

Рис. 3

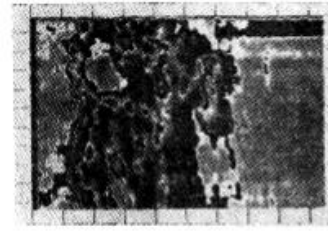


Рис. 4

сеянным дном. Граница этой области отображает изменение глубины океана под сервейером. Акустическое изображение на рис. 2 выравнено по средней яркости и преобразовано из координат наклонной дальности в декартову систему координат на дне. Глубина океана около 5 км. Масштабные метки по осям координат расположены с шагом 1 км. Полученное изображение в цифровой форме также может быть записано на ИМЛ, а затем дополнительно обработано для улучшения зрительного восприятия либо выделения характерных деталей. На рис. 3, 4 приведены результаты вторичной обработки изображения, показанного на рис. 2. Проведено оконтуривание участков акустического изображения с одинаковыми рассеивающими свойствами. На рис. 4 количество градаций увеличено по сравнению с рис. 3 в 4 раза.

Таким образом, система автоматизации, построенная на базе комплекса ЦЛАНП-0280, дополненного рядом внешних устройств и необходимым программным обеспечением, позволила в экспедиционных условиях организовать экспресс-обработку гидролокационной информации сервейера в реальном масштабе времени. Наличие в системе регистраторов цифровой и аналоговой информации представляет возможность проводить более детальную вторичную обработку акустических изображений по окончании измерений. Структура системы автоматизации предоставляет пользователю возможность применения дополнительных внешних устройств, изготовленных в стандартах «Электроника 60» и КАМАК, и расширения круга задач, решаемых с ее помощью.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Житковский Ю. Ю., Захлестин А. Ю., Зотов А. И. и др. Дистанционное акустическое зондирование железомарганцевых конкреций // ДАН СССР.— 1986.— 291, № 3.
2. Житковский Ю. Ю. Акустические исследования в океане // Вестн. АН СССР.— 1987.— № 5.
3. Проект на базовую систему ЦЛАНП-0280.— НРБ, София, 1986.

Поступило в редакцию 17 мая 1988 г.

УДК 535.41.098

В. И. ГУЖОВ, Б. С. КОТАРСКИЙ
(Новосибирск)

ВЛИЯНИЕ РАЗРЯДНОСТИ ПРИ КВАНТОВАНИИ ИНТЕНСИВНОСТИ НА ПОГРЕШНОСТЬ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ФАЗЫ В СИСТЕМАХ С УПРАВЛЯЕМЫМ ФАЗОВЫМ СДВИГОМ

Измерительные системы на основе интерференционных методов определения полей разности фаз получили широкое распространение в экспериментальных исследованиях и в системах промышленного контроля.

© 1990 Гужов В. И., Котарский Б. С.

Наибольшее развитие за последние годы получили системы с управляемым фазовым сдвигом [1, 2]. Применение методов фазосдвигающей интерферометрии позволяет обеспечить погрешность измерений поля фазовых разностей 0,01 полосы и полностью автоматизировать процесс измерений.

Непосредственно измеряемыми величинами в этих методах являются уровни яркости в исследуемых точках интерференционной картины при заданных значениях фазы. Цель данной работы — определение числа уровней квантования, необходимого для обеспечения предельной точности метода.

Алгоритм для определения фазы для произвольного числа фазовых сдвигов [1] имеет вид

$$\Phi(x, y) = \operatorname{arctg}(b_1/a_1), \quad (1)$$

где

$$a_1 = \frac{2}{np} \sum_{i=1}^{np} I_i(x, y) \cos \varphi_i = 2ab \cos \Phi(x, y); \quad (2)$$

$$b_1 = \frac{2}{np} \sum_{i=1}^{np} I_i(x, y) \sin \varphi_i = 2ab \sin \Phi(x, y); \quad (3)$$

$I_i(x, y)$ — интенсивность интерферограммы в точке (x, y) при сдвиге фазы φ_i :

$$\varphi_i = \pi i/n, \quad i = 1, 2, \dots, np. \quad (4)$$

Целое p обозначает число периодов, на которое сдвинулась интерференционная картина; n — количество сдвигов в каждом периоде.

Наиболее простое выражение получается при четырех фазовых сдвигах — 0, $\pi/2$, π , $3\pi/2$:

$$\Phi(x, y) = \operatorname{arctg} \frac{I_1 - I_3}{I_2 - I_4} = \operatorname{arctg} \frac{Y}{X}. \quad (5)$$

Функция arctg определена в одном квадранте комплексной плоскости, но за счет анализа знака числителя и знаменателя область определения удастся расширить на всю комплексную плоскость. Если значения числителя и знаменателя выражения (5) отложить по оси абсцисс и ординат, то фазовые углы будут распределены, как показано на рис. 1. При n уровнях квантования значения числителя и знаменателя (5) могут принимать значения от -2^n до 2^n . Из рис. 1 видно, что фазовая ошибка увеличивается при приближении к центру координатной плоскости и может достигать $\pi/4$ при ошибке измерения интенсивности всего лишь на один квант. Однако значения числителя и знаменателя связаны между собой. Из выражений (2) и (3) видно, что значение числителя пропорционально $\sin \Phi$, а значение знаменателя — $\cos \Phi$. Множитель — контраст интерферограммы в измеряемой точке. Эта величина пропорциональна используемому динамическому диапазону. Если при непрерывном сдвиге фазы на 2π значение интенсивности изменяется от 0 до I_{\max} , то

$$\sqrt{Y^2 + X^2} = 2^n, \quad (6)$$

т. е. при максимальном использовании динамического диапазона значения числителя и знаменателя являются координатами точек, расположенных на окружности с радиусом 2^n . Погрешность определения фазы при максимальной ошибке квантования не превышает

$$\Delta\Phi \leq \operatorname{arctg} \frac{1}{2^n - 1}. \quad (7)$$

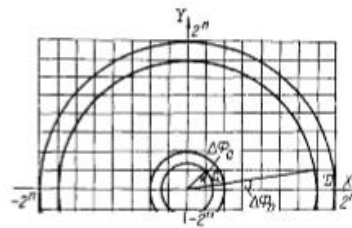


Рис. 1

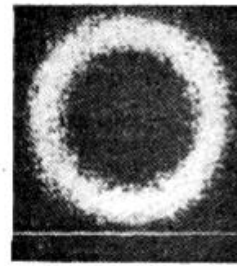


Рис. 2

Приведем значения абсолютных погрешностей определения фазовых разностей при различных значениях n :

n	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
АФ	0,7854	0,3218	0,1419	0,0666	0,0322	0,0159	0,0079	0,0039	0,002	0,001

Как видно, при шести и более уровнях квантования величина погрешности от дискретизации сигнала по яркости приближается к предельной погрешности метода.

Неоднородное использование диапазона оказывает то же влияние, что и уменьшение числа уровней квантования при полном диапазоне. На рис. 2 показаны реальные распределения значений числителя и знаменателя выражения (5) по координатной плоскости при разных величинах динамического диапазона. Приведенные распределения могут являться косвенной оценкой качества эксперимента. Радиус и ширина колец определяют величину и распределение динамического диапазона по полю интерферограммы.

Таким образом, число разрядов аналогово-цифровых преобразователей, используемых в устройствах ввода оптической информации для фазосдвигающей интерферометрии, может не превышать 6—8 разрядов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Bruening J. H. Digital wavefront measuring interferometer for testing optical surfaces and lenses // Appl. Opt.—1974.—13, N 11.—Р. 2693.
2. Гужов В. И., Козачок А. Г., Лопарев Е. Г. и др. Голографическая измерительная система для определения поля разности фаз методом контролируемого фазового сдвига // Автометрия.—1986.—№ 2.

Поступило в редакцию 3 мая 1988 г.

УДК 531.757 : 535.411

В. П. КУЛЕШ

(Жуковский Московской обл.)

ГРАНИЦЫ ДИНАМИЧЕСКОГО ДИАПАЗОНА ИНТЕРФЕРЕНЦИОННОГО ИЗМЕРИТЕЛЯ ДАВЛЕНИЯ ГАЗА

Действие интерференционного измерителя давления (ИИД) основано на регистрации изменений показателя преломления газа, обусловленных изменениями его плотности $\rho \sim P/T$ [1, 2]. Первичным преобразо-

© 1990 Кулеш В. П.