

ИНФОРМАЦИЯ

О СТАТЬЯХ В АКУСТИЧЕСКОМ ЖУРНАЛЕ, АВТОРЫ КОТОРЫХ УДОСТОЕНЫ ПРЕМИЙ МЕЖДУНАРОДНОЙ АКАДЕМИЧЕСКОЙ ИЗДАТЕЛЬСКОЙ КОМПАНИИ “НАУКА/ИНТЕРПЕРИОДИКА” В 1996–2000 гг.

В 1995 г. Международная академическая издательская компания “Наука/Интерпериодика” учредила премии за лучшие работы, опубликованные в издаваемых ею журналах. Премии присуждаются авторам наиболее оригинальных работ, впервые опубликованных, или циклов работ преимущественно опубликованных, в этих журналах. Было учреждено 55 премий при количестве издаваемых журналов более 90. Конкурс статей проводится ежегодно.

По результатам конкурсов, проводившихся в 1996–2000 гг., премии присуждены авторам пяти работ, опубликованных в Акустическом журнале. Ниже приводится краткая характеристика этих работ.

Премии 1995 г. удостоен Ю.М. Сухаревский (Акустический институт им. Н.Н. Андреева) за статью *Статистика основных акустических параметров глубоководных районов океана и вероятностная дальность действия гидроакустических систем* (Акуст. журн. 1995. Т. 41. № 5. С. 548–564).

Известно, что дальность действия гидроакустических систем в сильной степени зависит от гидрофизических условий океана. Многолетние исследования акустики океана привели к созданию алгоритмов и компьютерных программ, позволяющих оценивать дальность действия гидроакустических систем с заданными техническими параметрами в самых сложных условиях. Развитие гидроакустической техники и ее информационной ветви позволяют создавать гидроакустические системы с параметрами, некоторые из которых оптимизированы к акустическим условиям океана. Открываются возможности реализовать максимальные дальности действия и другие показатели эффективности систем. Важной, однако, не достаточно разработанной стороной проблемы эффективности гидроакустических систем является задача определения их вероятностной дальности, реализуемой в реальных гидрофизических условиях океана. Статья Ю.М. Сухаревского, одного из основоположников гидроакустических исследований в нашей стране, посвящена этой актуальной проблеме.

В статье для совокупности гидрофизических условий глубоководных районов океана определена статистика основных акустических параметров океана – аномалии распространения звука в океаническом волноводе и уровня шума океана, а также статистика отношения этих величин, от которого зависит отношение сигнал/помеха в гидроакустической системе и, соответственно, ее дальность действия. Исследуется задача определения вероятностной дальности действия гидроакустической системы с заданными техническими параметрами, реализуемой с заданной статистической обеспеченностью в заданной совокупности гидрофизических условий в океане. В решении этой задачи используется разработанная автором статьи методика “КИД” (КИД – логарифмический коэффициент изменения дальности), базирующаяся на теории оптимальных частот. Методика позволяет, зная (из решения уравнения гидролокации) дальность действия гидроакустической системы данного вида (пассивная или активная система) с произвольными техническими параметрами в произвольных гидрофизических условиях, осуществлять непосредственный переход к дальности системы этого вида с другими произвольными параметрами в других произвольных условиях, или в совокупности условий (если известна статистика параметров). Для активных гидроакустических систем производится также оценка “реверберационной дальности” в неблагоприятных для них условиях приповерхностного звукового канала при больших скоростях ветра. Она учитывает сокращение дальности при наложении реверберационной помехи, а также при использовании для подавления реверберационной помехи известного широкополосного сигнала и когерентной обработки – сокращение дальности, связанное с дополнительным затуханием когерентной части сигнала. Статья Ю.М. Сухаревского является обобщением результатов многочисленных натуральных и численных экспериментов.

Ю.И. Бобровницкий и Т.М. Томилина (Институт машиноведения им. А.А. Благонравова РАН) удостоены премии 1996 г. за статью *Общие свойства и принципиальные погрешности метода эквивалентных источников* (Акуст. журн. 1995. Т. 41. № 5. С. 737–750).

Задача расчета поля излучения или рассеяния звука упругим телом – одна из фундаментальных задач акустики. Поставленная более ста лет назад, она по-прежнему привлекает внимание исследователей вследствие широкой области применения результатов и отсутствия удовлетворительно “работающих” методов расчета. Задача не имеет аналитического решения для большинства практически важных случаев за исключением тел простейшей формы. Прогресс в компьютерной технике стимулировал развитие численных методов. В последние годы все чаще стали публиковаться работы, в которых для решения задачи излучения звука используется так называемый метод эквивалентных источников (МЭИ), в частности, как альтернатива получившему широкое распространение методу граничных элементов (МГЭ). Сравнение этих методов показало, что МЭИ требует в несколько раз меньше машинного времени для получения результатов с одинаковой точностью. Однако широкое практическое применение МЭИ пока сдерживается. Причиной этому служит отсутствие обоснованных рекомендаций по выбору алгоритмов и неопределенность пределов применимости метода.

Целью работы служило систематическое исследование общих свойств МЭИ, связанных с особенностями представления поля излучателя (рассеивателя) эквивалентными акустическими источниками, анализ принципиальных погрешностей метода и формулирование некоторых задач, решения которых могут указать возможности повышения его точности.

Авторами статьи исследуются общие свойства МЭИ – численного метода решения задачи излучения звука сложными упругими конструкциями. Метод состоит в замене реального излучателя системой простых внутренних эквивалентных источников. Он имеет ряд достоинств (большая скорость, контролируемая точность вычислений). Однако, как отмечалось выше, метод пока алгоритмически не формализован вследствие недостаточной теоретической базы. Авторами статьи рассмотрена проблема потери точности метода на частотах так называемого внутреннего резонанса. Показано, что математически это означает функциональную неполноту системы полей эквивалентных источников, а физически – как бы “шунтирование” внешней среды ее внутренним объемом. Установлено, что ряд общих свойств метода (плохая обусловленность, пространственные осцилляции источников) связан с особенностями поведения неоднородных волн или, иначе, высоких пространственных гармоник поля, которые характеризуются быстрыми осцилляциями по одним пространственным координатам и сильным убыванием вдоль других. Эти пространственные гармоники поля определяют условие представимости акустических полей эквивалент-

ными источниками. Много внимания уделено принципиальным погрешностям метода, обусловленным неполнотой полей внутренних эквивалентных источников, их зависимости от расположения источников и ошибок входных данных. Сформулированы четыре нерешенные теоретические проблемы, связанные с выбором оптимальных значений параметров алгоритма. Исследование проведено аналитически на примере задачи излучения Неймана для сферы. Подробно обсуждаются справедливость полученных результатов для излучателей других геометрических форм и физическая интерпретация результатов.

В.Г. Андреев, В.Н. Дмитриев, Ю.А. Пищальников, О.В. Руденко, О.А. Сапожников, А.П. Сарвазян (Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова) удостоены премии по итогам конкурса 1997 г. за статью *Наблюдение сдвиговой волны, возбужденной с помощью фокусированного ультразвука в резиноподобной среде.*

Акустические волны, распространяясь в поглощающей среде, передают ей свое количество движения. В жидкости, не обладающей сдвиговой упругостью, это приводит к возникновению акустических течений. В твердых телах, где такие гидродинамические потоки невозможны, возникают упругие напряжения. Как следствие, область звукопоглощения должна стать источником распространяющихся упругих возмущений, в частности, сдвиговых волн. Принято считать, что при распространении продольных волн в однородном твердом теле сдвиговые волны могут возникать лишь в результате отражения продольных волн от границ. Однако, можно ожидать, что даже в слабо поглощающих звук телах возбуждение сдвиговых напряжений должно быть заметным в областях высоких градиентов интенсивности продольных волн. Предметом статьи служило экспериментальное исследование этого эффекта и его теоретическое обоснование.

Высокие градиенты интенсивности продольных волн возникают в области “перетяжки” сфокусированного акустического пучка, поперечный размер которого может быть сравним с длиной продольной волны. Однако, даже в фокусе довольно интенсивной и короткой волны, возникающие сдвиговые напряжения и соответствующие деформации могут быть довольно малы и надежная регистрация их может быть затруднена. Для увеличения сдвиговых деформаций авторы использовали среду с весьма небольшим модулем сдвига на несколько порядков меньше модуля продольной упругости. Другое обстоятельство, которое было принято во внимание – необходимость использования “неразрушающего” метода регистрации эффекта. Был использован оптический метод.

В статье приводятся результаты эксперимента, в котором зарегистрирована сдвиговая волна, возбуждаемая при поглощении продольной волны. Использовался фокусированный пучок продольных волн на частотах 1–2 МГц, распространяющийся в прозрачной резиноподобной среде, регистрация сдвиговых волн проводилась с помощью оптического пробного луча. Измеренная скорость сдвиговой волны совпала с ее теоретическим значением, рассчитанным на основе известного сдвигового модуля среды. Построена теоретическая модель явления, которая позволила рассчитать характеристики генерируемой сдвиговой волны в зависимости от параметров среды и исходной продольной волны. Результаты измерений хорошо описываются теорией.

По результатам конкурса работ 1998 г. премия была присуждена Ю.П. Лысанову и Л.М. Лямшеву (Акустический институт им. Н.Н. Андреева) за статью *Рассеяние звука случайными объемными неоднородностями с фрактальным спектром* (Акуст. журн. 1998. Т. 44. № 4. С. 506–509).

Многочисленные экспериментальные данные свидетельствуют о том, что частотная зависимость затухания низкочастотного звука в подводном звуковом канале (ПЗК) в океане описывается так называемым “законом трех вторых”. Объяснений этому не существовало. Не так давно удалось показать, что затухание и его указанная частотная зависимость могут быть обусловлены рассеянием звука на объемных неоднородностях – флуктуациях показателя преломления в ПЗК, если принять во внимание анизотропию неоднородностей и выбрать подходящим образом для их описания корреляционную функцию (Ю.П. Лысанов). Однако полной ясности, по-прежнему, не существовало. Было высказано предположение (Л.М. Лямшев) о фрактальном происхождении затухания, поскольку показатель частотной зависимости имеет дробную размерность. Выполненное авторами исследование позволило установить фрактальную природу закона трех вторых и сделать заключение о том, что объемные неоднородности в ПЗК в океане представляют собой облака с характерной для них фрактальной границей, или, точнее, облака – мультифракталы.

В статье в приближении метода малых возмущений рассматривается рассеяние звука случайными анизотропными объемными неоднородностями – флуктуациями показателя преломления в океане. Предполагается, что неоднородности резко анизотропны мелкомасштабны по глубине и крупномасштабны в горизонтальной плоскости. Такой вид неоднородностей, как показывают результаты многочисленных экспериментальных исследований, является типичным для океана. Выявлена связь между наблюдаемой частотной зависимостью затухания низкочастотного

звука, распространяющегося в подводном звуковом канале (ПЗК) и фрактальными свойствами резко анизотропных неоднородностей. Впервые установлена фрактальная природа затухания низкочастотного звука в ПЗК в океане и получила теоретическое обоснование экспериментальная частотная зависимость затухания – “закон трех вторых”. Затухание звука обусловлено его рассеянием на границах объемных неоднородностей и “вытеканием” рассеянных волн из ПЗК. Выяснилось, что фрактальная размерность границ объемных неоднородностей в океане и фрактальная размерность границ облаков в атмосфере практически совпадают. Так как атмосфера стратифицирована, то облака в атмосфере, вообще говоря, не самоподобны, а самоафинны. В этой связи облака в атмосфере рассматриваются как мультифракталы. Это, можно отнести и к объемным неоднородностям в стратифицированном океане. Следовательно, можно говорить об объемных неоднородностях (флуктуациях показателя преломления) в океане, как об облаках – мультифракталах с присущим мультифракталу спектром фрактальных размерностей (спектром сингулярностей). Рассчитанные на основе рассмотренной модели абсолютные значения коэффициента затухания низкочастотного звука в ПЗК в океане также согласуются с усредненными натурными данными. Таким образом, можно утверждать, что фрактальную природу имеет не только частотная зависимость затухания низкочастотного звука, но и объемные резко анизотропные неоднородности в ПЗК представляют собой облака – мультифракталы, в определенном смысле подобные облакам в атмосфере.

А.П. Брысев, Ф.В. Бункин, Л.М. Крутянский, В.Л. Преображенский, А.Д. Стаховский (Институт общей физики РАН), Ю.В. Пыльнов (Московский институт радиотехники, электроники и автоматики), М.Ф. Гамильтон, К.Б. Кэннигхэм, С.Дж. Янгхаус (Техасский университет, Остин, Техас, США) удостоены премии 1999 г. за статью *Нелинейное распространение квазиплоского ультразвукового пучка с обращенным волновым фронтом* (Акуст. журн. 1998. Т. 44. № 6. С. 738–748).

Обращение волнового фронта (ОВФ) это такое преобразование волнового поля, при котором направление распространения волн изменяется на противоположное с сохранением первоначального распределения амплитуд и фаз. Проблема ОВФ для ультразвука привлекает внимание исследователей своеобразием физических свойств обращенных волновых фронтов и уникальными возможностями, которые открывает применение техники ОВФ в физических исследованиях, неразрушающем контроле, технологии и медицине.

В последние годы достигнут значительный прогресс в изучении ОВФ ультразвуковых пуч-

ков. Заслуга в этом принадлежит, прежде всего, российским ученым – авторам статьи. Одному из них (Ф.В. Бункин) принадлежат работы, положившие начало систематическому исследованию физических методов ОВФ в акустике жидкостей. В частности, используя принципы параметрического ОВФ в магнестрикционной керамике при накачке переменным магнитным полем, они осуществили ОВФ ультразвука на частотах 5–30 МГц с гигантским (до 80 дБ) усилением по отношению к падающей волне. Эти результаты были ранее опубликованы ими в Акустическом журнале.

Распространение высокоинтенсивных “обращенных” ультразвуковых пучков сопровождается нелинейными искажениями, что может оказать негативное влияние на качество ОВФ. Этой проблеме и посвящена удостоенная премии статья.

В статье приведены экспериментальные и расчетные результаты исследования ОВФ ультразвука и нелинейного распространения в воде квазиплоского ультразвукового пучка с обращенным фронтом. Получено количественное соответствие

экспериментальных и теоретических результатов при начальной интенсивности обращенного пучка 2 Вт/см^2 в области до образования разрыва. Зарегистрировано нарастание искажений волнового профиля с ростом интенсивности обращенного пучка и пройденного им расстояния. С помощью численного моделирования условий, близких к экспериментальным, показано, что вплоть до указанного значения интенсивности ультразвука искажения поперечного профиля обращенного пучка, в основном, обусловлены конечным размером апертуры обращаемого элемента. Разработка высокоэффективных методов акустического ОВФ определила новый этап в развитии физики и техники ультразвуковых пучков с обращенным волновым фронтом. Следует ожидать, что уже в ближайшие годы могут быть созданы специализированные ультразвуковые ОВФ системы для конкретных приложений.

Л.М. Лямшев

Сдано в набор 17.03.2000 г.

Подписано к печати 29.05.2000 г.

Формат бумаги $60 \times 88^{1/8}$

Офсетная печать

Усл. печ. л. 18.0

Усл. кр.-отт. 4.8 тыс.

Уч.-изд. л. 18.4

Бум. л. 9.0

Тираж 259 экз.

Зак. 3720

Свидетельство о регистрации № 0110221 от 08.02.93 г. в Министерстве печати и информации Российской Федерации

Учредители: Российская академия наук,

Отделение общей физики и астрономии РАН

Адрес издателя: 117864, Москва, Профсоюзная ул., 90

Отпечатано в ППП “Типография “Наука”, 121099, Москва, Шубинский пер., 6