УДК 681.3

А.С. Петров[1], А.В. Минин [2], А.А. Петров[2], Л.Н. Щербак[3], Александер Марек[4]

[1]AGH University of Science and Technology, Krakow, Poland
[2]Восточноукраинский национальный университет имени Владимира Даля
[3]Киевский национальный авиационный универсистет
[4]Państwowa Wyższa Szkoła Zawodowa, Nowy Sącz, Polska

ПРОГНОЗИРОВАНИЕ НАДЕЖНОСТИ ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ

В работе рассмотрена методика прогнозирования надежности информационной системы на основе анализа динамики определяющей характеристики. Исследовано прогнозирование остаточной ресурса системы на основе диффузионного монотонного и немонотонного распределения.

Ключевые слова: надежность, информационная система, прогнозирование, математическое моделирование, диффузионное монотонное и немонотонное распределение.

В процессе функционирования работоспособная система обеспечивает выполнение необходимых функций, при этом выполнение каждой функции описывается соответствующей характеристикой как функцией времени. В общей постановке задачи прогнозирования надежности системы необходимо прогнозировать динамику изменений каждой из таких характеристик. Но в ряде случаев среди последовательности таких характеристик можно обосновать лишь одну из них, как основную или определяющую, которая характеризует в основном надежность всей системы [1]. Базируясь на этом в последующем будет рассматриваться задача прогнозирования надежности системы путем анализа динамики изменений определяющей характеристики.

В ряде случаев в качестве такой интегральной характеристики можно использовать характеристику формирования (накопления) отказа исследуемой системы. Динамику изменений такой характеристики будем рассматривать и в данной статье.

Математическую модель такой характеристики представим в виде случайного процесса $A(\omega,t)$, $\omega \in \Omega$, $t \in T$, реализации которого при фиксированном $\omega = \omega_1$ будет отражаться в виде $A(t)$, $t \in T$. Таким процессом, например, может быть гауссовский случайный процесс с независимыми приращениями [2].

Постановка задачи прогнозирования надежности системы и ее решение в данной работе будут рассматриваться при определенных условиях и иметь скорее методический характер с представлением иллюстративного материала по реализациям исследуемого случайного процесса $A(\omega,t)$.

По реализациям наблюдений процесса $A(\omega,t)$, то есть функциям времени будем определять статистические оценки средней скорости изменения и коэффициента вариации этой скорости, которая в целом дает возможность вычислить (прогнозировать) характеристики надежности системы, не используя для этого режим отказа (разрушения) системы [3].

Для прогнозирования надежности системы необходимо задать следующие данные о динамике изменения определяющей характеристики функционирования системы - случайного процесса $A(\omega,t)$:

– модель процесса деградации (монотонный или немонотонный характер реализаций);
– предельное значение границы изменений определяющей характеристики $A_{\max}$;
– начальное значение определяющей характеристики A_0;
– средняя скорость изменения определяющего параметра в условиях эксплуатации a;
– коэффициент вариации (среднеквадратичное отклонение) скорости изменения определяющей характеристики v.

На основе анализа конкретных реализаций такой характеристики или на основе общего анализа физических процессов деградации, обусловленных изменением определяющей характеристики (износ, коррозия и тому подобное) устанавливается доминирующий процесс деградации и определяется его тип (монотонный *DM*, немонотонный *DN*) [4]. Это служит основой для принятия в качестве математической модели закона распределения наработки на отказ (предельного состояния) (*DM*- или *DN*-аспределения. Данные законы распределения были описаны в виде формул (1) и (2) соответственно.

DM – диффузионное монотонное распределение диффузионных случайных процессов, которое в качестве математических моделей используются при исследованиях характеристик надежности механических систем, где преобладают отказы, причинами которых являются процессы изнашивания, усталости и коррозии, описывается выражениями [5]

$$f(t)=f_M(t;\mu,v)=\frac{t+\mu}{2vt\sqrt{2\pi\mu t}}\exp\left(-\frac{(t-\mu)^2}{2v^2\mu t}\right)$$

$$f(t)=f_N(t;\mu,v)=\frac{\sqrt{\mu}}{vt\sqrt{2\pi t}}\exp\left(-\frac{(t-\mu)^2}{2v^2\mu t}\right) \qquad (1)$$

$$M\xi(\omega)=\mu(1+\frac{v^2}{2})$$

$$D\xi(\omega)=\mu^2v^2(1+\frac{5v^2}{4})$$

DN - диффузионное немонотонное распределение моделей случайных процессов, которое используются при исследованиях надежности электронных систем, которые состоят из электротехнических изделий и механических элементов, основной причиной отказов которых являются процессы старения, разные процессы электрической природы и процессы усталости описывается следующими выражениями

$$f(t)=f_N(t;\mu,v)=\frac{\sqrt{\mu}}{vt\sqrt{2\pi t}}\exp\left(-\frac{(t-\mu)^2}{2v^2\mu t}\right)$$

$$F(t)=F_N(t;\mu,v)=\Phi\left(\frac{t-\mu}{v\sqrt{\mu t}}\right)+\exp\left(\frac{2}{v^2}\right)\cdot\Phi\left(-\frac{t+\mu}{v\sqrt{\mu t}}\right)$$

$$M\xi(\omega)=\mu \qquad (2)$$

$$D\xi(\omega)=\mu^2 v^2$$

где

μ - является параметром масштаба диффузионных законов распределения и его значения обратное значению средней скорости процесса деградации *a,* то есть

$$\mu=\frac{1}{a};$$

параметром формы диффузионных законов распределения ν является коэффициент вариации процесса деградации, значение которого определяется по формуле

$$\nu=\delta_a/a,$$

де δ_a – среднеквадратичное отклонение средней скорости процесса деградации *a*.

Приведем следующие примеры характеристик надежности случайного процесса $A(\omega,t)$, который описывает соответствующие процессы деградации в исследуемых объектах с целью использования полученных характеристик в задачах их прогноза.

Пример 1

Рассмотрим случайный процесс с независимыми гауссовыми стационарными приращениями $A(\omega,t)$ и монотонными реализациями, графики которых приведены на рис. 1. При этом модель процесса $A(\omega,t)$ описывается в виде [6]

\

$$A(\omega,t)=A_0+\eta_M(\omega,t), \qquad (3)$$

где $\eta(\omega t)$ – случайный процесс, который имеет характеристики:

$$a = \mathbf{M}\left\{\frac{d\eta_{M}(\omega,t)}{dt}\right\} -$$

средняя скорость на соответствующем временном интервале t безотказной работы системы;

$$a > 0; \quad \frac{d\eta_{M}(\omega,t)}{dt} \geq 0;$$

$$\nu = \sqrt{\mathbf{D}\left(\frac{d\eta_{M}(\omega,t)}{dt}\right)} \Big/ a$$ – коэффициент вариации.

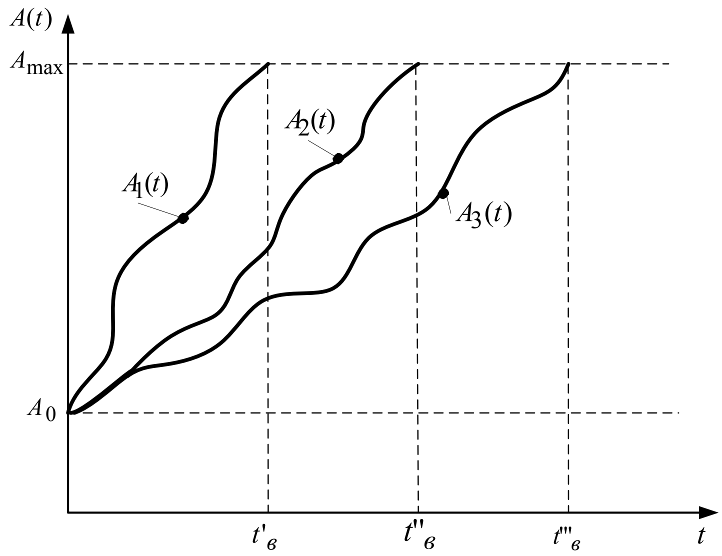

Рис. 1. Графики реализаций случайного процесса с независимыми гауссовыми стационарными приращениями (монотонное распределение)

Для данного случая функция распределения наработки на отказ (предельного состояния) имеет вид:

$$F_{DM}(t) = \Phi\left(\frac{\alpha t + A_0 - A_{\max}}{\nu\sqrt{\alpha t(A_{\max} - A_0)}}\right). \tag{4}$$

Для данного случая характеристики надежности системы имеют следующий вид:
- средняя наработка на отказ (средний ресурс) [7]:

$$T_{cp} = \left(1 + \frac{\nu^2}{2}\right)\frac{\left(A_{\max} - A_0\right)}{\alpha}; \tag{5}$$

- вероятность безотказной работы на интервале [***0, t***] [8]:

$$R(t) = \Phi\left(\frac{A_{\max} - A_0 - \alpha t}{\nu\sqrt{\alpha t(A_{\max} - A_0)}}\right). \tag{6}$$

Пример 2

Случайный процесс с независимыми гауссовыми стационарными приращениями и немонотонным распределением, графики реализаций которого приведены на рис. 2,. описывается в виде

$$A(\omega, t) = A_0 + \eta_H(\omega, t),$$

где $\eta_H(\omega,t)$ – случайный процесс, который имеет характеристики: $\alpha = \mathbf{M}\left[\frac{d\eta_H(\omega,t)}{dt}\right]$ – средняя скорость; $\alpha > 0; \frac{d\eta_H(\omega,t)}{dt} \geq 0; \nu = \mathbf{V}\left[\frac{d\eta_H(\omega,t)}{dt}\right]$ – коэффициент вариации.

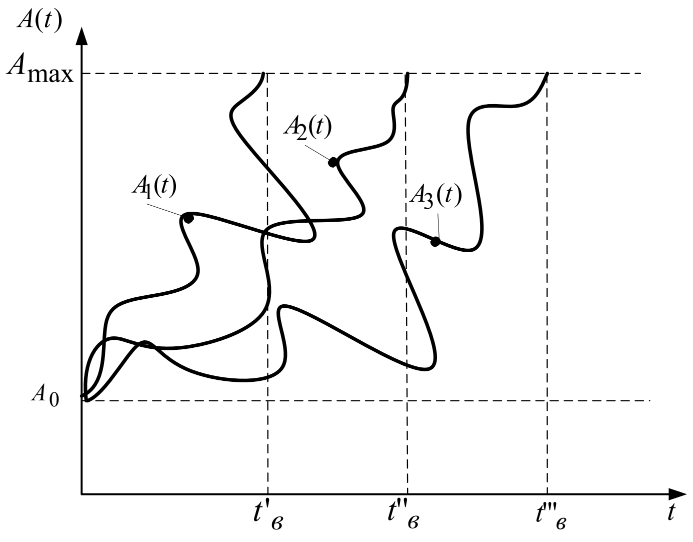

Рис. 2. Графики реализаций случайного процесса с независимыми гауссовыми стационарными приращениями (немонотонное распределение)

В данном случае функция распределения наработки на отказ (предельного состояния) имеет вид:

$$F_{DM}(t) = \Phi\left(\frac{\alpha t + A_0 - A_{\max}}{\nu\sqrt{\alpha t(A_{\max} - A_0)}}\right) + \exp\left(\frac{2}{\nu^2}\right)\Phi\left(-\frac{\alpha t + A_{\max} - A_0}{\nu\sqrt{\alpha t(A_{\max} - A_0)}}\right). \qquad (7)$$

Выражения для оценки показателей надежности объекта имеют следующий вид: средняя наработка на отказ (средний ресурс):

$$T_{cp} = \frac{A_{\max} - A_0}{\alpha}; \qquad (8)$$

- вероятность безотказной работы в интервале [***0, t***]:

$$R(t) = \Phi\left(\frac{A_{\max} - A_0 - \alpha t}{\nu\sqrt{\alpha t(A_{\max} - A_0)}}\right) - \exp\left(\frac{2}{\nu^2}\right)\Phi\left(-\frac{\alpha t + A_{\max} - A_0}{\nu\sqrt{\alpha t(A_{\max} - A_0)}}\right). \qquad (9)$$

Приведенные примеры определения характеристик надежности, которые можно использовать в задачах прогнозирования, характерные для широкого класса технических комплексов, в состав которых входят аппаратные механические и электронные системы. Для таких комплексов процессы деградации (старение, износ) накапливаются интегрально по мере роста наработки t. Поэтому наиболее обоснованной моделью таких физических процессов есть случайный процесс с независимыми приращениями. Учитывая значительное количество случайных факторов формирования процессов деградации, типичным законом распределения приростов процесса с независимыми приращениями есть закон распределения Гаусса.

Определение значений таких параметров, как средняя скорость изменения процесса α и коэффициента вариации ν, а также определение начального значения A_0 и предельного $A_{\max}$ можно вычислить по данным испытаний и эксплуатации исследуемых комплексов и использования известных методов математической статистики для их обработки [9]. Необходимо отметить значительную сложность решения таких задач статистической обработки данных.

Опыт эксплуатации технических систем показывает, что долговечность и срок службы многих видов технических систем, в том числе информационных систем, есть, в ряде случаев, заниженными из-за погрешности прогнозирования надежности на этапах жизненного цикла системы, в том числе и неучет реальных условий эксплуатации. Это приводит к преждевременному прекращению применения систем по назначению и, как следствие, к неэффективному использованию материальных средств, израсходованных на разработку, производство и эксплуатацию таких систем. В связи с этим практическое значение имеет оценка прогнозируемой (ожидаемой) остаточной наработки (ресурса, срока службы), описанного случайным процессом $A(\omega, t)$, то есть наработки системы после момента τ (контроля технического состояния), если до этого момента она не отказала (не достигла предельного состояния). Знание остаточной наработки позволяет более эффективно обеспечивать дальнейшую эксплуатацию систем, планировать сроки замены или профилактических мер. Естественно, что процесс $A(\omega, t)$ относится лишь к системам, которые не отказали (не достигли предельного стана) к моменту времени τ. Как известно, распределение остаточной наработки таких систем возможно получить из первичного начального закона распределения наработки (ресурса) [10].

Значение остаточного ресурса $\tau_3(\omega)$ является случайной величиной. Его основной характеристикой является функция распределения $F_3(t|\tau)$, представляющую собой условную функцию распределения вероятностей, которая может быть представлена условной плотностью распределения остаточного ресурса $f_3(t|\tau)$ или условной вероятностью безотказной работы $R_3(t|\tau) = 1 - F_3(t|\tau)$, которую принято называть остаточной функцией надежности.

В качестве основных показателей остаточного ресурса рассмотрим средний остаточный ресурс $T_3(\tau)$, который определяется как математическое ожидание остаточного ресурса $\tau_3(\omega)$ после наработки τ [11].

При определении характеристик остаточного ресурса полагают заданными начальные характеристики надежности, а именно: вероятность безотказной работы $R(t)$, или соответственно функцию распределения вероятности отказа $F(t)$, или функцию плотности вероятности отказа $f(t)$.

Функция плотности распределения вероятностей остаточного ресурса $f_3(t|\tau)$ представляет собой условную плотность, полученную из выражения начальной функции плотности распределения ресурса $f(t)$ и соответствующего сдвига времени на τ

$$f_3(t|\tau) = C(\tau) f(t), \tag{10}$$

где $C(\tau) = \dfrac{1}{\int_{\tau}^{\infty} f(t)dt}$ – нормированный множитель.

Таким образом, условная плотность распределения остаточной наработки в общем случае имеет следующий вид:

$$f_3(t|\tau) = \begin{cases} 0 & \text{при } t < \tau \\ \dfrac{f(t)}{1 - F(t|\tau)} & \text{при } t \geq \tau \end{cases} \tag{11}$$

Из последнего соотношения средняя остаточная наработка (математическое ожидание остаточной наработки) определяется следующим образом [12]:

$$T_3(\tau) = \int_{\tau}^{\infty} (t-\tau) f_3(t|\tau) dt = \frac{\int_{\tau}^{\infty} (t-\tau) f_3(t) dt}{1 - F(\tau)} = \frac{\int_{\tau}^{\infty} (t-\tau) f_3(t) dt}{R(\tau)}. \quad (12)$$

На рис. 3 представлен график функции начальной плотности распределения вероятностей отказа $f(t)$ и условной плотности вероятностей остаточного ресурса $f_3(t|\tau)$.

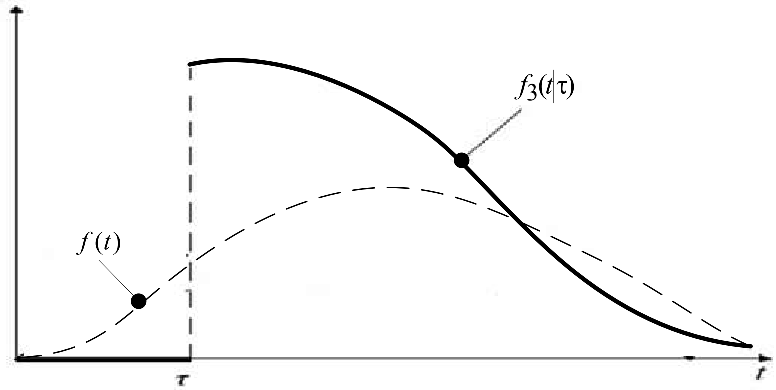

Рис. 3. График функции плотности распределения начальной наработки $f(t)$ и плотности распределения остаточной наработки $f_3(t|\tau)$ для момента τ

Для сравнительного анализа функций $R(t)$ та $R(t|\tau)$, какие описывают соответственно начальную функцию распределения безотказной работы и условную функцию распределения безотказной работы – остаточную функцию надежности, используем графическую иллюстрацию, представленную на рис. 4 [13].

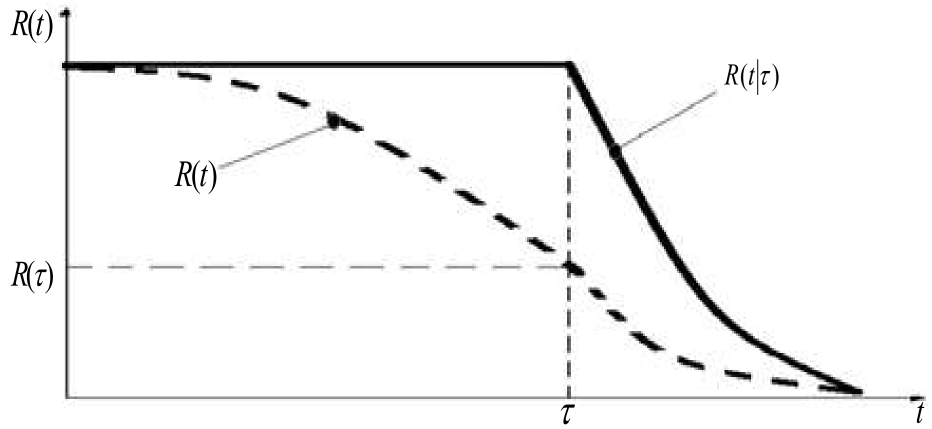

Рис. 4. Графики функций начальной надежности $R(t)$ и остаточной надежности $R(t\,|\,\tau)$

На рис. 4 представлен график функции $R(t)$ (штриховая кривая) и функция остаточной надежности $R(t|\tau)$ (непрерывная линия). Функция $R(t|\tau)$ отвечает функции $R(t)$ на отрезке $[\tau;+\infty]$, при этом начало функции $R(t|\tau)$ переносится в точку τ, то есть за начало отсчета в новой системе берется τ (момент контроля технического состояния), а значение $R(t)$ в новой системе принимается равным единицы. Тем самым для функции $R(t|\tau)$ на отрезке $[\tau;+\infty]$ масштаб веса R увеличивается на величину $\frac{1}{R(\tau)}$. В новом масштабе участок функции $R(t)$ на отрезке $[\tau;+\infty]$ представляет собой остаточную функцию надежности $R(t|\tau)$.

В государственных стандартах для технических систем, в которых определяющими есть отказы механических механизмов, узлов, рекомендуется в качестве теоретической модели распределения наработки на отказ (предельное состояние) использовать ***DM**-распределение* [14].

Известно, что современные методы исследований надежности технических систем разной сложности используют для описания процессов деградаций (старение, износ, коррозия, появление трещин, генерация и перемещения электрических зарядов на поверхности кристаллов полупроводников и много других) математические модели непрерывных марковских процессов диффузного типа.

Физические процессы деградации механических объектов приняты описывать марковскими процессами с монотонным распределением (***DM** -распределение*).

Плотность ***DM**-распределения* вероятностей, согласно (1), описывается выражением

$$f_M(t) = f_M(t;\mu,\nu) = \frac{t+\mu}{2\nu t\sqrt{2\pi\mu t}}\exp\left[-\frac{(t-\mu)^2}{2\nu^2\mu t}\right], \tag{13}$$

где μ – параметр масштаба распределения, значение которого обратное значению средней скорости процесса деградации $\mu = \frac{1}{a}$;

ν – параметр формы распределения, значение которого равняется коэффициенту вариации скорости деградации..

Функция ***DM** -распределения*:

$$F(t) = DM(t;\mu,\nu) = \Phi\left(\frac{t-\mu}{\nu\sqrt{\mu t}}\right) \tag{14}$$

где $\Phi(\cdot)$ – функция нормированного гауссового распределения, то есть

$$\Phi(z) = \frac{1}{2\pi}\int_{-\infty}^{z} e^{-\frac{x^2}{2}}dx \cdot$$

Вероятность безотказной работы:

$$R(t)=1-DM(t;\mu,\nu)=\Phi\left(\frac{\mu-t}{\nu\sqrt{\mu t}}\right) \tag{15}$$

Плотность распределения остаточной наработки в случае ***DM*** *-распределения*:

$$f(t|\tau)=\frac{t+\mu}{2\nu t\sqrt{2\pi\mu t}\,\Phi\left(\frac{\mu-\tau}{\nu\sqrt{\mu e}}\right)}\exp\left[-\frac{(t-\mu)^2}{2\nu^2\mu t}\right] \text{ при } t\geq\tau \tag{16}$$

Согласно выражению (12), то есть

$$T_3(\tau)=\frac{1}{R(\tau)}\int_\tau^\infty (t-\tau)f(t)dt,$$

где $R(\tau)=\Phi\left(\frac{\mu-\tau}{\nu\sqrt{\mu\tau}}\right)$ – вероятность безотказной работы на момент $t=\tau$, получаем выражение для среднего остаточного ресурса как соответствующего математического ожидания при известной функции плотности распределения вероятности начальной наработки $f(t)$ в виде

$$T_3(\tau)=\frac{1}{\Phi\left(\frac{\mu-\tau}{\nu\sqrt{\mu\tau}}\right)}\left\{\left[\mu+\left(\frac{1+\nu^2}{2}\right)-\tau\right]\Phi\left(\frac{\mu-\tau}{\nu\sqrt{\mu\tau}}\right)+\right. \tag{17}$$

$$\left.+\frac{\mu\nu^2}{2}e^{\frac{2}{\nu^2}}\Phi\left(-\frac{\mu-\tau}{\nu\sqrt{\mu\tau}}\right)+\frac{\nu\sqrt{\mu\nu}}{\sqrt{2\pi}}\exp\left(-\frac{(\tau-\mu)^2}{2\mu\tau}\right)\right\}.$$

Таким образом, применение в качестве теоретической модели ***DM*** *-распределения* позволяет прогнозировать ожидаемую остаточную наработку (ресурс, срок службы) для любого момента времени как на стадии проектирования, когда используется та же информация, которая и для прогнозирования начальной наработки (ресурса, срока службы), так и на стадии эксплуатации, когда есть возможность уточнения начальных оценок характеристик надежности путем использования дополнительной информации при контроле технического состояния системы системы.

Известно, что ***DM*** *-распределение* используется при исследованиях надежности технических систем, в которых проявляются наиболее весомые отказы электронных компонент, модулей, звеньев систем в сравнении с ***DM*** -*распределением*, где проявляются отказы механических подсистем [15].

Согласно (2) плотность ***DM*** -*распределения* описывается выражением

$$f_H(t) = f_H(t;\mu,\nu) = \frac{\sqrt{\mu}}{\nu t\sqrt{2\pi t}}\exp\left[-\frac{(t-\mu)^2}{2\nu^2\mu t}\right], \tag{18}$$

где μ и ν – параметры ***DN*** – *распределения* соответственно аналогичны параметрам ***DM*** -р*аспределения* (13).

Функции плотности распределения вероятностей остаточного ресурса $f_3(t|\tau)$, который представляет собой условную плотность вероятностей, получают из выражения (18) в виде

$$f_3(t|\tau) = \begin{cases} \dfrac{\dfrac{\mu}{\nu t\sqrt{2\pi t}}\exp\left(-\dfrac{(\tau-\mu)^2}{2\nu^2\mu t}\right)}{\Phi\left(\dfrac{\mu-\tau}{\nu\sqrt{\mu\tau}}\right) - e^{\frac{2}{\nu^2}}\Phi\left(-\dfrac{\mu+\tau}{\nu\sqrt{\mu\tau}}\right)}, & t \ge \tau \cdot \\ 0, \quad t < \tau \end{cases} \tag{19}$$

Определим выражение для математического ожидания остаточного ресурса $T_3(\tau)$ на основе использования формулы (12)

$$T_3(\tau) = \frac{(\mu-\tau)\Phi\left(\dfrac{\mu-\tau}{\nu\sqrt{\mu\tau}}\right) + (\mu+\tau)\exp\left(\dfrac{2}{\nu^2}\right)\Phi\left(-\dfrac{\mu+\tau}{\nu\sqrt{\mu\tau}}\right)}{\Phi\left(\dfrac{\mu-\tau}{\nu\sqrt{\mu\tau}}\right) - \exp\left(\dfrac{2}{\nu^2}\right)\Phi\left(-\dfrac{\mu+\tau}{\nu\sqrt{\mu\tau}}\right)}. \tag{20}$$

Полученные выражения на основе использования ***DN*** -р*аспределения* дают возможность использовать данные измерений характеристик надежности технического состояния исследуемой системы в процессе испытаний и эксплуатации с целью уточнения средних значений продолжительности времени остаточного ресурса при известных расчетных характеристиках надежности, полученных во время проектирования системы.

Совместное использовании ***DM***- і ***DN*** -*распределений* при исследованиях характеристик надежности играет весомую роль при исследованиях информационных систем, в которых используются как механические, так и электронные подсистемы. Актуальность и важность определения остаточного ресурса технических систем в значительной степени обусловлено там фактом, что значительное количество технических систем на сегодня в Украине отработало свой технический ресурс. Это касается энергетических, транспортных, жилищных и других систем, которые выборочно перестают быть трудоспособными.

Литература

1. Афанасьев В.Г., Зеленцов В.А., Миронов А.Н. Методы анализа надежности и критичности отказов сложных систем. М.: Министерство обороны, 1992. - 100 с.
2. Барзилович Е.Ю., Беляев Ю.К., Каштанов В.А. и др. Вопросы математической теории надежности / Под ред. Б.В. Гнеденко. М.: Радио и связь, 1983. - 376 с.
3. Барлоу Р., Прошан Ф. Математическая теория надежности. М.: Сов. радио, 1969. - 488 с.
4. Барлоу Р., Прошан Ф. Статистическая теория надежности и испытания на безотказность. М.: Наука, 1984. - 328 с.
5. Беляев Ю.К. Статистические методы обработки результатов испытаний на надежность. М.: Знание, 1982. - 100 с.
6. Борисов А.Н., Меркурьева А.В., Слядзь Н.Н. и др. Обработка нечеткой информации в системах принятия решений. М.: Радио и связь, 1989.- 304 с.
7. Грабовецкий В.П., Глазунов Л.П., Щербаков О.В. Основы теории надежности автоматических систем управления. Л.: Энергоатомиздат, 1984. - 208 с.
8. Гуров С.В., Уткин Л.В. Надежность систем при неполной информации. СПб.: Любавич, 1999. - 160 с.
9. Дюбуа Д., Прад А. Теория возможностей. Приложения к представлению знаний в информатике. М.: Радио и связь, 1990. - 288 с.
10. Кузнецов В.П. Интервальные статистические модели. М.: Радио и связь, 1991. - 352 с.
11. Майерс Г. Надежность программного обеспечения. М.: Мир, 1980. -360 с.
12. Надежность технических систем: Справочник / Ю.К.Беляев, В.А.Богатырев, В.В.Болотин и др.; Под ред. И.А.Ушакова. М.: Радио и связь, 1985. - 608 с.
13. Николаев Ю.Н. Проектирование защищенных информационных технологий. 4.1. Введение в проблему проектирования распределенных вычислительных систем. СПб, Изд-во СПбГТУ, 1997.- 312 с.
14. Орловский С.А. Проблемы принятия решений при нечеткой исходной информации. М.: Наука, 1981. - 208 с.
15. Павлов И.В. Статистические методы оценки надежности сложных систем по результатам испытаний. М.: Радио и связь, 1982. - 168 с.

Надійшла до редколегії 15.05.2013 р.

Рецензент: д.т.н., проф. Петров А.С.

О.С. Петров, А.В. Мінін, А.О. Петров, Л.Н. Щербак, Александер Марек

ПРОГНОЗУВАННЯ НАДІЙНОСТІ ІНФОРМАЦІЙНИХ СИСТЕМ

У роботі розглянуто методику прогнозування надійності інформаційної системи на основі аналізу динаміки визначаються характеристики. Досліджено прогнозування залишкової ресурсу системи на основі дифузійного монотонного і немонотонного розподілу.

Ключові слова: надійність, інформаційна система, прогнозування, математичне моделювання, дифузійний монотонний і немонотонний розподіл.

Petrov Alexander, A.V. Minin, A.A. Petrov, L.N. Scherbak,
Alexander Marek

PREDICTION RELIABILITY OF INFORMATION SYSTEMS

The methods of prognostication of reliability of the informative system are in-process considered on the basis of analysis of dynamics of qualificatory description. Prognostication is investigational remaining resource of the system on the basis of diffusive monotonous and unmonotonous distribution.

Keywords: reliability, informative system, prognostication, mathematical design, diffusive monotonous and unmonotonous distribution.