

НЕКОТОРЫЕ СТАТИСТИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА МОРСКОЙ РЕВЕРБЕРАЦИИ

Т. С. Квятковская

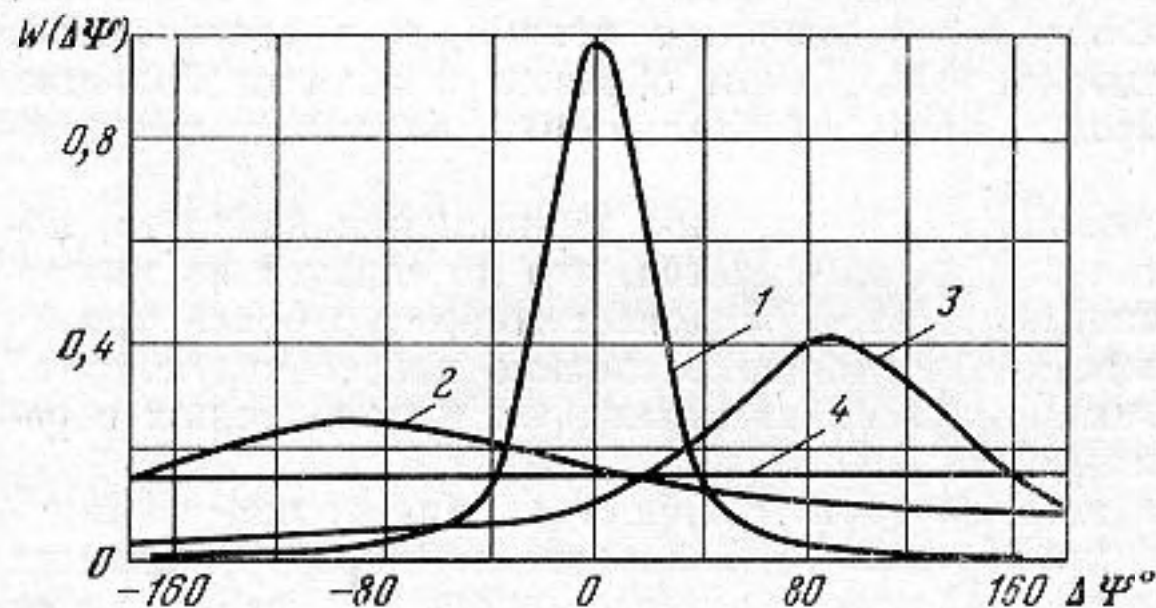
Представление реверберации в виде квазистационарного квазигармонического процесса [1] позволяет при ее исследовании использовать методы статистического анализа узкополосного шума. При этом плотность распределения разности фаз реверберационных сигналов, принимаемых двумя ненаправленными приемниками, расположенными на некотором расстоянии друг от друга, может быть описана законом, полученным в работе [2] для двух узкополосных шумовых процессов:

$$W(\Delta\psi) = \frac{1-p^2}{2\pi} \left\{ \frac{1}{1-p^2 \cos^2(\Delta\psi - \gamma)} + \frac{\pi p \cos(\Delta\psi - \gamma)}{2[1-p^2 \cos^2(\Delta\psi - \gamma)]^{3/2}} + \frac{p \cos(\Delta\psi - \gamma) \arcsin[p \cos(\Delta\psi - \gamma)]}{[1-p^2 \cos^2(\Delta\psi - \gamma)]^{3/2}} \right\},$$

где $p = \sqrt{R^2 + S^2}$ — обобщенный коэффициент корреляции реверберационных процессов, R — коэффициент взаимной корреляции одноименных квадратурных составляющих реверберации, S — коэффициент взаимной корреляции разноименных квадратурных составляющих процессов, $\gamma = \arctg S/R$ — наиболее вероятное значение

фазового сдвига. Этот же закон в несколько иной форме записи получен в работе [1], выражение (40.17).

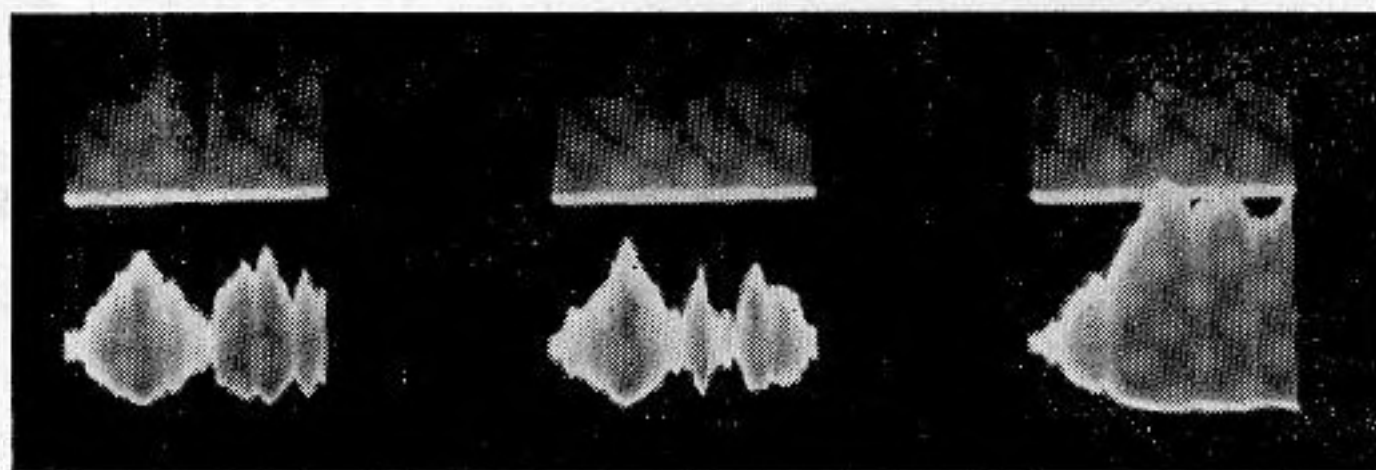
Приведенное выше распределение одномодально (в интервале $-\pi \leq \Delta\psi \leq \pi$) и симметрично относительно моды. Плотность вероятности разности фаз полностью определяется двумя обобщенными параметрами γ и p ; первый характеризует положение максимума распределения на оси $\Delta\psi$, второй — его величину, т. е. рассеяние значений $\Delta\psi$ относительно наиболее вероятного γ .



Фиг. 1

На фиг. 1 представлены распределения $W(\Delta\psi)$ для различных параметров кривых p и γ : 1 — $p = 0,9$, $\gamma = 0^\circ$; 2 — $p = 0,3$, $\gamma = -90^\circ$; 3 — $p = 0,6$, $\gamma = 90^\circ$; 4 — $p = 0$.

Экспериментальное определение разности фаз реверберационных сигналов, принятых в двух точках пространства при импульсном излучении производилось нами на Ладожском озере в летне-осенний период. Использовался направленный излучатель и горизонтальная база из двух ненаправленных приемников, симметричная относительно оси излучателя.



Фиг. 2

Исследовались реверберационные сигналы различного происхождения: поверхностные, донные и объемные. Разделение вида реверберации было, конечно, условным и производилось путем селекции по времени прихода сигнала после излучения, при известных глубине места и заглублении приемно-излучающего устройства, амплитуде сигнала и ориентации приемно-излучающего устройства (облучение дна или поверхности). Регистрация сигналов и фазового сдвига между ними производилась на фотопленке с помощью осциллографа. Образец осциллограммы представлен на фиг. 2,

где вверху запись фазового сдвига, внизу — запись реверберационного сигнала с одного из приемников. Длительность записи в несколько раз превышала длительность посылки для исключения влияния нестационарности процесса (специальных мер для стационаризации реверберации не применялось). При обработке записей было использовано комбинированное усреднение по времени на интервале записи и по ансамблю реализаций, полученных при неизменных условиях.

Примеры экспериментально полученных интегральных законов распределения разности фаз представлены точками на фиг. 3—5: фиг. 3 — донная реверберация, фиг. 4 — поверхностная, фиг. 5 — объемная. Кривыми на фигурах изображены теоретические зависимости, соответствующие приведенному выше закону $W(\Delta\psi)$. Выбор аппроксимирующей кривой производился путем подбора параметра p , обеспечивающего наилучшее совпадение с системой экспериментальных точек. Проверка согласия экспериментальных данных с теоретическим законом, проведенная по критерию Пирсона, дала достаточно высокую вероятность (0,3—0,9), чтобы считать данные опыта не противоречащими исходной гипотезе. Использование критерия Пирсона позволило выбором соответствующего числа степеней свободы распределения χ^2 учесть то обстоятельство, что из одного экспериментального материала получен и вид закона распределения и его параметры. На фигурах кривые 1 соответствуют размеру приемной базы $d = 0,5 \lambda$ (λ — длина волны несущей частоты), 2 — размеру $d = 2\lambda$. Параметры кривых приведены в таблице:

№ фиг.	3	3	4	4	5	5
№ кривой	1	2	1	2	1	2
p	0,98	0,55	0,75	0,55	0,93	0,5
γ°	0	-8	-8	-8	-4	-8

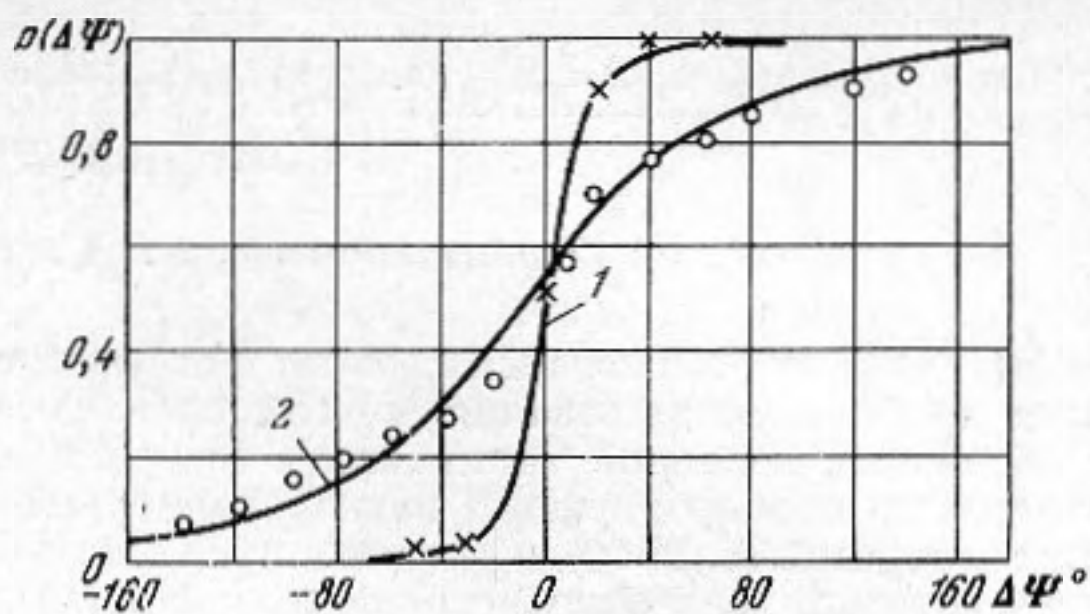
Анализ экспериментальных результатов показывает, что в условиях опытов вероятный фазовый сдвиг реверберационных процессов в двух точках пространства близок к 0. Обобщенный коэффициент корреляции уменьшается с увеличением размера базы. Экспериментальные данные хорошо согласуются с теоретическим законом распределения разности фаз.

ЛИТЕРАТУРА

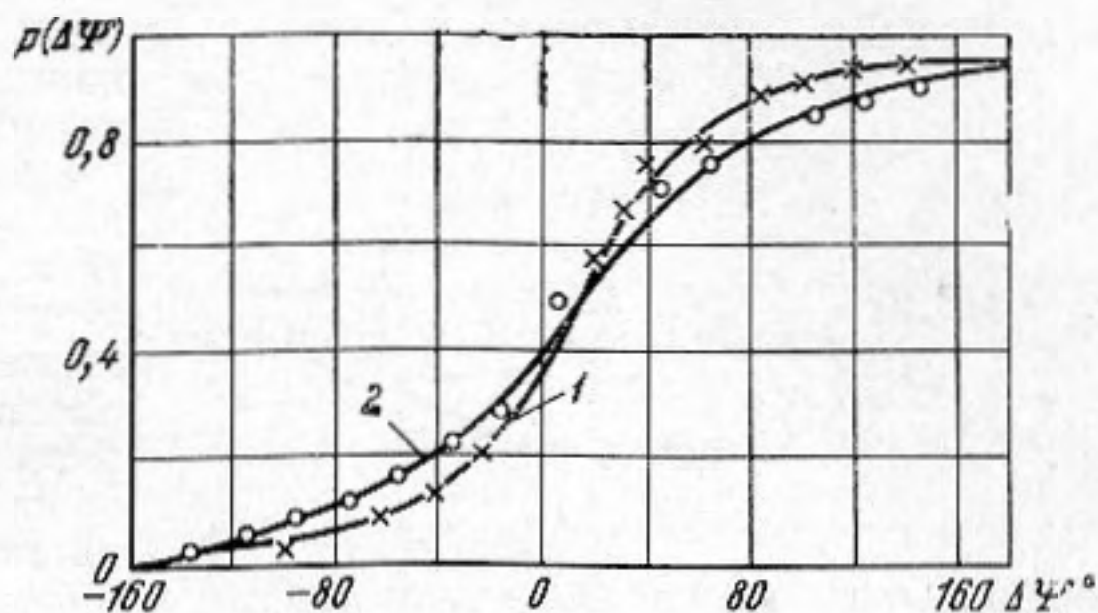
1. В. В. Ольшевский. Статистические свойства морской реверберации. М., «Наука», 1966.
2. Б. Р. Левин. Теория случайных процессов и ее применение в радиотехнике. М., «Сов. радио», 1960.

Ленинградский кораблестроительный институт

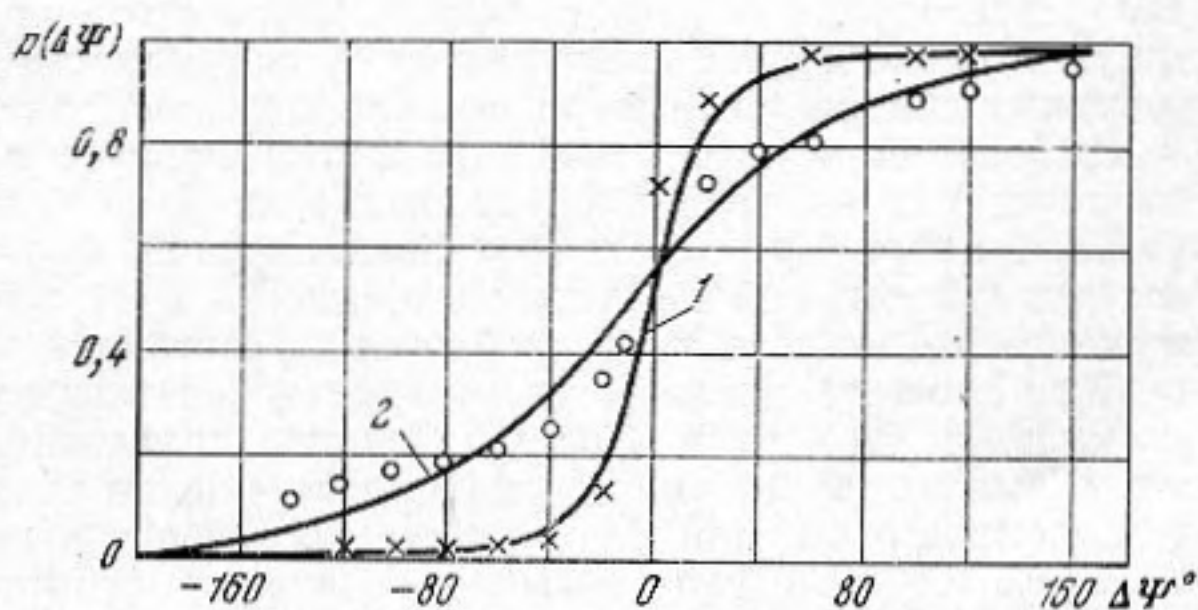
Поступило в редакцию
30 октября 1968 г.



Фиг. 3



Фиг. 4



Фиг. 5