

ЛИТЕРАТУРА

В. М. Григорьева. Влияние шума ультразвуковых установок на организм работающих. Сб. «Ультразвук. техника», 1963, 2, 65—67.

Всесоюзный центральный
и.-и. институт охраны труда
Москва

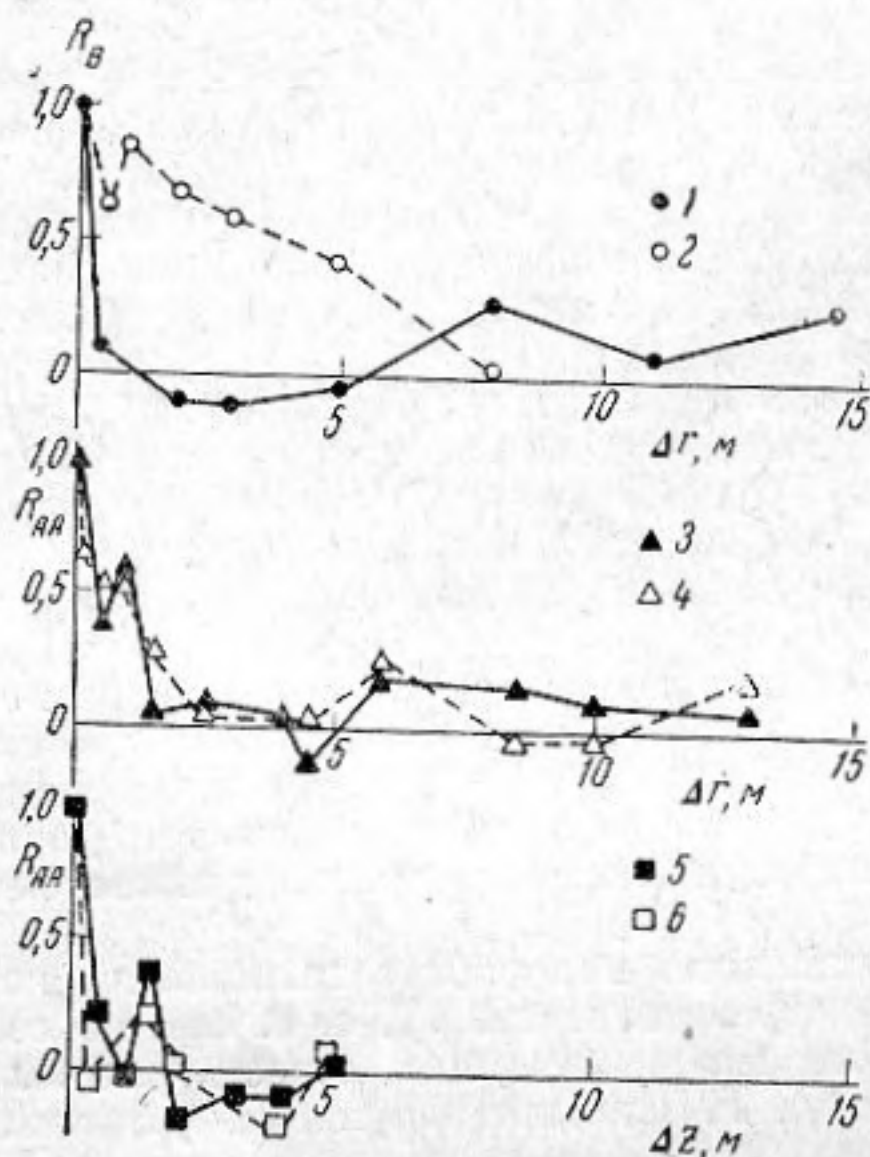
Поступило в редакцию
26 февраля 1964 г.

УДК 534.87

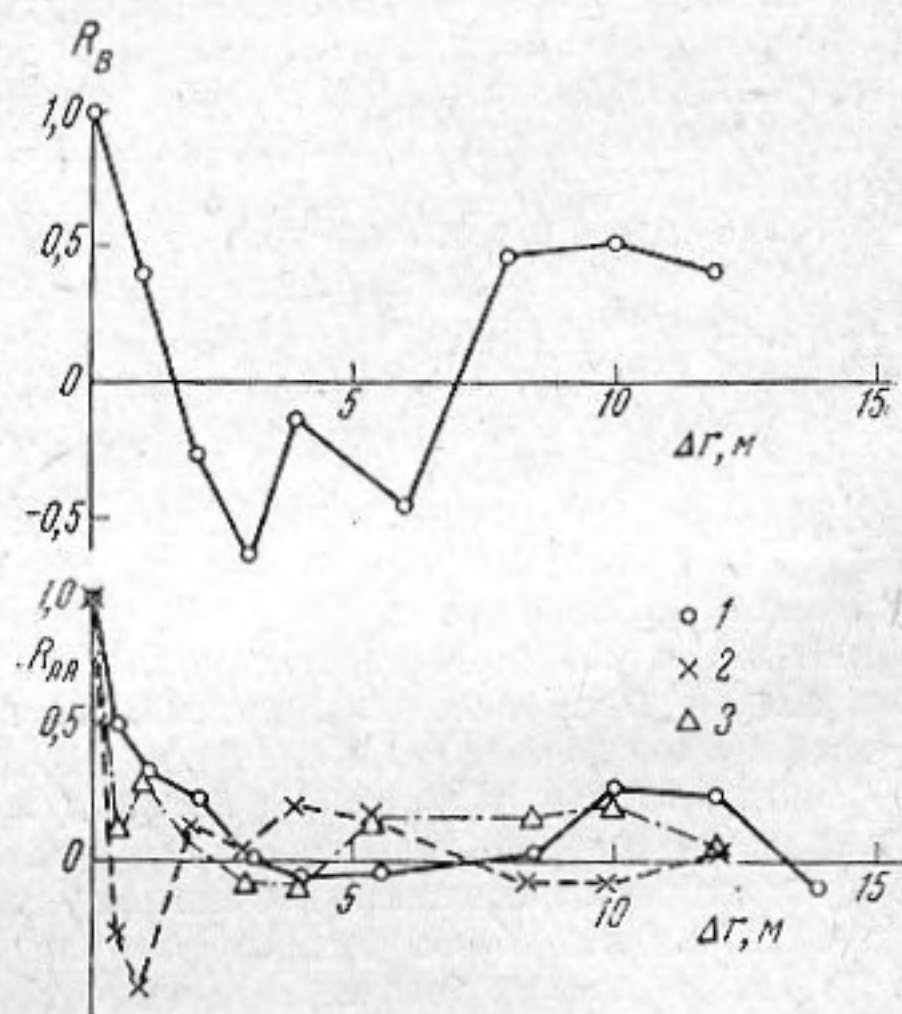
ПРОСТРАНСТВЕННАЯ КОРРЕЛЯЦИЯ ФЛЮКТУАЦИЙ АМПЛИТУДЫ НЕПРЕРЫВНОГО ТОНАЛЬНОГО СИГНАЛА ПРИ НАЛИЧИИ ОТРАЖЕНИЯ ОТ ВЗВОЛНОВАННОЙ МОРСКОЙ ПОВЕРХНОСТИ

Э. П. Гулин, К. И. Малышев

При излучении непрерывного гидроакустического сигнала в точке приема происходит наложение прямого сигнала и сигналов, отраженных от дна и поверхности моря. На основании измерений флюктуаций амплитуды импульсных сигналов в диапазоне 4—36 кГц и на расстояниях до 1500 м от излучателя в работе [1] был сделан вывод о том, что флюктуации амплитуды прямого сигнала пренебрежимо малы по сравнению с флюктуациями амплитуды сигнала, отраженного от волнующейся поверхности моря. В мелководных районах наряду с сигналами однократно отраженными от дна и поверхности, в точке приема могут наблюдаться сигналы, обусловлен-



Фиг. 1



Фиг. 2

ные многократными отражениями от дна и поверхности моря. Их интенсивность по отношению к прямому сигналу зависит от взаимного расположения излучателя и приемника, их характеристик направленности (в частности, от величины боковых лепестков), от рельефа дна и отражающих свойств грунта. Многократные донно-поверхностные отражения носят обычно нерегулярный характер и уменьшают когерентность суммарного сигнала в точке приема. Это должно приводить к росту флюктуаций и расширению спектра флюктуаций амплитуды непрерывного сигнала по сравнению с флюктуациями импульсного сигнала, однократно отраженного от морской поверхности. Действительно, проведенные ранее измерения [1] показали, что при одном и том же состоянии поверхности моря коэффициент вариации амплитуды непрерывного сигнала в большинстве случаев превышает коэффициент вариации амплитуды импульса, отраженного от морской поверхности, а интервалы временной автокорреляции флюктуаций амплитуды непрерывных сигналов, как правило, меньше интервалов автокорреляции флюктуаций амплитуды отраженных от поверхности импульсов и изменяются обратно-пропорционально частоте излучения. Эти выводы следуют также из сопоставления результатов работ [2, 3] для мелководного слоя (пресноводного бассейна).

В настоящей заметке приводятся результаты измерения пространственной корреляции флюктуаций амплитуды непрерывных звуковых сигналов на частотах 2,5; 4; 7 и 15 кгц. Расстояние между излучателем и приемной системой в различных экспериментах составляло 500—700 м. Трасса распространения звука пролегла в области берегового клина с уклоном дна 20—30°.

Пьезокерамический излучатель был помещен в параболический отражатель из пенопласта, который устанавливался на склоне дна на глубинах 40 и 80 м. Полуширина характеристики направленности в горизонтальной и вертикальной плоскостях составляла по давлению на уровне 0,7 около 30° на частоте 4 кгц и уменьшалась с ростом частоты. Приемная система опускалась на глубину 30—60 м с борта судна, стоявшего на двух якорях. Она представляла собой металлический каркас, который позволял разносить микроприемники по горизонтали до 15 м и по вертикали — до 5 м. По длине и по высоте базы были неравномерно расположены 12 ненаправленных приемников. С различных пар приемников велась двухканальная запись процессов, на киноплёнку. Продолжительность каждой записи равнялась 2—3 мин.

В процессе последующей обработки записи делились на 100 частей и осуществлялось по 100 отсчетов амплитуды каждого процесса, для которых затем вычислялся коэффициент взаимной корреляции.

Параллельно с акустическими измерениями производилась запись волнения с помощью двухканального электроволнографа. Датчики волнения разносились вдоль береговой линии максимально до 15 м и перпендикулярно береговой линии — до 10 м. Продолжительность записей волны составляла 2—3 мин, весь цикл измерений по двум взаимно-перпендикулярным направлениям занимал 1—1,5 часа. Поскольку датчики волны были размещены в прибрежной полосе (расстояние от берега 25—30 м), неизбежны были погрешности, связанные с близостью берега (интерференция волн, отраженных от берега и свай пирса, деформации их формы). Полученные в таких условиях характеристики волнения дают лишь грубое приближение к действительным характеристикам волнения по трассе.

В результате обработки экспериментальных данных получены серии коэффициентов пространственной корреляции волнения и флюктуаций амплитуды при различном состоянии морской поверхности (1—3 балла) и при различном расположении приемной системы относительно трассы распространения звука. В качестве примера на фиг. 1 представлены коэффициенты пространственной корреляции волнения R_{ν} по двум взаимно-перпендикулярным направлениям (1 — вдоль берега, 2 — перпендикулярно береговой линии) в случае волны 1—2 балла и полученные в этих условиях коэффициенты пространственной автокорреляции флюктуаций амплитуды сигнала R_{AA} при разнесении приемников по горизонтали (3 — $f = 2,5$ кгц, 4 — $f = 4$ кгц) и по вертикали (5 — $f = 2,5$ кгц, 6 — $f = 4$ кгц). Экспериментальные точки на графиках для наглядности соединены отрезками прямых.

В данном случае поверхностная волна со среднеквадратичной высотой $\sqrt{H^2} = 15$ см и длиной волны $\Lambda = 8$ —10 м (по данным визуального наблюдения) распространялась в направлении, составлявшем угол 20° с береговой линией и 70° — с плоскостью приемной базы. Стрела, на которой подвешивались датчики волнографа, позволяла разносить их перпендикулярно береговой линии не более чем на 8—10 м, что при наблюдавшемся волнении было недостаточно. Излучатель и приемная база были расположены на глубине 40 м (угол скольжения $\psi \cong 16$); при этом параметр Рэлея равнялся $\Phi = k\sqrt{H^2} \sin \psi \cong 0,26$ на частоте 2,5 кгц и $\Phi \cong 0,4$ на частоте 4 кгц. Из графиков видно, что коэффициенты корреляции R_{AA} по горизонтали спадают до уровня 0,2 уже при разнесении микроприемников на 1,5—2 м и при больших Δr не превышают по модулю значения 0,2. Корреляция при разнесении приемников по глубине уменьшается заметно быстрее.

На фиг. 2 приведены коэффициенты пространственной корреляции волнения и флюктуаций амплитуды при разнесении приемников по горизонтали вдоль трассы распространения звука (1 — $f = 4$ кгц, 2 — $f = 7$ кгц, 3 — $f = 15$ кгц). На поверхности моря наблюдалось волнение типа зыби силой 3 балла ($\sqrt{H^2} \cong 25$ см, $\Lambda \cong 10$ м), которая распространялась вдоль береговой линии и составляла угол 45° с плоскостью приемной базы. Излучатель был расположен на глубине 80 м, приемная система — на глубине 40 м. Из графиков видно, что на частоте 4 кгц ($\Phi \cong 0,8$) коэффициент корреляции спадает в e раз при $\Delta r = 1$ —1,5 м, однако, при $\Delta r = 10$ —12 м наблюдается область заметной корреляции. На частоте 7 кгц ($\Phi \cong 1,5$) виден резкий спад R_{AA} при малых Δr с заходом в область антикорреляции. При $\Delta r > 2$ м $|R_{AA}| \leq 0,2$. На частоте 15 кгц ($\Phi \cong 3,1$) видно еще более резкое уменьшение корреляции при малых Δr (интервал корреляции по спаду в e раз равен $\Delta r \cong 1$ м).

Представляет интерес сравнить полученные результаты с аналогичными данными для импульсных сигналов, приведенными в работе [4]. Такое сравнение допустимо, поскольку эксперименты с импульсными и непрерывными сигналами проводились примерно в одинаковых условиях. Прежде всего, обращает на себя внимание более быстрый спад корреляции флюктуаций амплитуды непрерывных сигналов при разнесении приемников (интервалы корреляции в большинстве случаев не превышают 0,5—2 м). Этот эффект наиболее ярко выражен при значениях параметра Рэлея, малых по сравнению с единицей; осцилляционный характер спада корреляционных кривых при разнесении приемников, как правило, отсутствует. С ростом частоты и силы

волнения наблюдается некоторое уменьшение интервалов пространственной корреляции флюктуаций амплитуды непрерывного сигнала. Вид корреляционных кривых в отличие от случая импульсных сигналов слабо зависит от направления движения волны и ориентации приемной базы в горизонтальной плоскости. Наблюдаемый изотропный характер рассеяния обусловлен, по-видимому, многократными отражениями от дна и поверхности моря в береговом клине с неровными границами.

ЛИТЕРАТУРА

1. Э. П. Гулин, К. И. Малышев. О статистических свойствах звуковых сигналов, отраженных от волнующейся поверхности моря. Акуст. ж., 1962, 8, 3, 292—300.
2. Л. Н. Захаров. Распространение тональных сигналов в плоском слое воды с волнующейся поверхностью. Акуст. ж., 1960, 6, 4, 455—461.
3. Г. Е. Смирнов, О. С. Тонаканов. Флюктуации импульсных гидроакустических сигналов при отражении от водной поверхности при наличии волнения. Акуст. ж., 1960, 6, 4, 482—490.
4. Э. П. Гулин, К. И. Малышев. Некоторые опыты по изучению пространственной корреляции флюктуаций амплитуды и фазы звуковых сигналов, отраженных от волнующейся поверхности моря. Акуст. ж., 1964, 10, 4, 425—430.

Акустический институт АН СССР
Москва

Поступило в редакцию
17 февраля 1964 г.