ПРИМЕНЕНИЕ ЭЦВМ И ПОЛУАВТОМАТИЧЕСКОГО СТЕНДА ПРИ ОБРАБОТКЕ СТАТИСТИЧЕСКИХ ДАННЫХ

В. И. Салыга, Э. Н. Кривцова

Харьков

Экспериментальные данные, полученные при исследовании волновых процессов, могут быть представлены в виде дискретных величин или непрерывных записей. Сами по себе исходные данные, как бы пол-

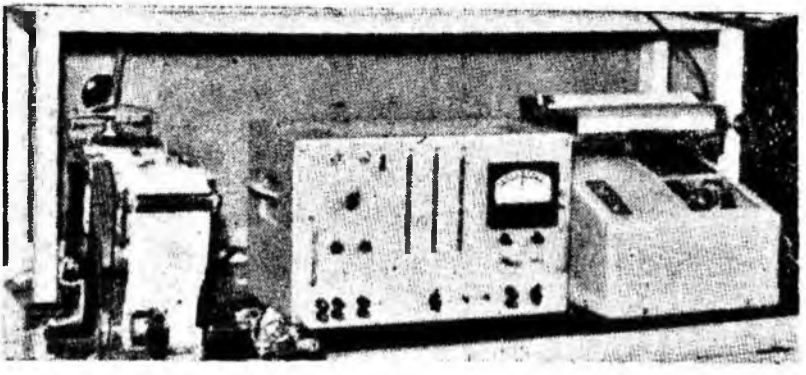


Рис. 1

ны они не были, не дают обобщенных характеристик случайного процесса. Последние могут быть получены только в результате обработки и вероятностного анализа исходных данных. Однако, вычисление вероятностных характеристик по экспериментальным данным ручным способом представляет собой весьма трудоемкий процесс. Так, из выражения

$$R^*_{x,x}(m\Delta\tau) = \frac{1}{n-m}\sum_{i=1}^{n-m}(x_i = m^*_x)(x_{i+m} - m^*_x) \qquad (1)$$

$$\Delta\tau = \Delta t$$

видно, что для вычисления ординаты кривой, соответствующей корреляционной функции, необходимо произвести $n-m$ действий умножения и столько же сложения.

При изучении случайных процессов, особенно в натурных условиях, исследователь, как правило, располагает большим объемом экспериментальных данных, поэтому определение корреляционных кривых требует максимального использования средств цифровой вычислительной техники специального или универсального назначения. Отсутствие до последних лет специальных устройств для обработки статистических данных вносит значительное торможение во внедрение теории вероятностей и математической статистики в практику инженерных расчетов [1].

Поскольку экспериментальные данные по исследованию волновых процессов представлены в виде осциллограмм, на первом этапе необходимо преобразовать записанные на бумажную ленту случайные процессы в сигнал, удобный для ввода в ЭЦВМ.

Осциллограмма закладывается в специальный протягивающий механизм (рис. 1), который перемещает ее вдоль оси времени с опреде-

ленной скоростью, которая регулируется системой сменных шкивов. Оператор наблюдает за осциллограммой, совмещая острие стрелки (лентопротяжного механизма) с кривой процесса $x(t)$. Перемещение стрелки соответствует изменению ординат кривой процесса. Конец стрелки системой шестерен связан с переменным сопротивлением, напряжение которого на выходе соответствует положению стрелки. Преобразованный таким образом сигнал можно представить в виде числового ряда для ввода в ЭЦВМ. Для этого используется электронно-

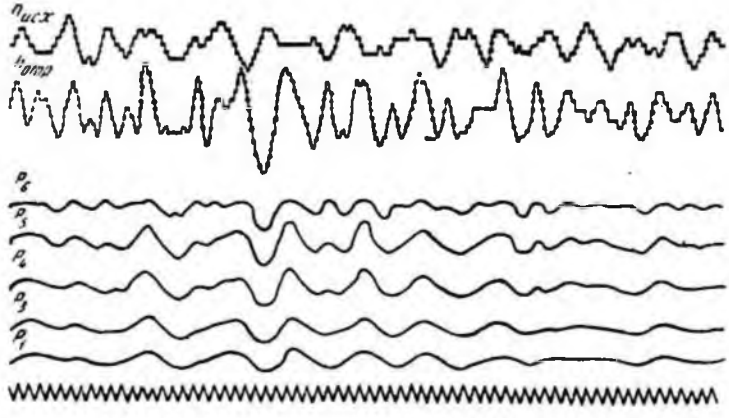


Рис. 2

цифровой печатающий вольтметр типа ЭЦПВ-2 с цифропечатающей приставкой. Этот прибор измеряет и печатает на бумажной ленте величину подводимого к его входу напряжения в интервале от —100 до +100 вольт с решающей способностью в 0,1 *в* и темпом печати 1 *гц*.

При вычислении статистических характеристик возникает погрешность, связанная с квантованием исследуемого случайного процесса по времени. Шаг квантования $\Delta\tau$ при полуавтоматической обработке исходных данных определяется скоростью записи исследуемого случайного процесса на осциллограмме $v_з$, скоростью протяжного механизма $v_{пр}$ и темпом работы печатающего устройства Δt:

$$\Delta\tau = \frac{V_{пр}}{V_з \cdot \Delta t} . \qquad (2)$$

Приступая к обработке осциллограммы, нам заданы $v_з$ и Δt (для ЭЦПВ-2 темп работы печатающего устройства $\Delta t = 1$ *гц*). Скорость записи волновых процессов 2,5 *мм/сек* (рис. 2). Для выбора скорости протяжного механизма $v_{пр}$, нам необходимо определить требуемый шаг дискретизации процесса ($\Delta\tau$).

Многие авторы предлагают различные рекомендации относительно выбора интервала квантования $\Delta\tau$. Так, в работе [2] при определении $\Delta\tau$ предлагают учитывать высшие частоты спектра $w_в$.

$$\Delta\tau = \frac{\pi}{10 \cdot w_в} . \qquad (3)$$

Использование данного выражения предполагает наличие априорной информации для выбора $w_в$. На практике обычно такая информация отсутствует. Поэтому при исследовании стохастических процессов, характеризующих морское волнение, предлагается способ определения шага квантования $\Delta\tau$ непосредственно по отрезку реализации случайно-

го процесса [3]. При этом используется связь характеристик случайного процесса со средним числом пересечений этим процессом линий математического ожидания в единицу времени — n_0.

Обработке подвергались осциллограммы с записями случайных процессов волнового давления P_i по всей глубине и высоте отраженной h_0 и исходной $h_и$ волн, полученные в натурных условиях волно-исследовательского пункта на молу нефтегавани Шесхарис (рис. 2). В качестве примера рассмотрим методику обработки осциллограммы с записью процесса морского давления (P_6). По отрезку реализации длительностью 222 *сек* непосредственным визуальным наблюдением было определено среднее число нулей в единицу времени.

$$n_0 = \frac{70}{222} = 0{,}31 \ сек^{-1}. \tag{4}$$

Дискретизация исследуемого процесса ведет к частичной потере информации и, следовательно, к увеличению погрешности. Нахождение шага дискретности основывается на использовании следующего неравенства для динамической погрешности нормированной корреляционной функции:

$$\sup_{\tau \leqslant [\tau_i;\ \tau_{i+1}]} |\eta(\tau) = |\eta_i(\Delta\tau/_2)| \leqslant \frac{n_0^2\pi^2}{8}\Delta\tau^2. \tag{5}$$

Для того, чтобы динамическая погрешность интерполирования не превышала по абсолютной величине $|\eta(\Delta\tau/_2)|$, выбор шага квантования определяется следующим условием:

$$\Delta\tau \leqslant \frac{2}{\pi n_0}\sqrt{2|\eta(\Delta\tau/_2)|}. \tag{6}$$

Задавшись величиной максимально допустимой погрешности $|\eta(\Delta\tau/_2)| = 0{,}05$, шаг дискретности

$$\Delta\tau = \frac{0{,}2}{n_0} = \frac{0{,}2}{0{,}31} = 0{,}64 \ сек.$$

Для получения заданного шага квантования необходимо соответствующим образом подобрать скорость протяжного механизма. Из выражения (2)

$$V_{пр} = \Delta\tau \cdot V_з \cdot \Delta t = 1{,}6 \ мм/сек.$$

Описанная методика может быть использована при обработке случайных процессов различной природы.

ЛИТЕРАТУРА

1. Л. В. Брусенцов. Приборы для записи и анализа статистических данных. «Энергия», 1969.

2. В. В. Солодовников. Статистическая динамика линейных систем автоматического управления. Физматгиз, 1960.

3. В. В. Волгин, Р. Н. Каримов. О выборе шага дискретности по времени при вычислении корреляционных функций случайных процессов. «Автоматика и телемеханика», 1967, № 5.