

УДК 629.7.017

© Зорин Э.Ф., Рыжов Б.С., Антонов С.Г.
Zorin E., Ryzhov B., Antonov S.**МЕТОДИКА ВЕРОЯТНОСТНОЙ ОЦЕНКИ НАДЁЖНОСТИ
ВОССТАНАВЛИВАЕМЫХ СРЕДСТВ ИНФОРМАТИЗАЦИИ
АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ СИСТЕМ ВОЕННОГО НАЗНАЧЕНИЯ****TECHNIQUE OF A LIKELIHOOD ESTIMATION OF RELIABILITY OF RESTORED
MEANS OF INFORMATION OF THE AUTOMATED MILITARY-ORIENTED SYSTEMS**

Аннотация. В статье представлена методика вероятностной оценки надёжности восстанавливаемых средств информатизации АС ВН. Рассмотрена номенклатура показателей надёжности восстанавливаемых средств информатизации АС ВН и приведены математические соотношения для расчёта их основных характеристик методом математического моделирования и экспериментальной оценки.

Annotation. Annotation. In article the technique of a likelihood estimation of reliability of restored means of information of the automated military-oriented systems is presented. Reliability indicators of restored means of information of the automated military-oriented systems are considered and mathematical parities for calculation of their basic characteristics by a method of mathematical modelling and an experimental estimation are resulted.

Ключевые слова. Надёжность, интенсивность потока требований, критерий надёжности, показатель надёжности.

Key words. Reliability, flow rate requirements, reliability test, the reliability index.

Актуальность решаемой задачи

Проблема обеспечения надёжности средств информатизации АС ВН в настоящее время приобретает особую актуальность. Во многом это обусловлено, во-первых, вынужденной необходимостью внедрения в средства информатизации АС ВН новых информационных технологий и программно-аппаратных средств иностранного производства с потенциально недеklarированными возможностями. Во-вторых, постоянно увеличивающимся календарным сроком службы существующих средств информатизации АС ВН и появлением в их функциональной структуре различного рода неисправностей и отказов.

Под надёжностью средств информатизации АС ВН понимается их способность длительное время сохранять свои свойства, определяющие их пригодность к использованию по целевому назначению в заданных условиях.

Эта способность может проявляться как безотказность, ремонтпригодность, восстанавливаемость и долговечность.

В этой связи оценка надёжности средств информатизации АС ВН представляется актуальной задачей в решении комплексной научно-технической проблемы обеспечения требуемого качества функционирования АС ВН.

**Показатели надёжности средств
информатизации АС ВН**

Для оценки надёжности средств информатизации АС ВН пользуются различными количественными характеристиками, имеющими, главным образом, вероятностный смысл. К ним, в частности, относятся:

- вероятность безотказной работы средств информатизации в течение заданного времени – $P(t)$;
- интенсивность отказов средств информатизации

Зорин Эдуард Фёдорович – кандидат технических наук, старший научный сотрудник, ведущий научный сотрудник, ФБУ «4 ЦНИИ Минобороны России», тел. (495) 515-64-28;

Рыжов Борис Сергеевич – кандидат технических наук, доцент, начальник отдела, ФБУ «4 ЦНИИ Минобороны России»;

Антонов Сергей Григорьевич – начальник отдела, ФБУ «4 ЦНИИ Минобороны России».

Zorin Eduard – Cnd.Sci.Tech., lecturer, the senior scientific employee, FBU «4 Central scientific research institute Ministry of defence of Russia», tel. (495) 515-64-28;

Ryzhov Boris – Cnd.Sci.Tech., the chief of department, FBU «4 Central scientific research institute Ministry of defence of Russia»;

Antonov Sergey – the chief of department, FBU «4 Central scientific research institute Ministry of defence of Russia».

ции – $\lambda(t)$;

- среднее время безотказной работы средств информатизации – $T_{\text{ср БР}}$;
- среднее время восстановления средств информатизации – $T_{\text{ср вст}}$;
- коэффициент готовности средств информатизации – K_{Γ} .

Восстанавливаемые средства информатизации АС ВН характеризуются тем, что диаграмма их функционирования включает как интервалы безотказной работы, так и интервалы восстановления их работоспособности.

При этом средства информатизации могут быть отремонтированы путём замены отказавших элементов. На отыскание и устранение отказов этих средств затрачивается определённое время, называемое временем восстановления работоспособности. Обычно время восстановления носит случайный характер в силу того, что на устранение даже типовых неисправностей затрачивается в разных случаях различное время. В этой связи для описания вида распределения времени восстановления средств может быть принят показательный закон.

В процессе эксплуатации средства информатизации АС ВН могут находиться в одном из двух состояний: в исправном или неисправном (находятся в ремонте). В этом случае основной характеристикой оценки их надёжности служит вероятность того, что в произвольный момент времени они будут находиться в исправном состоянии.

Основные допущения методики

Основными допущениями методики определения вероятности нахождения средств информатизации АС ВН в исправном состоянии являются:

- отсутствие резервирования средств информатизации;
- время безотказной работы и время восстановления средств имеют показательные распределения с интенсивностями, равными λ и μ соответственно.

Основные расчётные соотношения показателей надёжности

Пусть вероятность того, что средства информатизации АС ВН исправны, равна – $P(t)$, а вероятность того, что они находятся в ремонте – $q(t)$.

По определению $P(t) + q(t) = 1$. В начальный момент $P(0) = 1$ и $q(0) = 0$.

Рассмотрим элементарный промежуток времени Δt , начинающийся в момент окончания времени t .

Исправное состояние средств информатизации

АС ВН в момент времени $t + \Delta t$ является суммой двух событий:

- средства были исправны за время t и за время Δt не отказали;
- средства были во время t неисправны, но за время Δt их работоспособность была восстановлена.

Вероятность первого события будет равна $P(t) \cdot (1 - \lambda \cdot \Delta t)$, а вероятность второго события равна $q(t) \cdot \mu \cdot \Delta t$. В силу несовместимости указанных событий имеем:

$$P(t + \Delta t) = P(t)(1 - \lambda \cdot \Delta t) + q(t) \cdot \mu \cdot \Delta t. \quad (1)$$

Проведя некоторые математические преобразования и переходя к пределу, получим следующее дифференциальное уравнение:

$$\frac{dP(t)}{dt} = -\lambda \cdot P(t) + \mu \cdot q(t). \quad (2)$$

С учётом зависимости $P(t) + q(t) = 1$ уравнение (2) может быть представлено в виде

$$\frac{dP(t)}{dt} = \mu - (\lambda + \mu) \cdot P(t). \quad (3)$$

Решение этого дифференциального уравнения имеет вид

$$P(t) = e^{-(\lambda + \mu)t} \left(\frac{\mu}{\lambda + \mu} e^{(\lambda + \mu)t} + c \right). \quad (4)$$

Преобразуя выражение (4), получаем

$$P(t) = \frac{\mu}{\lambda + \mu} + c \cdot e^{-(\lambda + \mu)t}. \quad (5)$$

Полагая $P(0) = 1$, получаем соотношение $1 = \frac{\mu}{\lambda + \mu} + c$, из которого определяется значение произвольной постоянной $c = 1 - \frac{\mu}{\lambda + \mu}$.

С учётом полученного значения произвольной постоянной окончательное выражение для вероятности безотказной работы средства информатизации $P(t)$ будет иметь вид

$$P(t) = \frac{\mu}{\lambda + \mu} + \left(1 - \frac{\mu}{\lambda + \mu} \right) \cdot e^{-(\lambda + \mu)t}. \quad (6)$$

Учитывая, что $\frac{\mu}{\lambda + \mu} = K_{\Gamma}$, выражение (6) может быть представлено в виде

$$P(t) = K_{\Gamma} + (1 - K_{\Gamma}) \cdot e^{-(\lambda + \mu)t}. \quad (7)$$

При достаточно больших значениях времени контроля исправности состояния средств информатизации $t \gg \Delta t$ соотношение (7) приводится к виду

$$P(t) = K_{\Gamma}. \quad (8)$$

Величина K_{Γ} является коэффициентом готовности средств информатизации АС ВН. Обычно его выражают через среднее время безотказной работы средств информатизации – $T_{\text{ср}}$ и время восстановления их работоспособности – $T_{\text{вст}}$

$$K_{\Gamma} = \frac{T_{\text{ср}}}{T_{\text{ср}} + T_{\text{вст}}} \quad (9)$$

Соотношение для определения коэффициента готовности K_{Γ} можно получить и экспериментальным способом с использованием методов статистических испытаний, не накладывающим ограничения на виды распределения времени безотказной работы средств информатизации, и времени восстановления их работоспособности.

Экспериментальный способ предполагает наблюдение за процессом функционирования изделия достаточно длительное время, в течение которого может наступать n отказов и соответствующее число восстановлений средств информатизации. Тогда вероятность нахождения средств информатизации в произвольный момент времени в исправном состоянии может быть определена из соотношения

$$P(t_k) = \frac{\sum_{k=1}^n T_k}{\sum_{k=1}^n T_k + \sum_{k=1}^n T_{\text{вст } k}} \quad (10)$$

Проведя некоторые математические преобразования соотношения (10), получим

$$P(t_k) = \frac{\frac{1}{n} \sum_{k=1}^n T_k}{\frac{1}{n} \sum_{k=1}^n T_k + \frac{1}{n} \sum_{k=1}^n T_{\text{вст } k}} \quad (11)$$

В соответствии с работой [2] средние значения времени безотказной работы и восстановления в соотношении сходятся к своим математическим ожиданиям. На основании этого имеем:

$$P(t_k) = K_{\Gamma} = \frac{T_{\text{ср}}}{T_{\text{ср}} + T_{\text{вст}}} \quad (12)$$

В процессе эксплуатации средства информатизации АС ВН могут некоторое время находиться в нерабо-

чем состоянии, в процессе которого выполняются профилактические работы. В этом случае в качестве характеристики надёжности используется среднее время профилактики $T_{\text{пф}}$. При этом коэффициент готовности средств

информатизации АС ВН с учётом профилактики определяется как

$$K_{\Gamma\text{пф}} = \frac{T_{\text{ср}}}{T_{\text{ср}} + T_{\text{вст}} + T_{\text{пф}}} \quad (13)$$

Выводы

Из изложенного следует:

1. Оценка надёжности восстанавливаемых средств информатизации АС ВН представляет собой достаточно сложную научно-практическую задачу, решение которой представляется обоснованным осуществлять с использованием методов математического моделирования и экспериментальной оценки.

2. Для получения количественных характеристик оценки надёжности восстанавливаемых средств информатизации АС ВН определён перечень показателей их надёжности, имеющих вероятностный смысл. К ним относятся: вероятность безотказной работы, среднее время восстановления и коэффициент их готовности.

3. Представленные математические соотношения обеспечивают возможность получения адекватных вероятностных оценок безотказности функционирования средств информатизации АС ВН и количественных характеристик коэффициента их готовности.

4. Полученные оценки могут быть использованы для разработки адекватных рекомендаций по повышению надёжности восстанавливаемых средств информатизации АС ВН и проведению профилактических мероприятий.

Литература

1. Черкесов Г.Н. *Надёжность аппаратно-программных комплексов*. – СПб.: Питер, 2005.
2. Шор Я.Б. *Статистические методы анализа и контроля качества и надёжности*. – М.: Советское радио, 1962.
3. Сандлер Дж. *Техника надёжности систем*. – М.: Изд-во «Наука», 1966.

Материал поступил в редакцию 19. 03. 2014 г.