которую по диапазону частот, можно измерить продукт нелинейности и сигнал в заданном участке диапозона. За меру нелинейности принимается при этом отношение измеренных значений продукта нелинейности к сигналу.

При этом имеется в виду, что заградительный фильтр практически не искажает форму импульса. Исследованы продукты нелинейности в нелинейных системах вида $y = a_1 u(t) + a_2 u'(t)$ и при входном сигнале, представляющем периодическую последовательность треугольных, пилообразных, прямоугольных, экспоненциальных и колокольных импульсов равной высоты, симметричных относительно оси времени.

Докладчик нашёл, что:

а) При прочих равных условиях продукт нелинейности, образующийся в обеих нелинейных системах, зависит от формы сигнала. Наименьший

продукт нелинейности образуется при сигнале треугольной и пилообразной формы, наибольший — при сигнале прямоугольной формы.

б) Если в обеих рассматриваемых системах коэффициенты гармоник равны, то при любом из рассмотренных сигналов продукт нелинейности в системе с кубическим членом будет в 2,2—2,5 раза больше продукта нелинейности в системе с квадратичным членом. Применительно к звукопередающим системам это может служить объяснением экспериментально наблюдаемого факта более острого восприятия на слух нелинейных искажений речи, музыки и т. п. в системе с кубическим членом по сравнению с системой с квадратичным членом.

в) В случае испытаний при помощи импульсов прямоугольной формы линейные искажения в испытываемом четырёхполоснике (особенно в цепях, стоящих после нелинейного элемента) приводят к меньшей погрешности в оценке нелинейности, чем при измерениях другими методами.

г) При применении прямоугольных импульсов достаточная достоверность измерений может быть получена при фиксированной настройке фильтров, т. е. при измерении на одном участке диапазона частот. Это значительно упрощает измерительное устройство и саму процедуру измерений.

Таким образом, метод исследования четырёхполосников при помощи прямоугольных импульсов приобретает общность, становясь пригодным для оценки не только линейных свойств, но и для измерения нелинейности четырёхполосников.

Б. Д. Тартаковский доложил о звукофикации открытых пространств распределёнными системами говорителей. В таких системах (р. с. г.) малые по размерам говорители располагаются столь часто, что звучание отдельных говорителей перестаёт быть заметным и возникает ощущение «звучащего пространства». Уровень громкости в местах слушания становится более равномерным, уменьшается акустическая обратная связь между говорителями и микрофоном, возникает возможность некоторого подавления помех типа эхо. Эти и другие преимущества р. с. г. обусловили проведение экспериментальных исследований, целью которых было выяснить целесообразность её применения для звукофикации открытых пространств, в частности территории ВСХВ.

В 1951 г. было исследовано поле звуковых давлений р. с. г., выполненной в виде цепочки говорителей, установленных на мачтах. При этом изменялись расстояние между мачтами и высота подвеса. Исследовались ближняя и дальняя зоны при воспроизведении октавных полос сплошного шума, музыки и речи. Было найдено, что на расстояниях, превышающих половину шага цепочки, неравномерность уровня громкости на средних частотах не превышает 3 дБ и практически не замечается слушателем. Этот результат почти не зависит от абсолютных величин высоты подвеса и шага цепочки.

Привлечённая группа специалистов сопоставила в процессе текстовых испытаний качество звучания различных вариантов р. с. г., рассредоточенной и централизованной систем звукоусиления. За исключением двух лиц, все испытуемые признали преимущества р. с. г. и, в частности, нашли, что лучшей является р. с. г., характеризующаяся расстоянием 15—20 м между мачтами при высоте подвеса 5 м. Были также найдены оптимальные уровни громкости воспроизводимой речи и музыки при различных уровнях шумовых помех. Оказалось, что большинство предпочитает сравнительно небольшое усиление музыкальной передачи, а также и речи.

Применяемые теперь централизованные системы звукоусиления из-за значительной неравномерности уровня звукового давлений не могут обеспечить такой оптимальный уровень передачи на большей части озвучиваемой поверхности, тогда как р. с. г. позволяет в широких пределах управлять распределением уровней звукового давления по озвучиваемой площади

и резко ослаблять возможность образования эха от окружающих зданий. В результате исследований была подтверждена целесообразность предложения автора о применении р. с. г. для звукофикации территории ВСХВ. Такая система была спроектирована (главный инженер проекта С. И. Грачёв) и построена (главный инженер И. Н. Шамшин) в 1952—1953 гг.

Распределённая система говорителей, оборудованная на территории ВСХВ, содержит более 250 радиальных говорителей типа РГД-25 с круговой характеристикой направленности, специально выпущенных промышленностью для звукофикации ВСХВ. Они расположены в виде одной или нескольких цепочек вдоль аллей и кольцевидных цепочек на основных площадях.

Говорители РГД-25 размещены совместно со светильниками на мачтах и в световых объёмах либо расположены в виде торшеров попеременно с торшерами-светильниками. В процессе опытов были обнаружены некоторые интересные свойства р. с. г. (например, образование мнимых звуковых источников), в дальнейшем подвергшиеся специальному исследованию.

Сопоставление экспериментальных данных с теорией позволило установить пределы применимости энергетической теории р. с. г., развитой Л. Д. Розенбергом, а также апробировать некоторые простые методы расчёта р. с. г., предназначенных для звукофикации открытых пространств, предложенные автором.

В докладе М. И. Карновского «Частотные характеристики некоторых распределённых систем когерентных излучателей» исследованы взаимные влияния громкоговорителей при работе распределённых систем озвучания.

При расчётах распределённых систем звукофикации до сих пор не учитывалось взаимодействие громкоговорителей, приводящее к изменению сопротивления излучения отдельных говорителей. Однако при расположении когерентных излучателей на расстояниях, малых или сравнимых с длиной волны, сопротивление излучения излучателя в группе может существенно отличаться от сопротивления излучения изолированного излучателя. Поэтому, несмотря на то, что одиночные громкоговорители малых размеров плохо излучают низкие частоты, при достаточном близком расположении таких громкоговорителей друг от друга в распределённой системе возможно получение хорошей отдачи на низких частотах. Расстояние между излучателями в этом случае следует выбирать, исходя из необходимой величины коррекции частотной характеристики на низких частотах.

Докладчик вычислил значения активной составляющей сопротивления излучения некоторых групп примитивных сферических излучателей разных порядков и группы сложных сферических излучателей при излучении гармонических колебаний, а также сигналов, стационарных в вероятностном смысле и характеризующих коэффициентом автокорреляции. Были приведены численные значения вносимых сопротивлений для диполей, излучателей нулевого плюс первого порядка, так называемых акустических коллонн, излучателей, образующих плоскую квадратную решётку, и т. д.

Доклад М. В. Лауфера «Исследование методов измерения неравномерности движения звуконосителей» касался двух новых методов измерения частоты и коэффициента неравномерности движения носителя при записи сигналов. При фотографическом способе записи пригоден метод наложения фонограмм. На исследуемом аппарате записывается гармонический сигнал заданной частоты, негатив фонограммы разрезается на две части и затем фонограммы накладываются друг на друга так, чтобы зубчики их совместились. При неравномерном движении носителя фаза записанного колебания непрерывно и периодически меняется по закону

изменения скорости. При рассматривании совмещённых фонограмм через увеличительное устройство на просвет зубчики будут периодически сходиться и расходиться. По величине максимального расхождения зубчиков и расстоянию между точками совпадения могут быть вычислены коэффициент неравномерности и частота колебаний скорости носителя.

По другому методу «фазового детектора» на исследуемом аппарате записывается фотографическим или магнитным методом периодический (например, гармонический) сигнал заданной частоты. Полученная фонограмма воспроизводится при помощи двух рядов расположенных читающих элементов. Сигнал, воспроизводимый одним читающим элементом, запаздывает во времени по отношению к сигналу, воспроизводимому другим читающим элементом, на величину, равную отношению расстояния между читающими элементами к номинальной скорости носителя. Сигналы, возникающие в звукозаписывателях со сдвигом во времени, после предварительного усиления по двум каналам ограничиваются для устранения амплитудной модуляции и подаются на вход фазового детектора. На выходе фазового детектора после фильтра низкой частоты появляется переменное напряжение, представляющее собой огибающую биений входных сигналов. Амплитуда выходного напряжения пропорциональна коэффициенту неравномерности, а частота его — частоте колебаний скорости. После фильтра низкой частоты сигнал проходит через систему узкополосных фильтров и измеряется пиковым вольтметром. Таким образом, измеряются частоты колебаний скорости и коэффициенты неравномерности при любом законе колебаний скорости по каждой гармонической компоненте в отдельности. При магнитном методе записи может быть использована двоякая воспроизводящая магнитная головка с расстоянием между зазорами порядка $8 \div 10$ мк, которая устанавливается на месте записывающей или воспроизводящей головки.

Оба метода позволяют измерять коэффициент неравномерности порядка $0,01\%$ с точностью до $3-5\%$.

Р. Г. Офенгенден доложил о магнитной записи импульсов. Основными проблемами при магнитной записи импульсов в «блоках памяти» электронных вычислительных машин являются запись максимального числа импульсов на единице длины носителя и запись импульсов при больших частотах их следования. Максимально допустимое число записанных на единице длины носителя импульсов называется разрешающей способностью запоминающего устройства. Исследована зависимость разрешающей способности от отдельных параметров тракта при контактной и бесконтактной записях и показано, что с увеличением намагничивающей силы разрешающая способность уменьшается и одновременно увеличивается амплитуда выходного напряжения. Оптимальная величина передней шели головки при контактной записи около 10μ . Исследована также зависимость магнитного потока в воспроизводящей головке и выходного напряжения от зазора между носителем и головкой при записи единичных импульсов и показано, что с увеличением расстояния между носителем и головкой уменьшаются разрешающая способность и амплитуда выходного напряжения. Для определения влияния потерь из-за вихревых токов на разрешающую способность сняты воспроизводимые импульсы при различных скоростях носителя. При изменении скорости носителя от 2 до 23 м/сек заметного увеличения длины воспроизводимых импульсов не наблюдалось. Исследования проводились с ферритовыми головками и головками, собранными из пермаллоевых пластин.

Далее докладчик привёл результаты теоретического расчёта магнитного потока в воспроизводящей головке при записи единичных импульсов, показав, что магнитный поток в воспроизводящей головке от продольной составляющей интенсивности намагничивания равен потоку от поперечной составляющей интенсивности намагничивания при записи

единичных импульсов. Подробно исследованы соотношения для случая, когда расстояние между носителем и головкой больше ширины передней щели.

Изготовлена экспериментальная установка, на которой записаны импульсы при частотах следования до 130 кГц. Экспериментальные данные, полученные в 1950—1952 гг., в основном, совпадают с теоретическими.

В сообщении А. Г. Альмухамедова «Импульсный метод измерения неравномерности движения звуконосителя» говорилось о возможности измерений колебаний скорости движения носителя путём регистрации на электронном осциллографе колебаний времени запаздывания между импульсами, записываемыми на магнитной ленте, и соответствующими им воспроизводимыми импульсами. Время запаздывания обратно пропорционально скорости звуконосителя.

В докладе «Некоторые вопросы современной техники магнитной записи» Г. С. Векслер отметил, что магнитная запись почти полностью вытеснила все другие виды записи из радиовещания, успешно внедряется в кино, получила применение в качестве блока «магнитной памяти» в счётно-решающих устройствах и т. д. В 1954 г. была продемонстрирована запись на магнитной ленте телевизионных передач. Современная аппаратура магнитной записи позволяет при скорости 17,5 мм/сек обеспечить речевую передачу (до 2,5 кГц) и при скорости 95 мм/сек — передачу музыки (до 10 кГц) с динамическим диапазоном больше 65 дБ при коэффициенте нелинейных искажений порядка 2%. Одним из существенных звеньев тракта магнитной записи является носитель — лента, проволока. Ранее употреблялись сплошные проволоки из углеродистой стали ($B_r = 8000$ гс, $H_c = 20 - 30$ э), а затем порошковые ленты (для лент типа с $B_r = 400 - 500$ гс, $H_c = 100 - 180$ э). Незначительная величина H_c по сравнению с B_r для проволок приводила к существенному саморазмагничиванию носителя на высоких частотах. Завал на частоте 10 кГц даже при скорости 770 мм/сек составлял только по этой причине больше 20 дБ. Установилось мнение, что отдача на низких частотах определяется величиной B_r , а на высоких частотах — величиной H_c . Но, будучи справедливым для проволок, это совсем несправедливо для порошковых носителей — лент и проволочных носителей из нержавеющей стали, у которых H_c соизмеримо с B_r . Ошибочное представление о зависимости отдачи на высоких частотах для современных носителей, в основном от H_c , привело к поискам высококоэрцитивных лент с большим отношением $\frac{H_c}{B_r}$. Анализ

же показывает, что отношение $\frac{H_c}{B_r} = 0,2 \div 0,4$ вполне достаточно и дальнейшее его увеличение даёт прирост отдачи на высоких частотах меньше 2 дБ. При общем завале высоких частот в тракте порядка 17 дБ такой подъём не играет значительной роли. Имеет смысл делать высококоэрцитивные ленты при одновременном увеличении величины B_r , так чтобы $\frac{H_c}{B_r}$ оставалось в пределах $0,2 \div 0,4$. Это позволит получить возрастание отдачи на всех частотах при сохранении прежней частотной характеристики.

Далее докладчик остановился на вопросах контроля качества носителей магнитной записи. До настоящего времени контроль производится по электроакустическим параметрам, что требует сложной аппаратуры и позволяет из-за громоздкости проверять лишь небольшую долю изготовленной продукции. Значительно проще и удобнее производить контроль носителя по магнитным параметрам (для порошков — это единственный вид контроля), однако до сих пор ещё не удалось полностью установить

сложную взаимную зависимость между электроакустическими и магнитными свойствами носителя.

Измерение магнитных параметров носителей можно приблизить к действительным условиям их работы, производя исследования на установке, позволяющей учитывать характер поля у записывающей головки, амплитуды сигнала и ультразвукового смещения. Методика и аппаратура для таких исследований предлагались докладчиком ещё в 1951 г.

С. Г. Гершман доложила о приборе для измерения коэффициентов корреляции шумов, разработанном ею совместно с Е. Л. Файнбергом.

В связи с широким использованием корреляционных функций при анализе шумов возникает необходимость экспериментального определения параметров, используемых теорией. Одним из существенных с этой точки зрения параметров является коэффициент корреляции.

Разработанный прибор—коррелометр основан на измерении выходного эффекта, который пропорционален вероятности совпадения знаков мгновенных значений двух шумов, корреляция которых измеряется. Электрическая схема прибора использует преобразование входных напряжений в прямоугольные импульсы. Преобразователями являются два идентичных канала усиления с симметричным ограничением в каждом каскаде. Выходная часть схемы управляется электронным реле, срабатывающим только при одном заранее обусловленном сочетании знаков входных прямоугольных импульсов, которые имеют тот же знак, что и входные напряжения. Импульсы на выходе электронного реле, прямоугольные по форме, имеют длительности не больше, чем в каждом из каналов. После усреднения импульсов совпадения выходной ток, пропорциональный вероятности совпадения знаков на выходе, измеряют стрелочным индикатором или автоматическим регистратором.

Теория работы прибора даёт связь между вероятностью совпадения знаков входных напряжений с коэффициентом корреляции для шумов, обладающих нормальной корреляцией. Результаты теоретического анализа использованы для калибровки и оценки погрешностей измерения. Показано, что прибор может быть использован для ряда задач, например для измерения автокорреляции и взаимной корреляции шумов, для обнаружения слабого сигнала на фоне шумов и для различных измерений в звуковом поле. Докладчица привела пример экспериментального использования прибора—кривые автокорреляции (записи взаимной корреляции двух напряжений), которые являются в свою очередь суммами двух шумов (в одном случае для звуковых колебаний в двух точках закрытого помещения, в другом для колебаний в одной точке помещения и напряжения, подаваемого на громкоговоритель). С. Г. Гершман также дала оценку диффузности звукового поля в помещении и указала, что рассмотренными приборами не исчерпываются возможные применения прибора-коррелометра.

Н. Ф. Воллернер коснулся вопросов аппаратурного спектрального анализа. Результаты аналитического и экспериментального определения частотного спектра процесса $E(t)$ (t — время) не одинаковы. Это объясняется тем, что аналитический частотный спектр $E(\omega)$ (ω — круговая частота) является функционалом $E(t)$ (зависит от всех значений $E(t)$). Показания же частотных анализаторов — спектрометров — в каждый данный момент t_p определяются значениями $E(t)$ только в интервале от $t_1 - \Delta t$ до t (где

$\Delta t = \frac{1}{\Delta f_{ан}}$, $\Delta f_{ан}$ — полоса пропускания анализатора). Спектральный анализ физических процессов, выполняемый при помощи различных анализаторов, автор предложил называть аппаратурным спектральным анализом. В результате аппаратурного анализа получается мгновенный частотный спектр $u(t, \omega)$ — последовательность максимальных за время порядка Δt уровней на выходе набора фильтров, к которым подведено исследуемое напряжение.

При одинаковых уровнях энергетических спектров в зависимости от характера процесса (флюктуационный, импульсный и т. д.) мгновенные частотные спектры будут отличаться, т. е. результат аппаратного спектрального анализа определяется не только уровнем исследуемого процесса, но и его характером. Для полного представления об исследуемом процессе нужна совокупность мгновенных частотных спектров для разных моментов времени течения процесса. По виду спектрограмм процесса $E(t)$ нетрудно определить характер исследуемого процесса; для флюктуационных напряжений характер огибающей спектрограммы не меняется, но показания спектрометра на данной частоте (при малом времени усреднения) всё время заметно меняются; для периодических процессов спектрограммы более или менее стабильны и т. п.

Для практических приложений нет надобности сводить результаты аппаратного спектрального анализа к понятиям аналитического частотного спектра, поскольку реальные приборы, работающие от анализируемого явления, имеют конечную полосу пропускания $\Delta f_{\text{приб}}$. Следовательно, их выходной уровень в данный момент определяется по всем процессам, а также, как при аппаратном спектральном анализе, частью процесса в интервале времени порядка $1/\Delta f_{\text{приб}}$.

Если известен мгновенный частотный спектр $u(t, \omega)$, выходное напряжение прибора при флюктуационном характере исследуемого процесса равно

$$u_{\text{пр}} = u(t, \omega) \sqrt{\frac{\Delta f_{\text{приб}}}{\Delta f_{\text{ан}}}},$$

а при импульсном характере

$$u_{\text{пр}} = u(t, \omega) \frac{\Delta f_{\text{приб}}}{\Delta f_{\text{ан}}}.$$

Докладчик считает, что проектировать анализаторы спектра следует, учитывая параметры тех приборов, на которые будут воздействовать анализируемые процессы и при конструировании которых будут использованы результаты аппаратного спектрального анализа. В диапазоне инфразвуковых частот и низких звуковых частот целесообразно выполнять спектрометры с одновременным методом анализа (фильтровые), а в звуковом и ультразвуковом — с последовательным методом анализа (гетеродинного типа). Воллернер сообщил, что на кафедре радиоприёмных устройств Киевского ордена Ленина политехнического института был разработан комплект спектрометров на диапазон 2 гц — 500 кгц, состоящий из четырёх приборов: 2—500 кгц — фильтровой; 0,4 — 10 кгц; 3 — 100 кгц; 50 — 500 кгц гетеродинного типа.

Доклад М. С. Анцыферова содержал данные расчёта разработанного им виброметра с пружинным подвесом. Автор подробно остановился на расчёте частотной характеристики прибора при частотах, лежащих выше области собственной частоты. Для области низких частот, внутри которой все основные элементы прибора можно характеризовать сосредоточенными механическими параметрами, частотная характеристика получается прямойлинейной.

При переходе в область высоких частот начинают сказываться распределённые масса и упругость основных пружин, на которых крепится подвижная часть виброметра. Автор рассмотрел на частном примере инерционного виброметра, имеющего подвеску инертной массы на плоских пружинах с так называемыми подвижно-закатыми концами, влияние распределённых параметров основных крепёжных пружин на частотную характеристику виброметра. Остальные параметры виброметра он считал сосредоточенными. Расчитаны вынужденные колебания пружины, возбуждаемой на одном конце

заданным смещением. На другом конце предположены нагрузка произвольной величины и активное сопротивление, не переводящее систему в области рассматриваемых частот в аperiodический режим.

Автор получил формулы для частот вторичных резонансов и сопутствующих им антирезонансов. Вторичные резонансы и антирезонансы могут демпфироваться при размещении на поверхности пружины упруговязкого материала (резина, висколонд). Применяя специальные профилированные пружины с эластичными концами и жёсткой средней частью, можно удалить вторичные резонансы и антирезонансы за пределы рабочего диапазона.

Б. Г. Белкин рассказал о новом генераторе для акустических измерений и опыте его применения. В этом генераторе создаётся «скользящая» шумовая полоса любой относительной ширины, способная непрерывно перемещаться по диапазону звуковых частот. Для этого шумовая полоса записывается на киноплёнке и воспроизводится с переменной скоростью. Тракт звуковой частоты генератора состоит из кольца плёнки с записанной фонограммой, звуковой оптики, фотоэлемента и усилителя низкой частоты — стандартных элементов кинотеатрального звуковоспроизводящего тракта.

С помощью особого механического устройства скорость движения фонограммы периодически меняется в 100 раз по логарифмическому закону. Если на фонограмме при нормальной скорости записана, например, полоса сплошного шума 1000 ± 50 гц, средняя частота 1000 гц будет с изменением скорости вращения барабана изменяться от 100 до 10 000 гц. При этом относительная ширина воспроизводимого диапазона частот будет оставаться постоянной, составляя всегда 10% от средней частоты. Изменение относительной ширины полосы шума достигается заменой фонограммы. Скорость изменения частоты легко изменяется в широких пределах и может быть синхронизирована со скоростью движения ленты в самопишущем измерительном приборе.

Автор рассчитал приближённо величину детонации, допустимую с точки зрения расширения спектра шумовой полосы. Он нашёл, например, что для относительного расширения шумовой полосы вследствие детонации, равного 0,4, при относительной ширине шумовой полосы, записанной на фонограмме, составляющей 0,05, и спектральной плотности шумовой полосы на граничных частотах в долях от максимальной спектральной плотности, равной 0,01, допустимая детонация составляет меньше 1,5%, что легко выполнимо.

Далее автор описал некоторые случаи применения разработанного им генератора.

В. М. Гардашьян рассказал о приборе для измерений некоторых акустических параметров помещений, разработанном им совместно с А. Н. Качеровичем. Для акустических измерений в помещениях в настоящее время применяются в качестве регистрирующего прибора быстродействующий регистратор уровней типа «Нейман» и самая разнообразная электрическая аппаратура. Вместе с тем в течение последних лет в стране проводится массовая реконструкция театров, кинотеатров и клубов, характеризующихся неудовлетворительными акустическими условиями. Поэтому возникла необходимость создания простой и достаточно точной акустической измерительной аппаратуры для исследования реконструируемых помещений и накопления статистических данных об акустике помещений.

Разработанный и изготовленный прибор предназначен для записи кривых спада звуковой энергии в широком частотном диапазоне и в заданных полосах частот, для определения времени реверберации и для записи звуковой энергии при установленном режиме. Он состоит из микрофона, предварительного усилителя, логарифмической ступени усилителя с детектором и регистрирующим записывающим устройством.

В приборе имеется набор фильтров, позволяющих выделить пять октав (три — в области низких частот, одна — в области средних и одна в области высоких). Логарифмирующая ступень позволяет записывать процессы в пределах 50 дб с ошибкой ± 1 дб. Прибор работает стабильно независимо от разброса параметров ламп и колебания напряжения в пределах $\pm 15\%$. Инерционность всей схемы обеспечивает возможность записи кривых спадами, начиная от $T = 0,4$ сек. Скорость записи — не менее 300 дб/сек. Частотный диапазон прибора составляет 75—16 000 гц с общей неравномерностью ± 2 дб. В случае работы с микрофоном частотная характеристика, в основном, определяется характеристикой микрофона. Регистратор прибора пишет чернилами на диаграммной бумаге с шириной шкалы 60 см (отклонению пара на 1 мм соответствует 1 дб). В приборе предусмотрено введение искусственной инерционности. Скорость движения бумаги — 10 мм/сек. Вес прибора — около 20 кг.

И. Е. Эльпинер рассказал о биологическом действии волн.

Ультразвуковые волны не только вызывают механические разрывы клеток и клеточных структур, как предполагали раньше. Возможны более тонкие, частично обратимые изменения некоторых функций клетки без микроскопически уловимых нарушений последней. Оказалось, что под влиянием ультразвука происходит распад или «рассхатывание» внутриклеточных молекулярных комплексов, сопровождающееся угнетением одних или усилением других ферментных систем — биокатализаторов.

Например, докладчиком экспериментально установлено, что в дрожжевых клетках фермент, расщепляющий сахарозу, становится во много раз более активным, если эти клетки предварительно подвергались действию ультразвука. Более того, под действием ультразвука названный фермент обнаруживается в таких дрожжевых клетках, в которых он обычно отсутствует. Усиливает свою активность под действием ультразвука в мозговой ткани фермент холинэстераза, связанный с процессом передачи нервного возбуждения. В лаборатории докладчика получены данные, показывающие, что в озвучиваемых клетках увеличивается количество и других биологически активных веществ — некоторых витаминов. Всё это приводит к представлению, что ультразвук, разрушая молекулярные комплексы, высвобождает биологически активные вещества, играющие значительную роль в жизнедеятельности клетки и организма.

До настоящего времени не доказано появление кавитации в протоплазме клетки при воздействии на неё ультразвука. Возможно, что описанные выше явления обусловлены тем, что под действием ультразвука нарушается коллоидная структура клеточных элементов (здесь играют роль ускорение и ориентация частиц и др.).

И. Е. Эльпинер подчеркнул, что механизм действия ультразвука на внутриклеточные молекулярные комплексы подлежит всестороннему изучению.

Б. Д. Тартаковский