

4. Лямшев Л.М. Незеркальное отражение звука тонкими ограниченными пластинами в жидкости // *Acta Phys. Academical Scientarum Hungarical.* 1956. V. 6. № 1. P. 56.
5. Лямшев Л.М. Незеркальное отражение звука тонкой цилиндрической оболочкой // *Акуст. журн.* 1956. Т. 2. № 2. С. 188.
6. Лямшев Л.М. Отражение звука тонким стержнем в воде // *ДАН СССР.* 1956. Т. 110. № 1. С. 48.
7. Лямшев Л.М. Рассеяние звука упругими цилиндрами // *Акуст. журн.* 1959. Т. 5. № 5. С. 58.
8. Лямшев Л.М., Рудаков С.Н. Отражение звука толстыми ограниченными пластинами в жидкости. *Акуст. журн.* 1956. Т. 2. № 2. С. 228.
9. Лямшев Л.М. Дифракция звука на полубесконечной упругой пластине в движущейся среде // *Акуст. журн.* 1966. Т. 12. № 3. С. 240.
10. Лямшев Л.М. Рассеяние звука полубесконечной цилиндрической оболочкой в движущейся среде // *Акуст. журн.* 1967. Т. 13. № 1. С. 90.
11. Лямшев Л.М. Излучение и рассеяние статистических звуковых полей тонкими упругими оболочками и пластинками // *Сб. реф. докл. IV Всесоюз. конф. М.-Л.: Изд-во АН СССР, 1958.*
12. Лямшев Л.М. К вопросу о принципе взаимности в акустике // *ДАН СССР.* 1959. Т. 125. № 6. С. 1231.
13. Лямшев Л.М., Рудаков С.Н. Излучение звука пластинками и оболочками в воде // *Акуст. журн.* 1961. Т. 7. № 3. С. 380.
14. Лямшев Л.М. Об одном способе решения задач излучения звука тонкими упругими оболочками и пластинками // *Акуст. журн.* 1959. Т. 5. № 1. С. 122.
15. ten Wolde T. On the Validity and Application of Reciprocity in Acoustical, Mechano-Acoustical and other Dynamical Systems // *Acustica.* 1973. V. 28. № 1. P. 23.
16. Steenhoek H.F., ten Wolde T. The Reciprocal Measurement of Mechanical-Acoustical Transfer Functions // *Acustica.* 1970. V. 23. № 6. P. 301.
17. Fahy F.Y. The Reciprocity Principle and Applications in Vibro-Acoustical Measurements // *Proc. Inst. Acoust.* 1990. V. 12. № 1. P. 1.
18. de Billy M., Adler L., Quentin G. Measurements of Back-Scattering Leary Lamb Waves in Plates // *JASA.* 1984. V. 75. № 3. P. 998.
19. Музыченко В.В. Дифракция звука на упругих оболочках. М.: Наука, 1993. 380 с.

УДК 534.231

ИССЛЕДОВАНИЯ СТАТИСТИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК МОРСКОЙ СРЕДЫ И ИХ ВЛИЯНИЯ НА АКУСТИЧЕСКОЕ ПОЛЕ

© 1997 г. Г. И. Приймак

Начиная с шестидесятых годов в Акустическом институте АН СССР по инициативе Л.М. Бреховских и Ю.М. Сухаревского началась систематическая комплексная исследования статистических характеристик акустических полей, обусловленных статистическими неоднородностями морской и океанической сред.

Теоретическая часть исследований проводилась профессором Л.А. Черновым, экспериментальная под руководством профессора Ю.М. Сухаревского в экспедициях АКИН на Сухумской морской станции, а затем и в океанических рейсах на э/с АКИН "Сергей Вавилов" и "Петр Лебедев". Результаты этих исследований вошли составной частью в большое число научно-исследовательских работ, выполнявшихся в период 1954–90 гг., а также в рекомендации по созданию гидроакустической техники, выполняемой институтами и предприятиями промышленности. Многие результаты нашли свое отражение также в различных печатных публикациях и докладах. При проведении этих исследований был создан и использован большой набор экспериментальной техники. Так, например, были построены объем-

ные антенны, типа пространственных крестов для измерения характеристик тепловых неоднородностей, турбулентных пульсаций скорости, течения, параметров внутренних волн. Положение антенны непрерывно регистрировалось дистанционными глубиномерами, датчиками крена в двух плоскостях, компасами. Все измерения выводились многожильными кабелями в места регистрации на судно или берег и записывались в единой системе времени на шлейфовые осциллографы высокой чувствительности, магнитофоны и другие регистраторы. Затем все материалы подвергались статистической обработке. Звуковые сигналы регистрировались на одиночные гидрофоны и различные гидроакустические антенны. За время исследований был накоплен значительный материал и получены результаты в следующих основных направлениях:

- статистические зависимости параметров тепловых флуктуаций и турбулентных пульсаций от средних характеристик теплового и скоростного режимов среды;

- оценки характеристик флуктуаций параметров акустических сигналов, обусловленных ста-

статистическими неоднородностями параметров среды;

– оценки угловых и временных параметров сигналов, точностей измерения этих параметров и их вероятностных характеристик;

– вклад рассеянного на статистических неоднородностях среды поля в засветке областей дифракционной тени;

– потери в показателях качества принимаемых сигналов из-за мультипликативной помехи, обусловленной флуктуациями параметров среды распространения;

– роль внутренних волн в среде распространения в изменчивости параметров принимаемого гидроакустического поля;

– учет в различных режимах методов подводного наблюдения и их алгоритмах быстрых и медленных мультипликативных помех, обусловленных статистической изменчивостью параметров среды распространения звука.

Результаты этих исследований использовались и используются при создании различных гидроакустических приборов и систем подводного наблюдения с требуемыми техническими параметрами и характеристиками. Кроме того, полученные статистические закономерности для параметров акустических полей, при распространении звука в статистически-неоднородной морской среде, представляют общефизический интерес и служат проверкой соответствующих теоретических исследований.

УДК 534.231

РАЗВИТИЕ МЕТОДОВ ИССЛЕДОВАНИЯ ЗВУКОВЫХ ПОЛЕЙ В ПОДВОДНЫХ ВОЛНОВОДАХ

© 1997 г. Н. В. Студеничник

Работы, выполненные в 1942 году в Черном море Н.Н. Андреевым, Л.Д. Розенбергом, Л.М. Бреховских и другими, положили начало отечественных исследований распространения звука в море.

Началом исследований в глубоких морях были опыты, проведенные в 1946 году Л.Д. Розенбергом и другими в Японском море, когда были обнаружены большие дальности распространения звука взрывных источников. Теоретическое обоснование дальнего распространения выполнено Л.М. Бреховских, и дана теория подводного звукового канала.

В 1951 году Л.Д. Розенбергом и Л.М. Бреховских был поставлен эксперимент по изучению в условиях Черного моря эффекта подводного звукового канала с использованием тонального непрерывного излучения на трассе от Сухумийского мыса до берегов Болгарии.

С 1950 по 1961 годы исследования распространения звука в море проводились, главным образом, на Черном море под руководством Ю.М. Сухаревского в рамках комплексных исследований гидроакустических сигналов и помех. В результате этих работ были, в основном, развиты современные методы постановки экспериментальных и теоретических исследований и физических обоснований явлений, возникающих при распространении звука в подводных волноводах. Полученные в Черном море закономерности оказались фундаментальными и в дальнейшем подтверждены в экспериментах в океанских волноводах.

В 1954 году А.Л. Соседовой в условиях берегового клина были обнаружены зона конвергенции на расстояниях 3–5 км и сильная засветка зоны тени, уровень звукового поля в которой только на 10–15 дБ был ниже сферического расхождения. Это противоречило теоретическим расчетам Х.Л. Пекериса, а в дальнейшем и И.Д. Иванова, согласно которым поле в зоне тени должно спадать по экспоненциальному закону, достигая уровня – 50 дБ уже на малых расстояниях от граничного луча.

Для обоснования полученных высоких уровней поля в зоне тени был привлечен Г.Д. Малюжинец, разрабатывающий к этому времени метод параболического уравнения (метод поперечной диффузии). Хотя с помощью этого метода не удалось объяснить явление (так как результаты теоретических исследований не имели, по существу, непосредственного отношения к наблюдаемому полю донных отражений в зоне тени), разработанный метод явился в дальнейшем основным и эффективным для расчетов звуковых полей в неоднородных волноводах.

В 1955 году по предложению Ю.М. Сухаревского образуется лаборатория под руководством Н.С. Агеевой в составе Н.В. Студеничника, Е.П. Мастерова, З.П. Гулина и других, всецело направленная на исследования распространения звука в море.

К этому времени в результате колоссальных усилий Ю.М. Сухаревского в районе Сухумского маяка вводятся в строй новые мощные излучаю-