УДК 621.396+681.511

Ю.Л. Забулонов (д.т.н. ИГОС НАН и МЧС Украины),
А.К. Егоров (вед инж. ИГОС НАН и МЧС Украины),
Е.В. Алексеева (вед. инж. ИГОС НАН и МЧС Украины)

ОПТИМИЗАЦИЯ ВРЕМЕНИ ИЗМЕРЕНИЯ ПРИ РАДИАЦИОННОМ АНАЛИЗЕ СТРОЙМАТЕРИАЛОВ

Классический метод измерения средней длительности пауз T_0 между регистрациями частиц радиоактивного излучения основан [1] на применении алгоритма:

$$T_0 = \frac{1}{N_0} \cdot \sum_{i=1}^{N_0} T_i \ , \tag{1}$$

где T_i - длительность паузы между последовательными регистрациями частиц. Алгоритм (1) обеспечивает время измерения:

$$Ta = N_0 T_0 \tag{2}$$

при относительной погрешности результата измерений

$$\delta_0 = \frac{A}{\sqrt{N_0}}, \tag{3}$$

где A – число, определяемое требуемой доверительной вероятностью.

Ниже предлагается методика, позволяющая существенно уменьшить время измерения T_i и обеспечивающая относительную погрешность не хуже, чем классическая.

Известно [1] , что функция распределения вероятностной длительности пауз между регистрациями определяется соотношением:

$$F(t) = 1 - \exp(-\frac{T}{T_0}) . \tag{4}$$

Из (4) для определения T_0 следует очевидное равенство:

$$T_0 = -\ln(1 - F(t)) . \tag{5}$$

Соотношение (5) позволяет заменить прямое измерение величины T_0 с применением алгоритма (5) на измерение функции распределения вероятностей длительностей пауз с последующим применением формулы (5).

Методика измерения функций распределения вероятностей хорошо известна [2] и реализуется алгоритмом:

$$F^*(T_1) = \frac{1}{N_1}\sum_{i=1}^{N_1} Q_i(T_1), \tag{6}$$

где $$Q_i = \begin{cases} 1, & при \quad T_i \le T_1 \\ 0, & при \quad T_i > T_1 \end{cases} . \tag{7}$$

В (6) N_i - количество пауз (регистраций). В (7) T – некоторое пороговое значение времени, величину которого нужно оценить.

В соответствии с основами общей теории статистических измерений при достаточно больших N_1 оценку (6) можно считать гауссовой случайной величиной, обеспечивающей относительную погрешность результата измерения функции распределения вероятностей:

$$\delta_1 = A \cdot \sqrt{\frac{1 - F(T_1)}{N_1 F(T_1)}} . \tag{8}$$

Приравнивая δ_1 к погрешности δ_0 получим равенство:

$$\frac{N_1}{N_0} = \frac{1 - F(T_1)}{F(T_1)} . \tag{9}$$

Из (9) следует, что при выполнении условия

$$F(T_1) > 0{,}5 . \tag{10}$$

Количество N_1 событий, регистрируемых при использовании рассматриваемой методики будет при той же относительной погрешности результата измерений, меньшим чем число N_0 регистраций, требуемы при классическом подходе. Соотношение (4) позволяет от (10) перейти к

$$\exp(-\frac{T_1}{T_0}) < 0{,}5 . \tag{11}$$

а из (11) следует условие

$$T_1 > T_0 \ln 2 , \tag{12}$$

обеспечивающее выполнение неравенства

$$N_1 < N_0 . \tag{13}$$

Неравенство (13) с учетом (2) позволяет сделать вывод о том, что при выборе в (7) порогового времени T_1 в соответствии с условием (12) рассматриваемая методика позволяет уменьшить время анализа, требуемое классической методикой. При этом требуемое на измерение время будет тем меньшим, чем больше пороговое время T_1, т.е. рассмотренная методика эффективна при анализе процессов с достаточно большой интенсивностью.

Рассмотрим теперь еще один вариант измерения с использованием вероятностных характеристик радиационных излучений.

В соответствии (4) дополнительная функция распределения вероятностей пауз будет определяться соотношением:

$$\overline{F}(T_2) = 1 - F(T_2) \ . \qquad (14)$$

Для оценки дополнительной функции распределения по аналогии с (6) имеем:

$$\overline{F}^*(T_2) = \frac{1}{N_2}\sum_{i=1}^{N_2} P_i(T_2), \qquad (15)$$

где $$P_i(T_2) = \begin{cases} 0, & при \quad T_i \le T_2 \\ 1, & при \quad T_i > T_2 \end{cases} \ . \qquad (16)$$

В этом случае относительная погрешность будет определяться соотношением:

$$\delta_0 = A \cdot \sqrt{\frac{F(T_2)}{N_2(1 - F(T_2))}} \ . \qquad (17)$$

Приравнивая δ_2 и δ_0 получим:

$$\frac{N_2}{N_0} = \frac{F(T_2)}{(1 - F(T_2))} \ . \qquad (18)$$

Из (18) следует, что при выполнении условия:

$$F(T_2) < 0{,}5, \qquad (19)$$

числа регистраций событий N_2 и N_0 будут удовлетворять неравенству:

$$N_2 < N_0 \ . \qquad (20)$$

Из (19) с учетом (4) и (14) следует условие:

$$T_2 < T_0 \ln 2 \ , \qquad (21)$$

которое показывает, что применяя алгоритм (15) для процессов с достаточно большими T_0 эффективнее, чем применение классической.

Вышеизложенное показывает, что для уменьшения времени анализа процессов целесообразно пользоваться вероятностными вариантами измерения, причем для процессов с высокой интенсивностью следует пользоваться алгоритмом (6), а для процессов с достаточно низкой интенсивностью – алгоритмом (15).

1. *Гольданский В.И., Куценко А.В., Подгорецкий М.И.* Статистика отсчетов при регистрации ядерных частиц. - М.: Государственное издательство физико - математической литературы, 1959. – 412 с.

2. *Корн Г., Корн Т.* Справочник по математике. – М.:Наука, 1986. - 832 с.

Поступила 11.10.2010р.