УДК 389: 621.317.004(06)

С.С. Войтенко

Харьковский университет Воздушных Сил им. И. Кожедуба, Харьков

МОДЕЛЬ РАСЧЕТА ЖИВУЧЕСТИ СИСТЕМЫ МЕТРОЛОГИЧЕСКОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ СРЕДСТВ ИЗМЕРИТЕЛЬНОЙ ТЕХНИКИ

В статье предложена полумарковская модель для расчета живучести системы метрологического обслуживания средств измерительной техники при управляющем воздействии.

Ключевые слова: *система метрологического обслуживания, средства измерительной техники, управляющее воздействие.*

Введение

Постановка проблемы. В настоящее время продолжаются попытки создать малочисленные и в тоже время боеспособные Вооруженные Силы Украины. Это ставит ряд научных задач, одной из которых является создание мобильной и живучей системы метрологического обслуживания (СМОб) средств измерительной техники (СИТ), что, в свою очередь, требует организации управления в данной системе, которое должно отвечать требованиям к перспективным системам вооружения и военной техники (ВВТ) и быть адаптивным к возникающей обстановке.

Анализ литературы. Вопросам управления СМОб СИТ посвящены работы [1 – 5]. Так, управление поверочной деятельностью территориального органа Госстандарта освещено в работе [1]. О необходимости совершенствования методов управления СМОб СИТ рассматривался вопрос в [2], где также указываются пути их совершенствования. Модели подсистемы управления в структуре СМОб СИТ предлагаются в [3,4]. Частично о показателях эффективности СМОб СИТ, как подсистемы системы метрологического обеспечения Вооруженных Сил Украины говорится в [5]. Однако в этих и других работах нет предложений по расчету живучести СМОб СИТ при управляющем воздействии.

Цель статьи заключается в разработке модели позволяющей определить живучесть СМОб СИТ при управляющем воздействии.

Основной материал

Под живучестью СМОб СИТ будем понимать способность системы выполнять свои функции при воздействии внешних факторов.

СМОб СИТ представим как развитие ее состояний на интервале [0,T], где T – время выполнения задания по метрологическому обслуживанию СИТ группировки войск. Управление в каждый момент времени $t \in [0,T]$ характеризуется парком СИТ $N^{O}(t)$, прошедших метрологическое обслуживание. Принятие решения о методе управления основывается на данных о парке СИТ $N^{îá}(t)$, требующих метрологического обслуживания на момент времени t.

Среди СИТ разных типов $\left\{N_1^{O}(t),\ldots,N_m^{O}(t)\right\}$ имеется $l<m$ типов СИТ, отсутствие которых на образцах ВВТ строго ограничено из-за влияния на их готовность к применению.

Недостаточное количество обслуженных СИТ i-го типа $N_i^{îá}(t)$, $i=\overline{1,m}$ в момент времени t из комплекта ВВТ может быть, согласно [6], отождествлен с критической ситуацией.

Достижение парка необслуженных СИТ i-го типа максимально допустимого количества либо отсутствие СИТ *l*-го типа в комплекте ВВТ определяют моменты времени, когда перераспределение сил и средств СМОб становится необходимым. Если такой ситуации не возникает, то процесс управления представляет собой монотонную функцию, т.е. корректирующие (управляющие) воздействия необходимы для сохранения устойчивости работы СМОб СИТ.

Необходимость в перераспределении потоков СИТ возникает в связи с изменениями как внешних (увеличение потоков СИТ, требующих метрологического обслуживания, в результате воздействия противника либо природных катаклизмов), так и внутренних факторов (изменение производственных возможностей метрологических лабораторий (МЛ) по тем же причинам). Поэтому управление в СМОб СИТ необходимо для компенсации влияющих факторов как внешних, так и внутренних.

Примем допущение о неоднородном по времени пуассоновском потоке компенсируемых отказов в метрологическом обслуживании (МОб) СИТ.

Пусть в СМОб СИТ имеются следующие потоки случайных событий:

– неоднородный по времени пуассоновский поток отказов в МОб СИТ с мгновенной интенсивностью $\nu(e)$;

– однородный пуассоновский поток внезапных отказов в МОб СИТ с интенсивностью η;

© С.С. Войтенко

– однородный пуассоновский поток внезапных отказов в управляющем звене (нет возможности определить вариант компенсации утраченных производственных возможностей МЛ за счет перераспределения сил и средств) с интенсивностью μ.

Случайность воздействия влияющих факторов на СМОб, а также на ее функциональную готовность перед началом боевой операции порождает случайность управления в СМОб СИТ.

Предположим также, что:

– время управления – непрерывная случайная величина с произвольным законом распределения

$$F(\tau) = P\left\{t_{\text{óï ð}} < \tau\right\},$$

где τ – планируемое время проведения МОб СИТ группировки войск, участвующей в боевой операции;

– управление, связанное с перераспределением сил и средств СМОб, начинается в момент времени, при котором количество необслуженных СИТ i -го типа достигает максимально допустимого значения или СИТ *l*-го типа на образцах ВВТ по какой-либо причине вышли из строя;

– процесс управления квазистационарный, т.е. решение о перераспределении сил и средств СМОб принимается по оперативной обстановке.

Случайный процесс развития состояний изучается с помощью фазового пространства, состоящего из множества изолированных точек и полупрямой ($0 \le \tau < \infty$). При сделанных допущениях эволюция состояний СМОб СИТ при управляющем воздействии образует полумарковский случайный процесс.

Для снижения размерности задачи рассмотрим следующие обобщенные состояния:

$S_1(t)$ – СМОб СИТ выполняет свои функции в полном объеме, все МЛ работают на полную мощность;

$S_2(t, \tau)$ – внезапных отказов в МОб СИТ нет, управляющие звенья системы заняты поиском способов компенсации возможных отказов в течение времени τ;

$S_3(t)$ – в момент времени t возник внезапный отказ в управляющем звене (потеряна связь с МЛ), отказов в МОб СИТ нет;

$S_4(t)$ – отказ в МОб потоку СИТ, обслуживаемых в МЛ, и внезапный отказ в управляющем звене;

$S_5(t)$ – попадание СМОб СИТ в момент времени t в поглощающий экран (т.е. у СМОб СИТ нет возможностей выполнить метрологические работы).

Состояниям $S_i(t)$, $i=\overline{1,5}$, в фазовом пространстве соответствуют изолированные точки, состоянию $S_2(t, \tau)$ – полупрямая. Граф переходов для управления СМОб СИТ приведен на рис. 1.

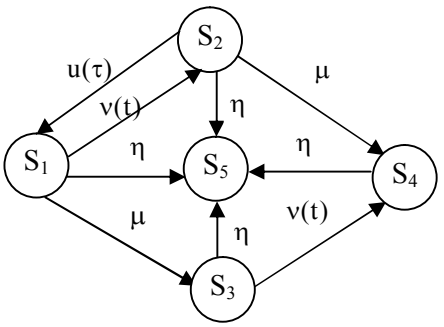

Рис. 1. Граф переходов управления СМОб СИТ

Развитие состояний СМОб СИТ представим следующей системой интегро-дифференциальных уравнений с переменным параметром $\nu(t)$ [7]:

$$\left.\begin{aligned}
&\dot{P}_1(t) = -(\nu(t) + \lambda + \eta)P_1(t) + \int_0^t P_2(t,\tau)u(\tau)d\tau;\\
&\frac{\partial p_2(t,\tau)}{\partial t} + \frac{\partial p_2(t,\tau)}{\partial \tau} = -(u(\tau) + \mu + \eta)p_2(t,\tau);\\
&\dot{P}_3(t) = \mu P_1(t) - (\nu(t) + \eta)P_3(t);\\
&\dot{P}_4(t) = \mu\int_0^t p_2(t,\tau)d\tau + \nu(t)P_3(t) - \eta P_4(t);\\
&\dot{P}_5(t) = \eta(1 - P_5(t)),
\end{aligned}\right\}, \quad (1)$$

здесь приняты следующие условия:

– на начало боевой операции считаем, что СМОб СИТ выполняет свои функции в полном объеме, т.е.

$$P_1(0) = 1,$$
$$P_2(0) = P_3(0) = P_4(0) = P_5(0) = 0;$$

условие нормировки:

$$\int_0^t P_2(t,\tau)d\tau + \sum_{i=1, i\neq 2}^{5} P_i(t) = 1.$$

Проделав математические преобразования, основанные на операционном исчислении [8], для решения системы (1) в изображениях при $\nu(t) = \text{const}$ получим:

$$\left.\begin{aligned}
&\bar{P}_1(\alpha) = \left\{\alpha + \mu + \eta + \nu\left[1 - \bar{g}(\alpha + \mu + \eta)\right]\right\}^{-1};\\
&\bar{P}_2(\alpha) = \bar{P}_1(\alpha)\nu\left[1 - \bar{g}(\alpha + \mu + \eta)\right](\alpha + \nu + \eta)^{-1};\\
&\bar{P}_3(\alpha) = \bar{P}_1(\alpha)\mu(\alpha + \nu + \eta)^{-1};\\
&\bar{P}_4(\alpha) = \bar{P}_1\nu\mu(\alpha + \eta)^{-1}\left\{\left[1 - \bar{g}(\alpha + \mu + \eta)\right](\alpha + \mu + \eta)^{-1} +\right.\\
&\left.+(\alpha + \nu + \eta)^{-1}\right\};\\
&\bar{P}_5(\alpha) = \eta\left[\alpha(\alpha + \eta)\right]^{-1},
\end{aligned}\right\},$$

где $\bar{g}(\bullet)$ – преобразование Лапласа дифференциального закона распределения времени адаптации СМОб при управляющем воздействии.

Для СМОб СИТ, способной функционировать в определенные моменты времени без адаптации к

возникающим изменениям обстановки, т.е. без обратной связи, при множестве благоприятных состояний $\{S_i\}$, $i=\overline{1,4}$, вероятность безотказной работы системы в изображениях примет вид

$$\overline{P}_{\tilde{N}\grave{I}\ \hat{I}\ \acute{a}}(\alpha)=\sum_{i=1}^{4}\overline{P}_i(\alpha).$$

Математическое ожидание времени до первого внезапного отказа системы в обслуживании потока СИТ определяется выражением:

$$T_0=\overline{P}_{\tilde{N}\grave{I}\ \hat{I}\ \acute{a}}(\alpha)\big|_{\alpha=0}=\left\{\mu+\eta+\nu(1-\overline{g}(\mu+\eta))\right\}^{-1}\times$$
$$\times\left\{1+\nu[1-\overline{g}(\mu+\eta)]\times(\mu+\eta)^{-1}+\mu(\nu+\eta)^{-1}+\right.$$
$$\left.+\nu\mu\eta^{-1}\times\left[(1-\overline{g}(\mu+\eta))(\mu+\eta)^{-1}+(\nu+\eta)^{-1}\right]\right\}.$$

Если необходимо, чтобы управление СМОб СИТ осуществлялось в течение всего времени проведения боевой операции, то

$$\overline{P}_{\tilde{N}\grave{I}\ \hat{I}\ \acute{a}}(\alpha)=\sum_{i=1}^{3}\overline{P}_i(\alpha).$$

Математическое ожидание времени до первого нескомпенсированного отказа в МОб СИТ:

$$T_{OT}=\sum_{i=1}^{3}\overline{P}_i(\alpha)\big|_{\alpha=0}=\left\{\mu+\eta+\nu[1-\overline{g}(\mu+\eta)]\right\}^{-1}\times$$
$$\times\left\{1+\nu[1-\overline{g}(\mu+\eta)]\times(\mu+\eta)^{-1}+\mu(\nu+\eta)^{-1}\right\}.$$

При известном законе распределения случайного времени адаптации управления получаются показатели живучести СМОб СИТ в оригиналах.

Вывод

В статье предложен вариант расчета живучести СМОб СИТ при управляющем воздействии, исходя из оперативной обстановки, а это дает возможность формировать систему для выполнения своих функций в полном объеме. Соответственно ВВТ будет максимально укомплектовано метрологически исправными СИТ, что должно способствовать выполнению задач, возложенных на группировку войск, участвующей в боевой операции.

Перспективы дальнейших исследований

Возникает необходимость расчета живучести существующей СМОб СИТ, для определения направлений совершенствования как данной подсистемы системы метрологического обеспечения Вооруженных Сил Украины в целом, так и её управлением.

Список литературы

1. Джанелидзе М.В. Функциональная структура системы управления поверочной деятельностью территориального органа Госстандарта СССР / М.В. Джанелидзе, Ю.С. Наткович // Измерительная техника. – 1987. – Вып.5. – С. 59 – 61.

2. Кибанов А.Я. Некоторые вопросы совершенствования метрологической службы / А.Я. Бабанов // Измерительная техника. – 1983. – Вып. 8. – С. 13-14.

3. Чинков В.Н. Модель системы метрологического обслуживания средств измерительной техники / В.Н. Чинков, С.С Войтенко // Системи обробки інформації. – Х.: ХВУ, 2002. – Вип. 3(19). – С. 58-62.

4. Войтенко С.С Модель иерархической адаптивной обеспечивающей подсистемы метрологического обслуживания средств измерительной техники / С.С. Войтенко // Системи обробки інформації. – Х.: ХВУ, 2002. – Вип. 5 (21). – С. 65-67.

5. Кононов В.Б. Шляхи удосконалення системи метрологічного забезпечення Збройних Сил України / В.Б. Кононов // Збірник наукових праць ХУПС. – Х.: ХУПС, 2011. – Вип. 2 (28). – С .157-159.

6. Керівництво з експлуатації вимірювальної техніки. Ч.1. – К.: Варта, 2001. – 104 с.

7. Надежность и эффективность в технике. Справочник Т. 5. / Под ред.. В.И. Патрушева. – М.: Машиностроение, 1988. – 320 с.

8. Корн Г.А. Справочник по математике / Г.А. Корн, Т.М. Корн. – М.: Наука, 1977. – 832 с.

Поступила в редколлегию 20.10.2011

Рецензент: д-р техн. наук, проф. В.Б. Кононов, Харьковский университет Воздушных Сил им. И. Кожедуба, Харьков.

МОДЕЛЬ РАЗРАХУНКУ ЖИВУЧОСТІ СИСТЕМИ МЕТРОЛОГІЧНОГО ОБСЛУГОВУВАННЯ ЗАСОБІВ ВИМІРЮВАЛЬНОЇ ТЕХНІКИ

С.С. Войтенко

В статті запропонована полумарківська модель для розрахунку живучості системи метрологічного обслуговування засобів вимірювальної техніки при управляючому впливі.

Ключові слова: *система метрологічного обслуговування, засоби вимірювальної техніки, вплив, що управляється.*

MODEL OF SURVIVANCE CALCULATION OF METROLOGY SYSTEM MAINTENANCES OF MEASURING TECHNIQUE FACILITIES

S.S. Voytenko

In the article a semi-Markovian model is offered for the calculation of vitality of the system of metrology maintenance of facilities of measuring technique at controls influence.

Keywords: *system of metrology service, facilities of measuring technique, managing influence.*