

УСПЕХИ ФИЗИЧЕСКИХ НАУКСОВЕЩАНИЯ И КОНФЕРЕНЦИИ**СОВЕЩАНИЕ ПО ФИЗИЧЕСКОЙ И ИЗМЕРИТЕЛЬНОЙ
АКУСТИКЕ**

В Москве состоялось расширенное совещание по вопросам измерительной и физической акустики, созданное Комиссией по Акустике при отделении физико-математических наук АН СССР совместно с Комитетом по делам мер и измерительных приборов при Совете Министров СССР. Развитие акустики за последние годы на базе усовершенствованной электронной аппаратуры привело к достижению значительных успехов в области повышения точности измерительных методов, расширению применения этих методов в различных областях научного исследования и промышленности и к появлению ряда новых методов исследования, позволяющих получать весьма точные данные с простой электронно-акустической аппаратурой. Акустические методы измерений — отметил в своем вступительном слове член-корр. АН СССР Н. Н. Андреев — позволяют получить в ряде случаев такие сведения о веществах и процессах, которые недоступны другим физическим методам измерений. Поэтому актуальной становится задача стандартизации наиболее распространенных из этих методов и исследование точности, даваемой ими. Н. Н. Андреев остановился также на вопросах физической акустики, указав, что наблюдающаяся тенденция сращивания акустики с другими разделами физики весьма плодотворна для её дальнейшего развития. Разработка пограничных областей позволяет нередко обнаружить факты, коренным образом расширяющие наши знания. Теоретические исследования по статистической акустике продолжают линию развития советской акустики в этой области.

Совещание заслушало 10 докладов по вопросам измерительной акустики и 4 доклада по вопросам физической акустики.

И. Г. Русаков доложил об «единицах и приборах для звуковых измерений», отметив, что выбор и определение единиц измерений, а также установление порядка соподчинения и поверок образцовых мер и измерительных приборов имеют существенное значение для обеспечения единства звуковых мер и измерений в Советском Союзе. Докладчик сообщил, что акустической лабораторией Всесоюзного научно-исследовательского института Метрологии им. Д. И. Менделеева (ВНИИМ) под руководством и при участии Метрологического Бюро ВНИИМ разработаны проекты нового Положения о звуковых единицах и Поверочной схемы для государственных поверок звуковых измерительных приборов. И. Г. Русаков сказал, что определения основных акустических величин, звукового давления, плотности звуковой энергии, механического сопротивления, силы звука, разности уровней звуковой мощности, упругости и гибкости, приводимые в действующем ГОСТ ВКС 7242, недостаточно полно отражают особенности этих величин и не удовлетворяют ряду метрологических требований. Например, единица звукового давления — бар определяется по

оуществу как статическая величина и не приводятся точные условия её воспроизведения в динамическом режиме (тип звукового поля, соотношения размеров приёмника и длины волны и т. д.). Кроме того, в некоторых определениях смешиваются различные системы единиц («ватт на кв. сантиметр»). Основной задачей пересмотра ГОСТ было приближение его содержания к практическим задачам звуковоспроизведения и поддержанию верных звуковых единиц. Для согласования звуковых измерений с электрическими, тепловыми и другими измерениями предлагается перейти целиком к системе МКС, установленной в СССР для механических и электрических измерений. Докладчик привёл ряд определений акустических величин в новой редакции, отметив при этом, что вместо «механического сопротивления» вводится часто измеряемое на практике «акустическое сопротивление». Величины же «упругость» и «гибкость», как относящиеся к механическим колебаниям, а не собственно к акустике, из ГОСТ исключаются.

Во второй части доклада описывалась Поверочная схема для государственных поверок звуковых измерительных приборов. Поскольку единица звукового давления не может быть сохранена в виде вещественного эталона, основой схемы будет служить эталонный метод для воспроизведения единицы звукового давления. Сравнив метод абсолютного измерения звукового давления при помощи звукомерного диска с методом самокалибровки, докладчик пришёл к выводу о преимуществе первого. Этот метод позволяет при помощи установок акустической лаборатории ВНИИМ воспроизводить единицу звукового давления в диапазоне частот 20—12 000 гц с погрешностью, не превышающей 1,0—1,5%.

Измеренное таким образом звуковое давление будет служить для калибровки образцовых измерительных микрофонов первого разряда, погрешность которых составляет не более 1,5—4% в зависимости от частоты. Образцовые приборы второго разряда калибруются путём сравнения с приборами первого разряда, причём они хранятся не только во ВНИИМе, но и в крупных ведомственных лабораториях. Предполагается проведение проверок обычных микрофонов, приборов «искусственное ухо» (служащих для проверки телефонов) и приборов «искусственный голос».

Докладчик отметил в заключение, что введение в действие единой схемы для государственных поверок звуковых приборов не исключает использования других, более простых методов градуировки микрофонов, в особенности метода взаимности. Однако во всех случаях, когда результаты измерений могут иметь юридическое или экономическое значение, необходимо строгое соблюдение порядка поверок, установленного предполагаемой схемой.

В докладе Н. А. Калужинной были приведены результаты «Исследования метода резонансных стоячих волн со звукомерным диском для воспроизведения единицы звукового давления».

Докладчиком отмечен ряд преимуществ этого метода: надёжность и устойчивость результатов; простота измерений и хорошая чувствительность; простейший вид звукового поля (это позволяет наиболее точно определить величину звукового давления); независимость измерений от точности установки частоты (измерения производятся на резонансных частотах, которые могут быть определены по размерам трубы) и от частотной характеристики излучателя; широкий амплитудный и частотный диапазон (90—20 000 гц). Для измерений применены трубы длиной от 86 до 432 см и с внутренним диаметром от 5,3 до 1,6 см. На одном конце каждой трубы укреплен электромагнитный телефон, служащий излучателем, на другом — градуируемый микрофон, мембрана которого составляет часть твёрдой торцевой стенки. Нить подвеса звукомерного диска укреплена в специальном отводе, сделанном в середине трубы. Оптическое устройство для отсчёта угла поворота звукомерного диска расположено снаружи трубы. В качестве звукомерных дисков применены стеклянные

ные диски толщиной $5,5 \cdot 10^{-3}$ см, диаметр диска 4—6 мм. Нити подвеса дисков — кварцевые.

Анализируя возможные погрешности метода измерения с учётом затухания звука в воздухе, Н. А. Калужина показала, что при точных измерениях можно пренебречь погрешностью в определении плотности воздуха; а также погрешностью поправочного множителя на дифракцию у диска. Погрешность в отклонении диска может иметь не только случайный характер из-за неточности отсчёта, но и систематический из-за влияния посторонних воздушных потоков на звукомерный диск и несовершенства формы звукового поля. Систематические погрешности могут иметь также величина упругой постоянной нити и скорость звука в трубе, отличающаяся от скорости звука в неограниченном пространстве. Проверочными исследованиями была установлена хорошая повторяемость результатов и хорошее совпадение измеренной скорости звука (по резонансным частотам) с ожидаемой по литературным данным. Определена по ширине резонансной кривой постоянная затухания в воздухе. Измерения, проводимые в трубе с одним открытым концом, позволили найти опытным путём поправку на открытый конец $\Delta l = 0,69$, которая совпадает с теоретической величиной $\Delta l = 0,613$ с точностью, определяемой погрешностью измерения. Сопоставление градуировки микрофона в открытой и закрытой трубе показало хорошее совпадение результатов. В докладе была дана оценка общей относительной вероятной погрешности чувствительности микрофонов, определяемой по закону накопления средних погрешностей отдельных членов формулы: общая погрешность составляет около 1%. Докладчик отметила, что такую величину погрешности следует считать вполне удовлетворительной, так как чувствительность микрофонов МИК и МД-30 изменяется за год более, чем на $\pm 10\%$.

А. Н. Кристалевич рассказала о методе проверки приборов «искусственное ухо», разработанном в целях получения единообразных результатов измерения чувствительности телефонов, проводимого с помощью этих приборов. Как показало исследование автора, эти результаты сильно зависят от величины входного акустического сопротивления «искусственного уха». Измеряемая чувствительность телефона тем выше, чем больше сопротивление.

Имея в виду нормальные условия излучения телефона, следовало бы стремиться к тому, чтобы сопротивление этих приборов в точности соответствовало входному акустическому сопротивлению естественного уха. Однако величина этого сопротивления у различных лиц сильно колеблется. Поэтому в целях единообразия испытания телефонов для приборов «искусственное ухо» принято чисто реактивное сопротивление, приблизительно равное реактивному сопротивлению среднего естественного уха. Это достигается путём применения в приборе стандартной воздушной полости определённой формы, имеющей объём 6 см^3 . Автор рассказала, что при систематическом исследовании приборов «искусственное ухо» при помощи эталонного телефона ею было обнаружено изменение объёма полости из-за неодинакового сжатия резинового кольца, к которому прижимается испытуемый (в данном случае эталонный) телефон. Из-за этого величина входного сопротивления изменялась в отдельных случаях на 40% во всей частотной области измерений. Получена формула, позволяющая пересчитать чувствительность телефона, измеренного с данным прибором «искусственное ухо» на среднюю чувствительность телефона, испытанного с ухом, имеющим стандартное сопротивление. Однако докладчик указала, что желательно стандартизировать характеристику входного акустического сопротивления «искусственного уха» и считать непригодными те из приборов, входное акустическое сопротивление которых отличается от стандартного более, чем на 10%. Следует поэтому обратить самое серьёзное внимание на стандартность резиновых колец и других деталей акустической части приборов «искусственное ухо».

Доклад Л. А. Варшавского и Г. В. Глѣкина касался «особенностей градуировки динамических телефонов на естественном и «искусственном ухе». В зависимости от того, что именно подразумевать под развиваемым телефоном звуковым давлением, возможно дать несколько определенных чувствительности телефона, т. е. отношения величины развиваемого им звукового давления к напряжению на его зажимах. Соответственно этому существует несколько методов градуировки: на искусственном ухе, на естественном ухе по звуковому давлению у входа в слуховой проход, на естественном ухе по звуковому давлению, на барабанной перепонке и по эквивалентности громкости телефона, громкости в свободном звуковом поле определенной интенсивности (градуировки по полю). Последний метод представляет существенный интерес в тех случаях, когда телефон оценивается по его способности воспроизводить воздействие на ухо внешнего источника, что важно, в частности, при изучении слуховых процессов в присутствии акустических помех, создаваемых во внешнем звуковом поле. Докладчики разработали простую методику измерения телефонов по эквивалентности их звуковому полю и нашли, что результаты градуировки телефонов, полученные этим методом, существенно отличаются от градуировки тех же телефонов (динамические телефоны ГД-6) на искусственном ухе. Во всем диапазоне звуковых частот снижается чувствительность и наблюдается большая неравномерность частотной характеристики и большие индивидуальные различия в чувствительности для испытуемых лиц.

Эти результаты были получены как с типовыми заглушками, применяемыми для телефонов ТА-4, так и со специальными насадками, воспроизводившими на том же телефоне (без разборки его) форму раковины, обычно применяемой на абонентских телефонах.

Проведенная авторами для сравнения градуировка телефонов на естественном ухе по звуковому давлению у входа в слуховой проход показала, что как по абсолютным величинам, так и по форме частотной характеристики такая градуировка не даёт существенных отличий от градуировки на искусственном ухе, за исключением области низких частот, где чувствительность понижена (по сравнению с искусственным ухом) за счёт не вполне плотного прилегания телефона к уху. Индивидуальный разброс при такой градуировке значительно меньше, чем при градуировке по полю, достигая близких к последнему случаю величин только на низших частотах.

По мнению докладчиков, различие в чувствительности телефона, измеренной при градуировке по полю, и чувствительности телефона, полученной при почти совпадающих между собой градуировках на искусственном и естественном ухе (по давлению у входа в ухо) свидетельствует о том, что основной причиной различия не являются индивидуальные особенности входного акустического сопротивления естественного уха.

Докладчики указали, что к числу факторов, могущих вызвать наблюдавшуюся разницу в градуировках по полю и по звуковому давлению, можно отнести в первую очередь: а) частотную зависимость соотношения между звуковым давлением в слуховом проходе при одной и той же громкости в случае воздействия на ухо телефона и свободного звукового поля, б) частотную зависимость соотношения между звуковым давлением у входа в ухо и в свободном звуковом поле.

Поскольку измерения чувствительности телефонов по звуковому давлению у входа в ухо показывают, что индивидуальные особенности входного акустического сопротивления естественного уха не могут объяснить столь больших величин индивидуальных различий, какие наблюдались при градуировке по полю, — эти различия, по мнению докладчиков, следует приписывать большим индивидуальным отклонениям в указанных выше соотношениях.

И. М. Литвак в докладе «Новый комплекс акустической измерительной аппаратуры» сообщил некоторые данные о модернизированных приборах: измерительном микрофоне, акустическом зонде и искусственном ухе.

Измерительный микрофон предназначен для измерения звукового давления в открытом звуковом поле. Акустический зонд, представляющий собой микрофон с звукоподводящей трубкой, служит для измерения звукового давления в тех случаях, когда должна быть точно фиксирована точка поля, в которой производятся измерения, а также тогда, когда звуковое давление должно измеряться в небольших камерах или трубах, куда не может быть помещён измерительный микрофон. Наконец, искусственное ухо предназначено для измерения звукового давления, развиваемого телефоном в камере, имитирующей свойства уха, как акустической нагрузки. Основным общим элементом вышеперечисленных приборов является капсуль конденсаторного микрофона. Капсуль имеет прямолинейную частотную характеристику в широком диапазоне частот.

В модернизированной аппаратуре сохранена низкочастотная схема включения конденсаторного микрофона, как более простая и стабильная. Применение схемы катодного повторителя позволило получить более равномерную характеристику в области низких частот. Все приборы состоят из двух частей: звукоприёмника и усилительно-питающего устройства, последнее содержит дополнительный усилитель и выпрямитель, обеспечивающие полное питание каждого из приборов от сети переменного тока. Измерительный микрофон обеспечивает возможность проведения измерений в широком диапазоне частот. Корпус микрофона имеет бутылеобразную форму, что позволяет отнести капсуль от более широкой части корпуса, в которой размещается лампа первого каскада, на такое расстояние, что отражённая волна практически не влияет на величину давления у капсуля. Таким образом, эффективный размер микрофона равен размеру капсуля. Микрофон помещён на стойке, которая позволяет устанавливать микрофон в необходимое положение. Акустический зонд представляет собой микрофон, снабжённый металлической звукоподводящей трубкой. Для обеспечения равномерности частотной характеристики металлическая звукоподводящая трубка переходит в резиновую, имеет затухание, достаточное для полного поглощения звуковой волны. Капсуль конденсаторного микрофона связан с звукоподводящей трубкой через щель в её боковой поверхности. Такая система позволяет обеспечить равномерную частотную характеристику в диапазоне до 6000 гц.

Искусственное ухо представляет собой замкнутую камеру, в дне которой расположена мембрана микрофона. Испытуемый телефон накладывается на камеру и прижимается к ней грузом, предусмотренным в конструкции прибора. Звуковое давление, развиваемое в камере телефоном, при подаче на него переменного напряжения измеряется микрофоном.

В заключение доклада были изложены некоторые соображения по дальнейшему усовершенствованию акустических измерительных приборов.

И. Г. Русаков доложил о «термодинамической поправке в методе насоса».

Докладчик напомнил, что при очень низких частотах расчёт звукового давления по деформации объёма газа в насосе («пистонфоне») требует значительной поправки, так как за счёт охлаждающего влияния стенок возможно нарушение адиабатического закона деформации газа. Известные в литературе выражения поправки на отвод тепла в стенки насоса выведены при допущении равномерности звукового давления внутри насоса. Однако, отметил автор, этот приём искусственен, а следовательно, результаты расчёта сомнительны.

И. Г. Русаков рассмотрел строгое решение задачи и показал, что в насосе имеются акустическая волна и тепловая диффузия, затухающая на протяжении порядка одной волны. Звуковое давление в части акустической волны пропорционально температуре.

Докладчик вычислил константы интегрирования для случая, когда теплопроводностью обладает только приёмная часть градуируемого микрофона, стенки же насоса и поршень не обладают теплопроводностью, и их охлаждающим влиянием можно пренебречь. Он нашёл также выражение для поправки в случае насоса малой длины по сравнению с длиной волны. В докладе был приведён также результат расчёта поправки для случая, когда оба торца насоса обладают теплопроводностью, который, впрочем, мало отличается от ранее рассмотренного. Существенное упрощение расчётов достигается в результате пренебрежения диффузионными членами в выражении звукового давления. Однако этот приближённый приём применим только в случае малых полостей (хотя и разнообразной формы), когда можно считать звуковое давление внутри полости равным давлению на стенках. Во всех же других случаях, когда постоянство звукового давления во всех точках полости вызывает сомнения (например, волны в узкой трубе), необходимо пользоваться общим решением, данным автором.

«Некоторые замечания о градуировке микрофонов методом взаимности в свободном поле на близких расстояниях» были сделаны А. В. Римским-Корсаковым и А. Н. Кристалевич. Авторы указали, что определение чувствительности электроакустических преобразователей методом взаимности основано на применении теоремы взаимности, распространённой на случай давлений и скоростей, усреднённых по поверхности источников звука. Хотя и считается, что расстояния между отдельными элементами поверхности излучателей одинаковы, т. е. размеры самих излучателей малы по сравнению с расстоянием между ними, однако неясно, между какими элементами преобразователей следует определять это расстояние. Один из способов определения эффективного расстояния состоит в том, что предварительно, до производства измерений чувствительности, находится зависимость амплитуды звукового давления p в функции от произвольно взятого расстояния между преобразователями r и определяется произведение pr . По отклонению этой величины от постоянного значения находится поправка к взятому расстоянию. На первый взгляд казалось, что из-за наличия интерференции и неплоской поверхности излучателя большие ошибки могут возникнуть только для длин волн порядка или меньше линейных размеров излучателей. Однако авторы выяснили, что наибольшие отклонения от идеальной горизонтальной прямой ($pr = \text{const}$) происходят на низких частотах: обычные диффузорные громкоговорители на этих частотах ведут себя как дипольные излучатели, для которых закон убывания с расстоянием при малых расстояниях зависит от соотношения между длиной волны и расстоянием. Путём увеличения расстояния возможно сделать ошибку пренебрежимо малой, однако это невыгодно, так как увеличиваются помехи со стороны отражённых волн. Уменьшить ошибку можно, устраняя излучение обратной стороны диффузора. Но так как излучатель с закрытой задней поверхностью скорее является излучателем $0 + 1$ порядка, чем нулевого, то и в этом случае ошибка всё же будет иметь место. Авторы принимали приближённо применимым закон $pr = \text{const}$ и по наклону кривых $pr = f(r)$ определяли «ошибку» Δ , которую и учитывали в расчётной формуле, заменяя r на $r + \Delta$.

Такой способ позволил им получить на низких и средних частотах хорошее совпадение между результатами градуировки по методу взаимности с градуировкой в трубе со звукомерным диском. На частотах ~ 100 гц удалось исключить систематическую погрешность, доходящую до 4 дб. В докладе было также отмечено, что при градуировке методом взаимности получают значительные ошибки из-за резкого уменьшения механического сопротивления в области механо-акустического резонанса вспомогательных диффузорных преобразователей и на высоких частотах из-за дифракции.

В докладе М. В. Казанцевой рассматривались вопросы «градуировки электроакустических преобразователей методом взаимности». Сущность метода, как известно, состоит в том, что путём обращения вспомогательного электроакустического преобразователя (в случае градуировки на стационарных синусоидальных колебаниях) или самого градуируемого преобразователя (в случае самоградуировки на импульсах) удаётся избежать необходимости непосредственного измерения акустических величин и свести все измерения к чисто электрическим.

М. В. Казанцева привела выражения для параметра взаимности в общем виде и, пользуясь уравнениями электроакустических четырёхполюсников и соотношениями взаимности для них, показала, как в отдельных частных случаях нужно выбирать условия эксперимента для того, чтобы параметры обрабатываемого преобразователя исключались из результатов градуировки. В качестве примера были приведены значения параметра взаимности для отдельных частных случаев: для камеры, малой по сравнению с длиной волны, для стоячих волн в трубе и для градуировки в свободном поле в плоской и сферической волне. Докладчик определила также те поправки, которые приходится вводить, если «чистые условия» градуировки методом взаимности не соблюдаются. Автор рассказала о разработанном ею методе градуировки микрофонов на стоячих волнах в трубе в звуковом диапазоне частот. В другом способе самоградуировки преобразователя по полю в плоской бегущей волне преобразователь был приключён к нижнему концу вертикальной трубы с жёсткими стенками, труба была заполнена водой, верхний конец её был открыт. Преобразователь питался током от импульсного генератора и посылал последовательный ряд прямоугольных пакетов синусоидальных колебаний, длительность которых была достаточно малой для того, чтобы по длине трубы не возникало стоячих волн, а интервалы между соседними посылками были достаточно большими для того, чтобы последний сигнал успел затухнуть до посылки следующего пакета и не налагался на него. Самоградуировка преобразователя сводилась в этом случае к измерению э. д. с., развиваемой преобразователем при приёме сигнала после его первого отражения от верхней границы воды и к измерению тока питания преобразователя при излучении. В заключение докладчиком были приведены некоторые численные значения результатов градуировки, произведённой этим методом.

Доклад Б. Д. Тартаковского и М. М. Эфруси «Об измерении звукопоглощающих материалов и реверберационной камере» содержал результаты экспериментальных исследований метода таких измерений, проведённых авторами в реверберационной камере Акустической лаборатории Физического института им. П. Н. Лебедева.

Приведя обзор литературных данных, характеризующих современные реверберационные камеры, авторы отметили хорошее акустическое качество описываемой ими камеры: равномерное диффузное звуковое поле в центре камеры, «гладкое» спадание интенсивности звука во времени (по экспоненциальному закону), равномерную частотную характеристику применяемого при измерениях сплошного шума, отфильтрованного октавным фильтром. Вместе с тем была подчеркнута необходимость более тонкого анализа качества реверберационных камер, чем это принято в литературе. Например, из-за различных частотных характеристик говорителей возможно смещение максимумов звуковых давлений в отдельных шумовых октавах относительно их середины; это вызывает погрешность при определении «средних» частот отдельных октав.

Определяя зависимость получаемых результатов коэффициентов звукопоглощения от площади материала, авторы нашли, что результаты измерений становятся устойчивыми, начиная с площади 15 м^2 (около $7\frac{1}{2}\%$ от всех поверхностей камеры).

Была исследована звукопоглощающая способность материала, расположенного частями на разных поверхностях камеры, и того же материала, расположенного у вершины трёхгранного угла, образуемого этими поверхностями. Хотя, согласно волновой теории, можно было ожидать повышения звукопоглощения во втором случае, опыт дал уменьшение звукопоглощения на всех частотах на 20—30%. Чтобы выяснить, не являлось ли это результатом проявления «краевого эффекта», обусловленного уменьшением длины границ материала, был поставлен контрольный опыт, в процессе которого граница материала при неизменной площади менялась в несколько раз. Оказалось, что коэффициент звукопоглощения меняется при этом не более чем на 5%.

По другому предположению «угловой эффект» объяснялся уменьшением «эффективной площади» материала из-за изменения условий падения звуковых лучей или же уменьшением поглощения, связанным с угловой характеристикой звукопоглощения. Однако, проверкой была установлена несостоятельность и этой гипотезы: материал, перемещённый ближе к границам различных углов, не давал понижения звукопоглощения. Авторы объясняют «угловой эффект» тем, что часть материала, помещённого в угол, используется малоэффективно, так как на материал попадают в значительной части телесного угла звуковые лучи, только что отражённые от звукопоглощающего материала. Проведённые расчёты подтверждают качественно это предположение.

В. П. Кислов доложил «О простом ультразвуковом интерферометре» для измерения скорости звука в жидкости, отличающемся от уже известных тем, что для регистрации интерференционных максимумов в нём применяется фонтан, возникающий на поверхности жидкости под влиянием ультразвука. Для этой цели измеряемая жидкость помещается между плоским пьезоэлектрическим излучателем и звуковой твёрдой плоской сферической линзой, поверх которой наливается индикаторная жидкость. Когда в слое испытуемой жидкости укладывается целое число полуволн, на поверхности индикаторной жидкости появляется фонтан, высота которого может быть регулируема путём изменения напряжения на излучателе. В связи с нелинейной зависимостью между высотой фонтана и напряжением на излучателе, имеющей приблизительно квадратичный характер, моменты появления фонтанов могут быть довольно точно отмечены. Слой жидкости при помощи микрометрических винтов может изменяться в пределах, обеспечивающих наблюдение до 100 максимумов в маловязких жидкостях и около 20 максимумов в жидкостях со значительной вязкостью. Так как погрешность измерения соседних максимумов порядка 3%, то средняя погрешность результата по оценке докладчика не более 0,05%. Точность результата существенно зависит от степени стабильности генератора, питающего пьезоэлектрический преобразователь. Применяя кварцевую стабилизацию, удалось получить суммарную погрешность не более 0,1%. Автор произвел ряд измерений при помощи разработанного им интерферометра и получил в ряде случаев хорошее согласие с опытными данными других авторов. В. П. Кислов сообщил, что он отчётливо зарегистрировал максимум скорости звука в дистиллированной воде, лежащий в интервале температур 70—75° и равный 1554 м/сек. Сравнивая полученную им зависимость скорости ультразвука в глицерине от температуры с данными, полученными ранее П. А. Бажулиным, докладчик отметил одинаковый ход кривых, но различие в наклонах, объясняемое, по мнению автора, различием в вязкостях и плотностях исследуемых глицеринов.

В. П. Кислов полагает, что простота и надёжность получаемых данных о величине скорости делает возможным широкое использование разработанного им метода в полупромышленных целях.

П. Н. Кубанский рассказал «о влиянии акустических колебаний большой амплитуды на конвективный теплообмен». Автор изучал характер

течений, возникающих у стенки нагретого твёрдого тела в стоячей акустической волне большой амплитуды, а также влияние этих течений на конвективный теплообмен как при свободном, так и вынужденном движении.

При экспериментах применялся газоструйный акустический вибратор, помещённый в параболический рефлектор. Для задерживания потоков воздуха, исходящих от вибратора, перед ним устанавливалась перегородка из тонкой бумаги. На расстоянии около 40 см от вибратора помещалась стенка для образования стоячей волны; между ней и вибратором располагалась калориметрическая трубка, снабжённая электрическим нагревателем и термпарой для измерения температуры стенки. Картина акустических течений вблизи трубки делалась видимой путём применения теневого метода. Одновременно с оптическими наблюдениями измерялись все величины, необходимые для определения коэффициента теплоотдачи от стенки трубки к окружающей среде или к потоку. Кроме того, исследовалось поведение резонансных систем в поле акустических волн для выяснения характера течений, возникающих у резонаторов, и их влияния на конвективный теплообмен. В качестве резонаторов служили многочисленные цилиндрические или конические углубления, высверленные в стенках калориметрических трубок. Интенсивность излучаемых вибратором колебаний в центральной части пучка составляла десятки доли ватт/см^2 . Автор сделал на основании своих опытов следующие выводы: 1. В стоячей акустической волне у поверхности твёрдого тела, находящегося в неограниченном пространстве, возникают своеобразные течения. Присутствие высших гармонических вызывает дополнительные течения, обязанные этим гармоническим. 2. В стоячей акустической волне возможно возникновение течений у стенок твёрдого тела и в том случае, когда тело обтекается потоком. Направление акустических течений у стенок тела зависит от расположения узлов и пучностей по отношению к месту отрыва пограничного слоя. Вызывая течения желаемого направления, можно управлять пограничным слоем. 3. Акустические течения заметно усиливают теплоотдачу от стенки нагретого тела к окружающей среде как в условиях свободного, так и вынужденного движения. 4. При возбуждении резонансных систем внешними колебаниями большой амплитуды у устьев резонаторов возникают мощные течения. Это происходит и в том случае, когда резонансная система обтекается потоком. 5. Наличие на нагретом теле резонансной системы увеличивает теплоотдачу при вынужденном движении, проявляясь подобно шероховатости. 6. Возбуждение резонаторов внешними колебаниями большой амплитуды значительно увеличивает теплоотдачу как при свободном, так и при вынужденном колебании и создаёт принципиальную возможность управления пограничным слоем благодаря возникающим мощным акустическим течениям, распространяющимся в нормальном направлении по отношению к пограничному слою.

В докладе И. Г. Шапошникова и З. А. Гольдберга говорилось «о поглощении звука в бинарной смеси».

При распространении звука в газовой или жидкой смеси температура, давление и концентрация компонент в каждый момент времени в различных точках разные, в силу чего распространение звука сопровождается необратимыми диффузионными процессами. Колер, используя методы кинетической теории, определил влияние, оказываемое этими диффузионными явлениями на поглощение звука в бинарной смеси идеальных газов, отметив при этом, что феноменологическое рассмотрение обсуждаемого вопроса невозможно. Докладчики показали, однако, возможность и актуальность такого пути рассмотрения вопроса, которых позволяет получить результат, пригодный для любой смеси, газовой или жидкой. Воспользовавшись уравнениями гидродинамики для бинарной смеси нереагирующих компонент и общими выражениями для потока тепла и диффузионного потока массы каждой из компонент смеси, они получили акустические уравнения. Ограничиваясь далее приближением линейной акустики

и используя термодинамические соотношения, они нашли основные уравнения, связывающие «звуковые части» соответствующих величин, с величинами, характеризующими равновесное состояние среды без звука.

Рассмотрев как частный случай найденного общего решения плоскую монохроматическую звуковую волну и воспользовавшись методом последовательных приближений, докладчики нашли, что в первом приближении дисперсия скорости звука отсутствует, а коэффициент поглощения есть сумма коэффициента поглощения, обусловленного только вязкостью и теплопроводностью, и коэффициента поглощения, связанного с влиянием диффузионных явлений. Для бинарной смеси идеальных газов докладчики нашли выражение, совпадающее с полученным Колером, а также специализировали общий результат для случая, когда концентрация настолько мала, что можно воспользоваться приближенным выражением для термодинамического потенциала слабого раствора.

В докладе было отмечено, что для сравнения полученных результатов с опытом необходимо в общем случае располагать достаточными сведениями о термодинамическом потенциале смеси. Однако для случая малой концентрации и для случая смеси идеальных газов при любой концентрации эта трудность отпадает.

Авторы в заключение указали, что их результаты, возможно, могут быть использованы для экспериментального определения коэффициента термодиффузии.

М. А. Исакович доложил «О рассеянии волн от статистически шероховатой поверхности».

Методы, развитые в работах Релея, Л. И. Мандельштама, А. А. Андропова, М. А. Леонтовича и др., рассматривавших рассеяние от шероховатостей малых, сравнительно с длиной волны, неприменимы в случае, если шероховатости велики сравнительно с длиной волны. Эту последнюю задачу приходится решать приближенными методами. Недавно Л. М. Брежневский решил такую задачу с периодической шероховатостной поверхностью. В работе М. А. Исаковича рассматриваются шероховатости, также крупные сравнительно с длиной волны, имеющие статистический характер.

Автор решил задачу, используя принцип Кирхгофа, т. е. допустил, что поле на шероховатой поверхности целиком определяется законами геометрической оптики. Подробно рассмотрен акустический случай и показана применимость полученных формул с небольшими изменениями для расчёта рассеяния электромагнитных волн. Докладчиком получены общие формулы для средних величин, характеризующих поле: средней интенсивности поля, средней флуктуации поля и охарактеризована связь между этими величинами и коррелятивными свойствами шероховатой поверхности.

М. А. Исакович рассчитал рассеянное поле при нормальном распределении смещений точек поверхности от средней плоскости, представив результаты расчёта для одного из видов коэффициента корреляции в виде характеристик направленности рассеяния для разных значений исходных параметров.

Л. А. Чернов рассмотрел в своём докладе «Распространение звука в статистически неоднородной среде».

Приняв, что «матроскопические» среда считается однородной и изотропной, а нерегулярные, «микроскопические» изменения свойств среды от точки к точке и с течением времени достаточно малы и медленны, докладчик решил задачу распространения звука в такой среде в лучевом приближении. Задав «микроскопическую» характеристику среды корреляционной функцией, связывающей малые отклонения скорости звука от среднего значения в двух точках среды, Л. А. Чернов вычислил средний квадрат отклонения луча от его первоначального направления при прохождении им всего пути. При этом он выбирал длину пути, большую по сравнению с радиусом корреляции, но так, чтобы отклонение луча на этом пути было бы ещё малым.

В результате учёта статистической независимости отклонений скоростей на концах луча получается характерная для среды константа, определяемая через корреляционную функцию и играющая роль коэффициента диффузии.

Пользуясь этой величиной, можно определить вероятность направления, которое будет иметь луч, прошедший по некоторому пути. Функция распределения направлений луча удовлетворяет уравнению Эйнштейна-Фоккера-Колмогорова. Л. А. Чернов получил наглядное представление о распространении луча, вычислив среднее значение косинуса угла отклонения луча от его первоначального значения и представив это значение через найденную константу среды. Оказалось, что при малых углах отклонения распределение под углом соответствует закону распределения Гаусса.

Определив средний квадрат расстояния по прямой от точки выхода луча до точки, в которую луч попадает, пройдя сложный путь в среде, докладчик нашёл, что в частном случае малых отклонений его результат совпадает с формулой, полученной Смолуховским для среднего квадрата смещения тяжёлой молекулы, прошедшей сложный путь в лёгком газе. Далее докладчик показал, что средние квадраты смещений луча от первоначального направления его растут пропорционально кубу пройденного им пути.

Совещание приняло резолюцию по вопросам стандартизации акустических измерений, одоблив в основном проект, предложенный Комитетом метрологии, однако, внося некоторые поправки, касающиеся терминологии и определения некоторых акустических величин. В другом постановлении совещания указывается на необходимость быстрее развития промышленного выпуска различных акустических измерительных приборов и намечены соответствующие практические меры.

Была также отмечена плодотворность настоящего совещания, позволившего обменяться мнением по вопросам акустических измерений физической акустики и распространения звуковых волн.

Решено впредь созывать тематические совещания по вопросам акустики 2—3 раза в год.

Б. Д. Тартаковский