

ТЕОРИЯ МЕТРОЛОГИЧЕСКОЙ НАДЕЖНОСТИ: НОВЫЙ МЕТОД ПРОГНОЗИРОВАНИЯ И ОПРЕДЕЛЕНИЯ ВРЕМЕНИ НАРАБОТКИ НА МЕТРОЛОГИЧЕСКИЙ ОТКАЗ СООБЩЕНИЕ 2

У повідомленні 2 описано метод прогнозування і визначення часу наробітку засобу вимірювань на метрологічну відмову, який названий нами T-методом динамічної нелінійної регресії. Розглянуті питання та особливості прогнозування і визначення часу наробітку на метрологічну відмову за результатами проведення третьої та наступних повірок.

Представляє інтерес для вчених-метрологів, аспірантів і фахівців.

In the message 2 the method of forecasting and definition of time of an operating time of a measuring apparatus on the metrological refusal named the T-method of dynamic nonlinear regress is described. Questions and features of forecasting and definition of time of an operating time on metrological refusal by results of carrying out of the third and the subsequent checkings are considered.

Is of interest for scientists-metrologists, post-graduate students and experts.

Ключевые слова: прогнозирование, надежность.

Введение

В сообщении 1 [1] рассмотрены вопросы прогнозирования и определения времени наработки на метрологический отказ (МО) по результатам проведения первых двух поверок. Приведены соответствующие уравнения измерений, условия учета и изменения знака переменной составляющей функции распределения (ФР) Кондратова – Вуйбулла. Отмечается необходимость определения ширины полосы неопределенности, прогнозного значения времени наработки на МО и другие аспекты. Ниже рассматривается процесс динамического прогнозирования и определения времени наработки на МО по результатам последующих поверок.

Объект исследований – процесс динамического прогнозирования и определения времени наработки средства измерений (СИ) на МО.

Предмет исследований – метод динамической нелинейной регрессии.

Целью работы является ознакомление ученых и специалистов с основными понятиями и определениями и сущностью нового метода прогнозирования и определения времени наработки СИ на МО [2], названного нами T-методом динамической нелинейной регрессии.

Результаты исследований

Проведение третьей поверки

Согласно плана последующая, третья, поверка СИ осуществляется в момент времени t_{x3} , равном 12 час. 00 мин. 07.11.2017 года, – см. рисунок). Практически значение момента времени t_{x3} определяется по уравнению числовых значений

$$\{t_{x3}\} = \{t_{xi}\} |_{\text{при } i=3} = (\{t_{x(i-1)}\} - \{t_{pi}\}) |_{\text{при } i=3} = \{t_{x2}\} + \{\Delta t_{п3}\}, \quad (1)$$

где $\{\Delta t_{п3}\}$ – значение интервала времени между второй и третьей поверками.

Результат (1) вычислений запоминается. Значения ширины полосы неопределенности интервала времени поверки с учетом погрешностей $+\Delta t_{п3в}$ и $-\Delta t_{п3н}$ равны:

$$\{\Delta t_{п3в}\} = \{\Delta t_{п3}\} + \{\Delta t_{п3в}\} \quad (2)$$

и

$$\{\Delta t_{п3н}\} = \{\Delta t_{п3}\} - \{\Delta t_{п3н}\}. \quad (3)$$

В общем случае

$$\{\Delta t_{п3}\} \neq \{\Delta t_{п2}\} \quad (4)$$

и

$$| \{+\Delta t_{п3в}\} | \neq | \{-\Delta t_{п3н}\} |. \quad (5)$$

Определение значений параметров прогнозной ФР проводится аналогично описанным в [1] образом в моменты времени поверки СИ t_{x3} , t_{x4} и т.д. Если при k -й поверке получено значение $T_{\text{ноп}} = (0,8 - 0,9)T_{\text{но}}$, то решается вопрос о дроблении оставшегося интервала времени на более мелкие, например, соответствующие $\Delta t'_{п} = 1$ год.

Опишем одну из особенностей предложенного метода определения времени наработки на МО,

связанного с понятием „условного промаха”, на примере третьей поверки СИ. Под «условным промахом» будем понимать реальный результат поверки СИ, который «проверяется» только при последующей поверке.

При проведении третьей поверки в установленный момент календарного времени t_{x3} образцовая ФВ x_0 вновь многократно измеряется поверяемым СИ, а полученные результаты статистически обрабатываются. В результате получают:

- среднее значение (и соответствующий знак) погрешности

$$\xi_{x3} = \overline{\xi_{x3}(t_{x3})} = \overline{\Delta_{03}} / x_0, \quad (6)$$

где $\overline{\Delta_{03}}$ – средняя по значению абсолютная погрешность измерения;

верхнюю ($\Delta\xi_{3в}$) и нижнюю ($\Delta\xi_{3н}$) полосы неопределенности относительной погрешности ξ_{x3} на момент времени t_{x3} , т.е.

$$\Delta\xi_{3в} = k_{33} \sigma_{в3}[\Delta_{03}] / x_0 = k_{33} \xi_{\sigma_{в3}} \quad (7)$$

и

$$\Delta\xi_{3н} = k_{33} \sigma_{н3}[\Delta_{03}] / x_0 = k_{33} \xi_{\sigma_{н3}}, \quad (8)$$

где k_{33} – коэффициент запаса ($1 \leq k_{33} \leq 1,42$);

$$\sigma_{в3}[\Delta_{03}] = + \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n \left((x_{0i} - \overline{x_{03}})_{>0} \right)^2}{n(n-n^0)}} \quad (9)$$

- среднеквадратическое отклонение результатов измерений при положительном знаке отклонений $x_{0i} - \overline{x_{03}}$;

$$\sigma_{н3}[\Delta_{03}] = + \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n \left((x_{0i} - \overline{x_{03}})_{<0} \right)^2}{n(n-n^0)}}; \quad (10)$$

- среднеквадратическое отклонение результатов измерений при отрицательном знаке отклонений $x_{0i} - \overline{x_{03}}$; $\overline{x_{03}}$ – среднее значение результата измерения образцовой ФВ x_0 ; $\sigma_{в3}$ и $\sigma_{н3}$ – верхнее и нижнее среднеквадратические отклонения результатов измерений на момент времени t_{x3} .

Погрешность ξ_{x3} (6) измерения образцовой ФВ x_0 в момент времени t_{x3} проведения третьей поверки может принимать разные случайные значения и знаки. Предположим, что $\xi_{x3} = 0,01 \pm 0,15$ (см. рисунок, точка D на кривой 4).

Далее в t_{x3} -й момент времени (после проведения первых двух поверок) определяется и запоминается знак и значение приращения

$$\Delta\xi_{x32} = \overline{\xi_{x3}(t_{x3})} - \overline{\xi_{x2}(t_{x2})}. \quad (11)$$

Затем анализируются и учитываются значения и знаки приращений [1], полученные в моменты времени t_{x0} и t_{x2} (при предыдущих поверках):

$$\Delta\xi_{x20} = \overline{\xi_{x2}(t_{x2})} - \overline{\xi_{x0}(t_{x0})} \quad (12)$$

и

$$\Delta\xi_{x30} = \overline{\xi_{x3}(t_{x3})} - \overline{\xi_{x0}(t_{x0})}, \quad (13)$$

а также знак текущего приращения $\Delta\xi_{x32}$ (11), полученного при третьей поверке.

Данные значения и знаки сравниваются между собою и решается вопрос об изменении знака (и направления) переменной составляющей ФР Кондратова – Вейбулла.

Допустим, что все знаки полученных приращений (11), (12) и (13) являются положительными и имеет место условие $\Delta\xi_{x30} \geq \Delta\xi_{x20}$. В этом случае положительный знак переменной составляющей ФР также не изменяется.

После этого определяется возможное (теоретическое или прогнозное) значение погрешности согласно уравнению измерений

$$\xi_{T3} = S_{\xi} \cdot \left(\frac{t_{x3}}{T_{HO2}} \right)^{k_{\phi 2} - k_{\phi 2}^0} \exp \left[- \left(\frac{t_{x3}}{T_{HO2}} \right)^{k_{\phi 2} - k_{\phi 2}^0} \right] + \xi_{x0}, \quad (14)$$

которое имело бы место в момент времени t_{x3} при прогнозных значениях времени наработки на МО T_{HO2} (в годах) и значении параметра формы $k_{\phi 2}$, полученных при проведении предыдущей (второй) поверки.

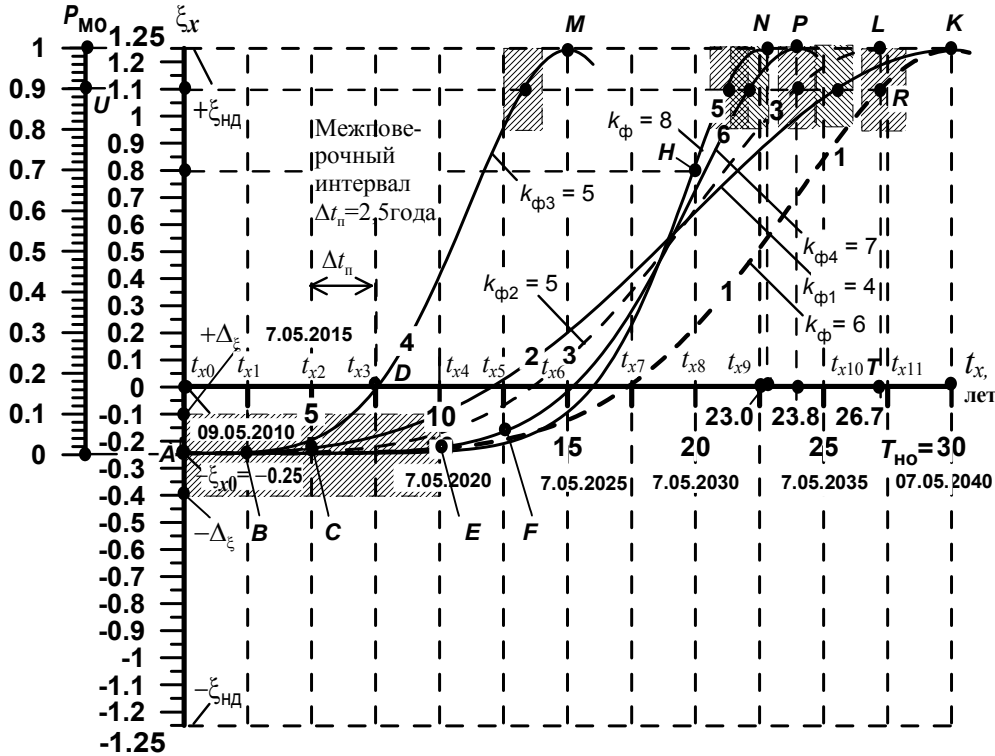


Рис. 1. Графический портрет ВФ-модели МО СИ, поясняющий суть метода определения времени наработки на МО (по результатам шести поверок)

Полученное значение теоретической погрешности ξ_{T3} (12) запоминается и сравнивается с практически полученным в момент времени t_{x3} средним значением относительной погрешности $\overline{\xi_{x3}}$ (6). Для этого определяются знак и абсолютное значение разности погрешностей измерения, т.е.

$$\Delta \xi_{xT3} = \overline{\xi_{x3}}(t_{x3}) - \xi_{T3}(t_{x3}) = \overline{\xi_{x3}} - \xi_{T3}. \quad (15)$$

С учетом знаков разностей

$$\Delta \xi_{xT2} = \overline{\xi_{x2}}(t_{x2}) - \xi_{T2}(t_{x2}) = \overline{\xi_{x2}} - \xi_{T2} \quad (16)$$

и

$$\Delta \xi_{xT3} \cong 0 \pm \Delta \xi_{xT2} \quad (17),$$

значение параметра формы $k_{\phi 2}$ и времени наработки на МО T_{HO2} поочередно изменяются до получения наиболее вероятных (с некоторой погрешностью) числовых значений $\{k_{\phi 3}\}$ и $\{T'_{HO3}\}$. Критерием достоверности полученных результатов, как и при проведении предыдущих поверок, является $\Delta \xi$ -критерий согласия проф. Кондратова, согласно которому необходимо обеспечить равенство нулю значений разностей (16) и (15).

При указанных параметрах прогнозной ФР значения разностей $\Delta \xi_{xT2}$ (16) и $\Delta \xi_{xT3}$ (15), станут равными нулю (т.е. $\{\Delta \xi_{xT2}\} \cong 0 \pm \{\Delta \xi_{xT2}\}$ и $\{\Delta \xi_{xT3}\} \cong 0 \pm \{\Delta \xi_{xT3}\}$) в пределах заданных значений погрешностей $\pm \Delta \xi_{xT2}$ и $\pm \Delta \xi_{xT3}$, т.е. в случае, когда верхняя и нижняя полосы неопределенности значений разностей $\Delta \xi_{xT2}$ и $\Delta \xi_{xT3}$ равны между собою: $\{\Delta \xi_{xT2B}\} = \{|\Delta \xi_{xT2H}|\} = \{\Delta \xi_{xT2}\}$ и $\{\Delta \xi_{xT3B}\} = \{|\Delta \xi_{xT3H}|\} = \{\Delta \xi_{xT3}\}$.

При достижении равенства нулю третьей разности $\Delta \xi_{xT3}$ ($\{\Delta \xi_{xT3}\} = 0$ (17)), – за счет изменения времени наработки на МО, проверяется выполнение условия равенства нулю второй разности $\Delta \xi_{xT2}$ (16)

(т.е. $\{\Delta\xi_{xT2}\} = 0$?). При ее невыполнении, т.е. при $\{\Delta\xi_{xT2}\} \neq 0$ и при полученном значении времени наработки на МО, изменяется значение параметра формы $k'_{\phi3}$ до наиболее вероятного (действительного) значения, например, $k_{\phi3} = 5$, при котором значение второй разницы (16) станет равным нулю ($\{\Delta\xi_{xT2}\} = 0$). Необходимо заметить, что значение параметра формы $k_{\phi3}$ устанавливается с погрешностью $+\Delta k_{\phi3в}$ или $-\Delta k_{\phi3н}$.

При выполнении указанных условий подтверждается гипотеза о согласии (равенстве) значений погрешностей, при которых прохождение прогнозной кривой ФР с новыми значениями параметров k_{ϕ} и $T_{но}$ осуществляется через три точки, соответствующие погрешностям измерений в моменты времени t_{x0} , t_{x2} и t_{x3} .

Наиболее вероятное (действительное) значение времени $T_{но3}$ ($\{T_{но3}\} = \{T_{но3}(t_{x3})\} = \{T_{но2}\} \pm \{\Delta T_{но3}\}$) наработки на МО (на момент времени t_{x3} ($\{t_{x3}\} = \{t_{x2}\} + \{\Delta t_{x3}\}$)) определяется по полученному в неявном виде уравнению измерений

$$\begin{aligned} & \left(\frac{t_{x2} + \Delta t_{x3}}{T_{но2} \pm \Delta T_{но3}} \right)^{k_{\phi2} - k_{\phi2}^0 \pm \Delta k_{\phi3}} - (k_{\phi2} - k_{\phi2}^0 \pm \Delta k_{\phi3}) \cdot \ln \left(\frac{t_{x2} + \Delta t_{x3}}{T_{но2} \pm \Delta T_{но3}} \right) = \\ & = \left(\frac{t_{x2}}{T_{но2}} \right)^{k_{\phi2} - k_{\phi2}^0} - (k_{\phi2} - k_{\phi2}^0) \ln \left(\frac{t_{x2}}{T_{но2}} \right) - \ln \frac{\xi_{x3} - \xi_{x0}}{\xi_{x2} - \xi_{x0}} \end{aligned} \quad (18)$$

или

$$\left(\frac{t_{x3}}{T_{но3}} \right)^{k_{\phi3} - k_{\phi2}^0} - (k_{\phi3} - k_{\phi2}^0) \cdot \ln \left(\frac{t_{x3}}{T_{но3}} \right) = \left(\frac{t_{x2}}{T_{но2}} \right)^{k_{\phi2} - k_{\phi2}^0} - (k_{\phi2} - k_{\phi2}^0) \ln \left(\frac{t_{x2}}{T_{но2}} \right) - \ln \frac{\xi_{x3} - \xi_{x0}}{\xi_{x2} - \xi_{x0}}, \quad (19)$$

где Δt_{x3} – интервал времени до начала третьей поверки; $k_{\phi2}^0 = 1$; $k_{\phi3}^0 = 1$.

Полученное из равенств (18) или (19) значение времени наработки на МО, равное, например, $T_{но3} = 15$ лет, запоминается. Необходимо учитывать, что в общем случае $T_{но3}$ также определяется с учетом погрешностей $\Delta_{t_{п3в}}$ и $\Delta_{t_{п3н}}$ определения момента времени t_{x3} .

После определения значений $k_{\phi3} = 5$ и $T_{но3} = 15$ лет строится кривая ФР на графическом портрете ВФ-модели МО (рисунок, кривая 4), проходящая через рабочую точку *A*, соответствующую погрешности $\xi_{x0}(t_{x0}) = -0,25 \pm 0,15$, рабочую точку *C*, соответствующую погрешности $\xi_{x2}(t_{x2}) = -0,23 \pm 0,15$, и рабочую точку *D*, соответствующую погрешности $\xi_{x3} = 0,01 \pm 0,15$ (рисунок, кривая 4 при $k_{\phi2} = 5$ и $T_{но2} = 15$ лет).

Согласно полученным данным, МО СИ может наступить уже после 13,3 – 15,0 лет его использования (эксплуатации). Эти данные существенно отличаются от полученных при предыдущей поверке. Поскольку до наступления МО имеется в запасе интервал времени соответствующий двум-трем поверкам, то МО не проявится еще в течение 5-6 лет. За это время будет проведена четвертая поверка, которая внесет ясность в результат третьей поверки.

При проведении третьей поверки определяется также значение верхней допустимой границы $T_{нов}(t_{x3})$ полосы неопределенности значений времени наработки на МО. Определение ее значения

$$\{T_{но3в}\} = \{T_{но3}\} + \{\Delta T_{но3в}\} \quad (20)$$

осуществляется с учетом знака полученных значений погрешностей времени $T_{но2}$ наработки на МО, параметра формы, моментов времени проведения второй поверки и верхней границы полосы неопределенности погрешности ξ_{x0} , т.е. $\Delta T_{но3в}$, $\Delta k_{\phi3в}$, $\Delta_{t_{п3в}}$ и разности $\Delta \xi_{дн0}$.

Значение верхней допустимой границы $T_{но3в}$ полосы неопределенности определяется по уравнению измерений

$$\begin{aligned} & \left(\frac{t_{x3} + \Delta t_{п3в}}{T_{но3в}} \right)^{(k_{\phi3} - k_{\phi2}^0 + \Delta k_{\phi3в})} - (k_{\phi3} - k_{\phi2}^0 + \Delta k_{\phi3в}) \cdot \ln \left(\frac{t_{x3} + \Delta t_{п3в}}{T_{но3в}} \right) = \\ & = \left(\frac{t_{x2}}{T_{но2}} \right)^{k_{\phi2} - k_{\phi2}^0} - (k_{\phi2} - k_{\phi2}^0) \ln \left(\frac{t_{x2}}{T_{но2}} \right) - \ln \frac{\xi_{x3}(t'_{x3}) - (\xi_{x0}(t_{x0}) + \Delta \xi_{дв0})}{\xi_{x2}(t_{x2}) - \xi_{x0}(t_{x0})}, \end{aligned} \quad (21)$$

где $T_{\text{но3в}} = T_{\text{но3}} + \Delta T_{\text{но3в}}$ – верхняя допустимая граница полосы неопределенности; $\overline{\xi_{x3}}(t'_{x3})$ – погрешность результата многократных измерений образцовой ФВ x_0 в момент времени t'_{x3} ($\{t'_{x3}\} = \{t_{x3}\} + \{\Delta t_{\text{п3в}}\}$).

Далее, как и при второй поверке, определяется и запоминается значение нижней допустимой границы $T_{\text{но3н}}(t_{x3})$ полосы неопределенности значений времени наработки на МО, т.е.

$$\{T_{\text{но3н}}\} = \{T_{\text{но3}}\} - \{\Delta T_{\text{но3н}}\}. \quad (22)$$

Это значение определяется с учетом знака и значений абсолютных погрешностей $\Delta T_{\text{но3н}}$, $\Delta k_{\text{ф3н}}$, $\Delta t_{\text{п3н}}$ и разности $\Delta \xi_{\text{дн0}}$ по уравнению измерений

$$\begin{aligned} & \left(\frac{t_{x3} - \Delta t_{\text{п3н}}}{T_{\text{но3н}}} \right)^{k_{\text{ф3}} - k_{\text{ф2}}^0 - \Delta k_{\text{ф3н}}} - (k_{\text{ф3}} - k_{\text{ф2}}^0 - \Delta k_{\text{ф3н}}) \cdot \ln \left(\frac{t_{x3} - \Delta t_{\text{п3н}}}{T_{\text{но3}}} \right) = \\ & = \left(\frac{t_{x2}}{T_{\text{но2}}} \right)^{k_{\text{ф2}} - k_{\text{ф2}}^0} - (k_{\text{ф2}} - k_{\text{ф2}}^0) \ln \left(\frac{t_{x2}}{T_{\text{но2}}} \right) - \ln \frac{\overline{\xi_{x3}}(t''_{x3}) - (\overline{\xi_{x0}}(t_{x0}) - \Delta \xi_{\text{дн0}})}{\overline{\xi_{x2}}(t_{x2}) - \overline{\xi_{x0}}(t_{x0})}. \end{aligned} \quad (23)$$

где $T_{\text{но3н}} = T_{\text{но3}} - \Delta T_{\text{но3н}}$ – нижняя допустимая граница полосы неопределенности; $\overline{\xi_{x3}}(t_{x3} - \Delta t_{\text{п3н}})$ – погрешность результатов многократных измерений нормированной по значению ФВ x_0 в момент времени t''_{x3} ($\{t''_{x3}\} = \{t_{x3}\} - \{\Delta t_{\text{п3н}}\}$).

О значении ширины полосы неопределенности времени $T_{\text{но3}}$ наработки на МО судят согласно уравнения числовых значений

$$\Delta T_{\text{но3}} = T_{\text{но3в}}(t''_{x3}) - T_{\text{но3н}}(t'_{x3}). \quad (24)$$

Затем определяется значение приращения времени наработки на МО до верхней и нижней допустимых границ полосы неопределенности, соответственно:

$$\{\Delta T_{\text{но3в}}\} = \{T_{\text{но3в}}\} - \{T_{\text{но3}}\} \quad (25)$$

и

$$\{\Delta T_{\text{но3н}}\} = \{T_{\text{но3}}\} - \{T_{\text{но3н}}\}. \quad (26)$$

Полученные значения, $\{T_{\text{но3}}\}$, $\{T_{\text{но3в}}\}$, $\{T_{\text{но3н}}\}$, $\{\Delta T_{\text{но3в}}\}$ и $\{\Delta T_{\text{но3н}}\}$ запоминаются.

Достаточно малое значение времени наработки на МО $T_{\text{но3}} = 15$ лет (см. рисунок, кривая 4), полученное при проведении третьей поверки, обусловлено тем, что приращения погрешности $\Delta \xi_{x32} = \xi_{x3} - \xi_{x2}$ существенно изменилось. Однако, при проведении четвертой поверки оказалось, что значение погрешности $\xi_{x3} = 0,01 \pm 0,15$ является «условным промахом», поскольку на момент времени t_{x4} проведения четвертой поверки получено значение погрешности $\xi_{x4} = -0,24 \pm 0,15$ соизмеримое с погрешностью $\xi_{x2} = -0,22 \pm 0,15$ (рисунок, точка *E* на кривой 5). На момент времени t_{x4} значения параметров ФР составили: $k_{\text{ф4}} = 8$ и $T_{\text{но4}} = 23$ года.

После определения значений параметров $k_{\text{ф4}}$ и $T_{\text{но4}}$ строится прогнозная кривая ФР на графическом портрете ВФ-модели МО, проходящая через три точки: рабочую точку *A*, соответствующую погрешности $\xi_{x0}(t_{x0}) = -0,25 \pm 0,15$, рабочую точку *C*, соответствующую погрешности $\xi_{x2}(t_{x2}) = -0,23 \pm 0,15$, и точку *E*, соответствующую погрешности $\xi_{x4} = -0,24 \pm 0,15$ (см. рисунок, кривая 5 при $k_{\text{ф4}} = 8$ и $T_{\text{но4}} = 23$ года). Результат определения погрешности в момент времени t_{x3} проведения поверки принимается за условный промах.

Предположим, что при проведении 5-й поверки в момент времени t_{x5} получают, например, $\xi_{x5} = -0,17 \pm 0,15$ (см. точку *F* на рисунке, кривая 6). В соответствии с описанными операциями, определяются параметры ФР и через три точки (*A*, *E* и *F*) проводят кривую прогнозной ФР, вершина которой будет касаться прямой, соответствующей верхнему граничному значению погрешности $\xi_{\text{нд}}$ в точке *P*, соответствующей $T_{\text{но5}} = 23,8$ года (см. рисунок, кривая 6). Согласно предложенного метода точки *B* и *C* не учитываются.

Графический портрет ВФ-модели МО СИ для всех пяти моментов времени поверок прилагается к

документам на СИ. Он отражает реальную динамику значений параметров прогнозной ФР от поверки к поверке, в том числе и времени наработки на МО, и может быть использован для дальнейших исследований СИ на метрологическую надежность.

Процесс поверок аналогичным образом повторяется до момента времени, при котором $P_{\text{но}} = 0,9 \pm 0,1$, $\xi_{\text{хк}}(t_{\text{хк}}) = 0,9\xi_{\text{нд}}$ или $T_{\text{нок}} = 0,9T_{\text{но}}$.

Дальнейший процесс определения действительного значения $T_{\text{но}}$ требует пересмотра продолжительности интервалов времени между поверками.

После проведения всех поверок, полученные текущие значения погрешностей, времени наработки на МО, значения ширины полосы неопределенности и значения приращений времени наработки на МО до верхней и нижней границ документируются и запоминаются в базе знаний поверочной лаборатории.

Выводы

Впервые в мире описан запатентованный в Украине метод прогнозирования и определения времени наработки средства измерений на метрологический отказ, в основу которого положена синтезированная вероятностно-физическая модель метрологических отказов средств измерений, описываемая гибкой многопараметровой функцией распределения Кондратова – Вейбулла.

Показана возможность появления «условных промахов» при определении погрешности и времени наработки на метрологический отказ при проведении той или иной поверки. Их условность устанавливается только после проведения последующей поверки, анализа полученных данных и проведения кривой прогнозной функции распределения с новыми значениями параметров.

T-метод динамической нелинейной регрессии является эффективным и универсальным методом благодаря обеспечению высокой точности прогнозирования и определения времени наработки на метрологический отказ. Он может быть реализован также при ВФ-моделях МО на основе функций распределения Кондратова – Коши, Кондратова – Лапласа и т.д.

Литература

1. Кондратов В.Т. Теория метрологической надежности: новый метод прогнозирования и определения времени наработки на метрологический отказ. Сообщение 1 / Кондратов В.Т. // Вісник Хмельницького національного університету. Технічні науки, 2010. – № 4 – С. 138-148.

2. Пат. України на винахід № 90122 С2. Спосіб визначення часу наробітку на метрологічну відмову засобу вимірювання / Кондратов В.Т. / Бюл. №7, 2010.

Надійшла 20.11.2010 р.

УДК 004.42: 504 (477)

О.О. ЄФРЕМОВА, В.М. ДЖУЛІЙ, Л.Л. ГРАБОВСЬКА
Хмельницький національний університет

РОЗРОБКА КОМП'ЮТЕРНОЇ ПРОГРАМИ ОБРОБКИ РЕЗУЛЬТАТІВ БІОТЕСТУВАННЯ

Розроблена комп'ютерна програма обробки результатів біотестування, отриманих при використанні методів біотестування, що базуються на кількісній оцінці тест-відгуку. Дана програма дозволяє отримати не лише точні результати, а й діаграми тест-індексів, за якими можна дати оцінку впливу середовища, що досліджується на тест-організм.

The program of processing of results of biotesting is developed. Results of biotesting should be based on a quantitative estimation of the test response. The program allows to receive exact results, diagrams of test indexes on which it is possible to estimate influence of the investigated environment on a test-organism.

Ключові слова: біотестування, індекс токсичності, обробка результатів біотестування.

Вступ

Останнім часом все більшого поширення та застосування набуває біотестування, яке дає змогу отримати достовірну інформацію про стан досліджуваного середовища. При проведенні біотестування одним з головних аспектів отримання достовірної інформації є обробка результатів. Ця частина дослідження є найбільш трудомісткою та вимагає значної уваги та точності при проведенні. Саме для вирішення проблеми швидкості і точності обробки результатів біотестування і необхідна комп'ютерна програма.

Постановка задачі

Для отримання порівнюваних результатів за підсумками тестування розраховують індекс токсичності [1] для кожної тест-функції за формулою:

$$IT\Phi = (T\Phi_0 / T\Phi_k), \quad (1)$$

де $T\Phi_0$ – значення, що реєструється тест-відгуку в досліді;

$T\Phi_k$ – значення, що реєструється тест-відгуку у контролі.