

КРАТКИЕ СООБЩЕНИЯ

УДК 551.46

ВЗАИМНАЯ КОРРЕЛЯЦИЯ СИГНАЛОВ, РАСПРОСТРАНЯЮЩИХСЯ В ГЛУБОКОМ ОКЕАНЕ

© 1994 г. О. П. Галкин, С. Д. Панкова

Акустический институт им. Н.Н. Андреева РАН

117036 Москва, ул. Шверника, 4

Поступила в редакцию 30.11.93 г.

При измерении корреляции между широкополосными сигналами в килогерцевом диапазоне частот, распространяющимися в глубоком океане по "чисто" водным лучам и проходящими к приемной системе под разными углами в вертикальной плоскости с относительно небольших расстояний от источника (менее 200 км), в ранее проведенных экспериментах были получены большие значения коэффициентов корреляции. Так, для сигналов, распространяющихся только по водным лучам на дистанции от ~48 км до ~180 км (1 - 3-я зоны конвергенции), получены значения коэффициентов корреляции до 0.9 - 0.95. Однако такие значения коэффициента корреляции характерны только при достаточно хорошем пространственном разрешении проходящих в точку приема лучей, т.е. при так называемом однолучевом приеме, когда в каждую из используемых диаграмм направленности приемной системы попадал практически один луч. При одновременном приеме сигналов, проходящих по различным, но близким по углу лучам и, следовательно, не разрешаемым с помощью имеющихся диаграмм направленности (так называемый многолучевой прием), максимальные значения коэффициента корреляции заметно снижались (до 0.24 - 0.79), так как они определялись уже не столько условиями распространения сигналов, сколько числом неразрешаемых лучей, соотношением интенсивностей сигналов, проходящих по этим лучам, временными задержками сигналов, шириной полосы используемых частот, уровнем некоррелированных с сигналами помех.

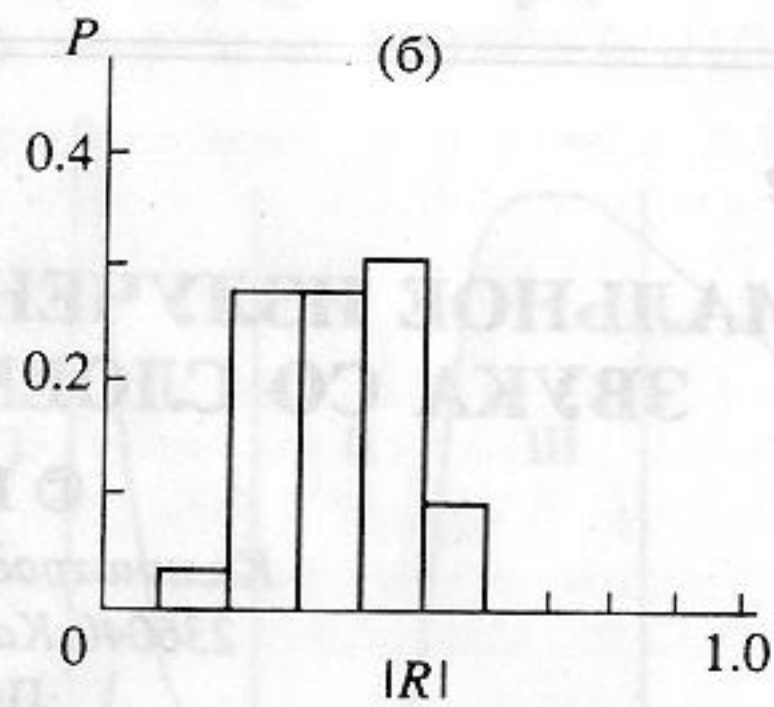
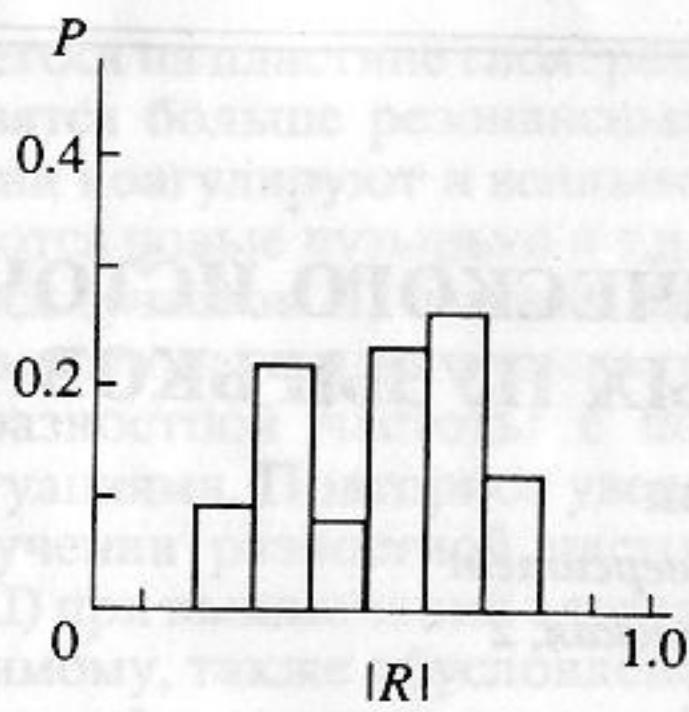
Эксперименты, проведенные в различных районах Мирового океана, показали, что аналогичные результаты получаются и на значительно больших дистанциях (максимальные расстояния в опытах достигали 700 км), если интенсивность принимаемых сигналов заметно превышала интенсивность некоррелированных помех.

Рассмотрим некоторые результаты исследований, выполненных в Индийском океане. Эксперименты проводили на двух дрейфующих судах (одно судно излучает, другое - принимает) при излучении непрерывного псевдошумового сигнала с полосой частот от 0.5 до 1.5 кГц. Пространствен-

ное разрешение принятых сигналов, осуществляемое вертикальной антенной, составляло $2^\circ - 2.5^\circ$ (по уровню 0.7), временное разрешение - 1.4 мс. Зависимость скорости звука от глубины была типичной для тропической области Индийского океана: резкий слой скачка находился на глубине ~100 м, а ось подводного звукового канала на глубине ~1700 м.

Приведем результаты измерений коэффициента взаимной корреляции сигналов, проходящих в точку приема по различным лучам, для двух дистанций - 360 и 700 км. Ненаправленный излучатель и приемная система находились в этих опытах ниже слоя скачка, но значительно выше оси подводного звукового канала. Во время опытов глубина излучения составляла 200 м, а глубина расположения центра приемной антенны - 180 м (при работах на дистанции $R = 360$ км) или 545 м ($R = 700$ км).

В условиях многолучевого распространения звука коэффициенты взаимной корреляции между сигналами, распространяющимися водным путем и пришедшими на антенну под разными углами в вертикальной плоскости, лежали в пределах 0.36 - 0.52 для дистанции 360 км (для углов поворота диаграмм направленности $\pm 5^\circ$) и 0.29 - 0.36 для дистанции 700 км и угла поворота диаграмм направленности $\pm 11^\circ$. Здесь сознательно говорится об углах поворота диаграмм направленности в вертикальной плоскости, а не об углах прихода лучей, так как на рассматриваемых дистанциях в каждую из диаграмм попадал не один, а несколько лучей. Гистограммы разброса величин коэффициентов взаимной корреляции для сигналов с разностью времен прихода 5 мс (на 360 км) и 119 мс (на 700 км) приведены соответственно на рисунке. На рисунке указаны средние значения коэффициентов корреляции ($|\bar{R}|$) и их разброс, характеризуемый величиной среднеквадратичного отклонения ($\sigma_{|R|}$) за время наблюдения - 25 мин на 360 км и 44 мин на 700 км (для N независимых измерений). С помощью корреляционной обработки, несмотря на относительно небольшое превышение интенсивности принимаемых сигналов над помехой (оно изменялось в пределах от 2 до 6 раз), удалось разрешить по времени прихода часть



Гистограммы флуктуаций коэффициента взаимной корреляции сигналов: а – дистанция 360 км, $|\bar{R}| = 0.52$, $\sigma_R = 0.15$, $N = 65$; б – дистанция 700 км, $|\bar{R}| = 0.36$, $\sigma_R = 0.10$, $N = 139$.

лучей, попадающих в диаграммы направленности приемной антенны: для $R = 360$ км были выявлены четыре луча, а для $R = 700$ км – три. Средние значения коэффициентов корреляции, просуммированных по всем разрешенным по времени прихода лучам, равны 0.72 для 360 км и 0.60 для 700 км. Достаточно большие коэффициенты корреляции являются следствием незначительных различий в спектрах сигналов, распространяющихся разными путями по водным лучам не большие дистанции.

Опыты по измерению коэффициентов корреляции между сигналами, распространяющимися водным путем, и сигналами, отраженными от поверхности, проводились в Тихом и Атлантическом океанах в 1, 2 и 3-й зонах конвергенции. Усредненные для каждой зоны конвергенции по совокупности полученных значений коэффициентов корреляции, просуммированных по всем лучам, составили для 1-й зоны – 0.66 при изменении параметра Рэлея от 0.96 до 1.16, для 2-й – 0.78 при изменении параметра Рэлея от 0.46 до 0.75 и для 3-й – 0.65 при изменении параметра Рэлея от 0.24

до 1.33. Таким образом, коэффициент корреляции, просуммированный по всем лучам при многолучевом распространении, оказался практически одинаков на дистанциях от 48 до 180 км, т.е. не зависящим от количества отражений, которые претерпевают один из сигналов. Кроме того, для интервала параметра Рэлея 0.24 - 1.33 указанный коэффициент корреляции практически оказался не зависящим и от его величины. Это связано, по-видимому, с относительно небольшой шириной спектра излучаемых сигналов, и следовательно, с малыми изменениями спектра при отражении сигналов от взволнованной поверхности океана, хотя сами сигналы по величине ослабляются при отражении от поверхности в соответствии с параметром Рэлея.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Галкин О.П., Панкова С.Д. Влияние неоднородностей океанической среды на взаимно-корреляционную функцию принятых сигналов. Вопросы судостроения. Сер. Акустика. 1982. Вып. 15.