

**ИЗЫСКАНИЕ, ПРОЕКТИРОВАНИЕ,  
СТРОИТЕЛЬСТВО И МОНТАЖ  
ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ АЭС**

УДК 21.3.019.3:536.531:519:816

**ОПРЕДЕЛЕНИЕ ДЛИНЫ МЕЖПОВЕРОЧНЫХ ИНТЕРВАЛОВ  
ИЗМЕРИТЕЛЬНОЙ ТЕХНИКИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ  
ТЕОРИИ МАССОВОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ**

© 2014 г. Ю.С. Сысоев, Н.А. Симакова

*Волгодонский инженерно-технический институт – филиал Национального исследовательского ядерного университета «МИФИ», Волгодонск, Ростовская обл.*

В работе представлена основанная на теории массового обслуживания формальная методика стохастических оценок длительности межповерочных интервалов измерительных приборов. Эта методика может использоваться не только для анализа измерительных устройств, но и для прогнозирования процесса случайного дрейфа параметров других технических объектов.

*Ключевые слова:* прогнозирование, межповерочный интервал, дрейф параметров, стохастическая экстраполяция.

Поступила в редакцию 28.08.2014 г.

Согласно Федеральному закону от 26.06.2008 N 102-ФЗ (ред. от 23.06.2014) "Об обеспечении единства измерений" поверка средств измерений (далее также – поверка) – совокупность операций, выполняемых в целях подтверждения соответствия средств измерений метрологическим требованиям. Средства измерений, предназначенные для применения в сфере государственного регулирования обеспечения единства измерений, до ввода в эксплуатацию, а также после ремонта подлежат первичной поверке, а в процессе эксплуатации – периодической поверке. Применяющие средства измерений в сфере государственного регулирования обеспечения единства измерений юридические лица и индивидуальные предприниматели обязаны своевременно представлять эти средства измерений на поверку. Порядок проведения поверки, требования к знаку поверки и содержанию свидетельства о поверке устанавливаются федеральным органом исполнительной власти, осуществляющим функции по выработке государственной политики и нормативно-правовому регулированию в области обеспечения единства измерений. Межповерочный интервал (МПИ) – это промежуток времени между двумя периодическими поверками.

В настоящее время в атомной энергетике существует необходимость определения длительности МПИ измерительных устройств. Чем меньше межповерочный интервал, тем выше уровень состояния измерений на таком ответственном производстве. С другой стороны, чем меньше межповерочный интервал, тем больше финансовые затраты и издержки, связанные с проведением операций поверки. Таким образом, существует противоречие, которое должно быть разрушено путем определения оптимального значения межповерочного интервала.

Существующие методики определения МПИ базируются на данных о нестабильности элементов, определяющих состояние метрологической исправности средств измерений, на показателях надежности, нормируемых или подтвержденных испытаниями, на экономических показателях или на данных о МПИ аналогов, подтвержденных опытом их эксплуатации. Однако нередко отсутствует либо возможность проведения таких испытаний до момента назначения первичного МПИ

либо отсутствует информация о значениях этих параметров.

Ранее оценка длительности МПИ уже проводилась по результатам наблюдения за погрешностями этих устройств в некотором временном промежутке в процессе их эксплуатации или экспериментов. В работах [1,2,3] были начаты исследования с использованием различных математических методов, позволяющие получить указанные оценки. В настоящей работе мы предлагаем еще один подход к решению этой задачи с использованием методов теории массового обслуживания.

Обозначим через  $\Delta$  модуль предельно допустимого значения погрешности измерительного устройства. Разобьем промежутки  $[0; \Delta)$  на  $N$  полуинтервалов. Будем считать, что устройство находится в состоянии  $E_j$ ,  $j = 0, 1, 2, \dots$ , если его погрешность, взятая по модулю, находится в соответствующем промежутке. Заметим, что, если измерительное устройство находится в одном из состояний  $E_N, E_{N+1}, \dots$  то его использование неправомерно, поскольку модуль погрешности устройства превышает предельно допустимое значение.

Затем, рассмотрим систему массового обслуживания с конечным накопителем объема  $N$  и одним прибором, осуществляющим обслуживание заявок в этой системе. Состоянию  $E_j$ ,  $j = 0, 1, 2, \dots$ , измерительного устройства поставим в соответствие такое состояние системы массового обслуживания, при котором она имеет очередь из  $j$  необслуженных заявок.

Тогда переход измерительного устройства из состояния  $E_j$  в состояние  $E_{j+k}$  в системе массового обслуживания будет соответствовать увеличению очереди заявок на обслуживание на  $k$  единиц, а переход из состояния  $E_j$  в состояние  $E_{j-k}$  – соответствующему уменьшению этой очереди. Таким образом, вместо того, чтобы следить за изменением погрешности измерительного устройства, достаточно следить за количеством заявок в накопителе.

Обозначим через  $\lambda$  интенсивность поступления заявок в системе массового обслуживания, а через  $\nu$  – интенсивность выполнения этих заявок. В отличие от традиционных систем массового обслуживания, в которых для их устойчивой бесконечно долгой работы требуют выполнения неравенства  $\lambda < \nu$ , мы вынуждены рассматривать ситуацию, когда будет выполняться обратное неравенство  $\lambda > \nu$  (погрешность измерительного устройства через какое-то время достигнет своего предельно допустимого значения).

Наша задача будет состоять в том, чтобы оценить время, в течение которого с вероятностью большей некоторого наперед заданного числа 0,95, система исправно работала (ее накопитель не переполнялся), или, что тоже самое, с вероятностью, меньшей соответствующего числа 0,05, накопитель будет заполнен.

Предположим, что в начальный момент времени система массового обслуживания находилась в некотором состоянии  $E_i$ ,  $i \geq 1$ , то есть в начальный момент в ней было  $i \geq 1$  необслуженных требований. Обозначим через  $A_l(t)$  – событие, состоящее в том, что за время  $t$  в систему поступает  $l$  требований, через  $B_l(t)$  – событие, состоящее в том, что за время  $t$  в системе выполняется  $l$  требований, а  $\{k > N\}_t^i$  – событие, состоящее в том, что необслуженных заявок в системе к моменту времени  $t$  будет не меньше  $N$  (накопитель заполнится).

Тогда:

$$P(\{k > N\}_t^i) = \sum_{r=0}^{\infty} \left( \frac{(\lambda t)^{N-i+r}}{(N-i+r)!} \exp(-\lambda t) \sum_{j=0}^r \frac{(vt)^j}{j!} \exp(-vt) \right),$$

Постановка нашей задачи предполагает при заданном значении  $\gamma$  нахождение такой точки  $t_0$ , для которой будут выполняться следующие условия:

$$\begin{cases} P(\{k > N\}_t^i) < \gamma & \text{при } t < t_0 \\ P(\{k > N\}_t^i) = \gamma & \text{при } t = t_0 \\ P(\{k > N\}_t^i) > \gamma & \text{при } t > t_0 \end{cases}$$

Значение  $t_0$  и будет определять нам искомую длину межповерочного интервала.

Предложенная методика анализа дрейфа погрешностей термометров в период испытаний позволит провести стохастическую экстраполяцию изменений этих погрешностей на более широкий временной диапазон и тем самым определить длительность межповерочного интервала.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Сысоев, Ю.С. Анализ длительности метрологически безотказной работы измерительных приборов методами стохастической экстраполяции [Текст] / Ю.С. Сысоев // Измерительная техника. – 2011. – №1. – С. 7–12; Sysoev Yu.S. // Measurement Techniques. – 2011. – Vol. 54, Number 1. – P. 8–15.
2. Сысоев, Ю.С. Анализ дрейфа метрологических характеристик измерительных устройств с помощью цепей Маркова [Текст] / Ю.С. Сысоев // Измерительная техника. – 2012. – №1. – С. 14–19; Sysoev, Yu.S. // Measurement Techniques. – 2012. – Vol. 55, Number 1. – P. 19–24.
3. Сысоев, Ю.С. и др. Анализ стабильности работы измерительных приборов посредством стохастического прогнозирования дрейфа их метрологических характеристик [Текст] / Ю.С. Сысоев, А.И. Тихомирова // Измерительная техника. – 2012. – №6. – С. 14–20; Sysoev, Yu.S., Tikhomirova A.I. // Measurement Techniques: Volume 55, Issue 6 (2012) – Page 613-621.
4. Феллер, В. Введение в теорию вероятностей и ее приложения [Текст] / В. Феллер. Т. 1. – М.: «Мир». 1967. – 499 с.
5. Клейнрок, Л. Теория массового обслуживания [Текст] / Л. Клейнрок. – М.: Машиностроение. 1979. – 432 с.
6. Гнеденко, Б.Г. и др. Введение в теорию массового обслуживания [Текст] Б.Г. Гнеденко, И.Н. Коваленко. – М.: Наука. 1966. – 432 с.
7. ГОСТ 8.625-2006. Термометры сопротивления из платины, меди и никеля. Общие технические требования и методы испытаний [Текст]. – М.: Стандартинформ, 2007. – 24 с.

### Determination of Calibration Intervals Length of Measuring Devices

**Yu.S. Sysoev\*, N.A. Simakova\*\***

*Volgodonsk Engineering Technical Institute  
the Branch of National Research Nuclear University «MEPhI»,  
73/94 Lenin St., Volgodonsk, Rostov region, Russia 347360  
\* e-mail: sysoev2004@mail.ru, \*\* e-mail: simnataalex@gmail.com*

**Abstract** – The formal technique of stochastic estimates of calibration intervals duration of measuring devices based on queuing theory is presented in the work. This technique can be used not only for analysis of measuring devices, but also to forecast the process of random drift parameters of other technical objects.

**Keywords:** forecasting, calibration interval, drift of parameters, stochastic extrapolation.

## REFERENCES

- [1] Sysoev Yu.S. Analysis of duration of metrological no-failure operation of the measuring devices by stochastic extrapolation methods. *Measurement Techniques*. 2011, Vol. 54, Number 1, ISSN 0543-1972, DOI: 10.1007/s11018-011-9677-0, pp. 8–15. (in English)
- [2] Sysoev Yu.S. The analysis of drift of measuring devices metrological characteristics by means of Markov's chains. *Measurement Techniques*. 2012, Vol. 55, Number 1, ISSN 0543-1972, DOI: 10.1007/s11018-012-9910-5, pp. 19–24. (in English)
- [3] Sysoev Yu.S., Tikhomirova A.I. The analysis of measuring device stability by means of stochastic forecasting of their metrological characteristic drift. *Measurement Techniques*. 2012, Volume 55, Issue 6, ISSN 0543-1972, DOI: 10.1007/s11018-012-0010-3, pp. 613-621 (in English)
- [4] Feller V. *Vvedenie v teoriju verojatnostej i ee prilozhenija* [Introduction to probability theory and its appendices]. T. 1 [Vol.1]. M. Pub. «Mir» [“Mir”]. 1967. 499 p. (in Russian)
- [5] Klejnrok L. *Teorija massovogo obsluzhivaniya* [Theory of mass service]. M. Pub. Mashinostroenie [Mechanical engineering]. 1979. 432 p.(in Russian)
- [6] Gnedenko B.G., Kovalenko I.N. *Vvedenie v teoriju massovogo obsluzhivaniya* [Introduction to the theory of mass service]. M. Pub. Nauka [Science]. 1966. 432 p. (in Russian)
- [7] GOST 8.625-2006. *Termometry soprotivlenija iz platiny, medi i nikelja. Obshhie tehicheskie trebovanija i metody ispytaniy* [SST 8.625-2006. Resistance thermometers from platinum, copper and nickel. The general technical requirements and test methods]. M. Pub. Standartinform [Standartinform], 2007. 24 p. (in Russian)