

УДК 389:621.317.004(06)

С.С. Войтенко

Харьковский университет Воздушных Сил имени Ивана Кожедуба, Харьков

МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ФУНКЦИОНАЛЬНОЙ ГОТОВНОСТИ СИСТЕМЫ МЕТРОЛОГИЧЕСКОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ СРЕДСТВ ИЗМЕРИТЕЛЬНОЙ ТЕХНИКИ

В статье предложена марковская модель для расчета функциональной готовности системы метрологического обслуживания средств измерительной техники.

Ключевые слова: система метрологического обслуживания, средства измерительной техники, функциональная готовность.

Введение

Постановка проблемы. Создание малочисленных и в тоже время боеспособных Вооруженных Сил ставит ряд научных задач, одной из которых является формирование системы метрологического обслуживания (СМОб) средств измерительной техники (СИТ), функционально готовой до выполнения своих функций в различных условиях оперативной обстановки. Для этого возникает необходимость расчета этих значений, чтобы оперативно принимать необходимые меры по восстановлению функциональной готовности системы путем организации адаптивного управления.

Анализ литературы. Вопросам функционирования СМОб СИТ посвящены работы [1 – 3]. Так, функционирование системы регламентируется в [1]. Модели подсистемы управления в структуре СМОб СИТ предлагаются в [2, 3]. Вариант расчета живучести СМОб СИТ при управляющем воздействии предложен в [4]. Однако в этих и других работах нет предложений по расчету функциональной готовности СМОб СИТ, что не дает возможность оценить необходимость внесения структурных изменений в зависимости от оперативной обстановки.

Цель статьи заключается в разработке модели позволяющей определить функциональную готовность СМОб СИТ.

Основная часть

При изменении оперативной обстановки изменяется и состояние СМОб СИТ, характеризуемое функциональной готовностью выполнения операций МОб, представляемое вектором [2] $S(t) = \langle S_{i_1 i_2}(t) \rangle$, где $i_1 = \overline{1, n_1}$, n_1 – количество региональных баз измерительной техники (РБИТ) (в Вооруженных Силах Украины по состоянию на конец 2011 года, $n_1 = 4$); $i_2 = \overline{1, n_2}$, n_2 – количество баз метрологического обеспечения (БМО) (в Вооруженных Силах Украины по состоянию на конец 2011 года, $n_2 = 2$).

Лаборатории измерительной техники (ЛИТ) ремзаводов не рассматриваются, предполагается, что они будут загружены обслуживанием СИТ, входящих в состав ВВТ, которое не подлежит восстановлению в полевых условиях. Также не рассматриваются ЛИТ видового подчинения, так как основное направление их деятельности – обслуживание специальных СИТ.

Для определения СИТ, обслуженных в ходе проведения военной операции, необходимо разработать математическую модель СМОб СИТ для определения функциональной готовности при различных предполагаемых воздействиях противника.

Предсказать детерминировано порядок наступления и продолжительность изменений обстановки, даже просто предусмотреть все возможные состояния СМОб СИТ и развитие событий в ходе проведения военной операции, невозможно. Поэтому для определения функциональной готовности СМОб СИТ определим состояния, в которых её обслуживающая подсистема может оказаться с наибольшей вероятностью, и составим математическую модель для определения её функциональной готовности.

При рассмотрении обслуживающей подсистемы СМОб СИТ необходимо учитывать следующие исходные данные:

- парк СИТ, требующих МОб, изменяется в зависимости от условий оперативной обстановки и в ходе проведения МОб СИТ;
- рабочие эталоны (РЭ) РБИТ и БМО выходят из строя как из-за технических неисправностей, так и из-за воздействия противника;
- РЭ, которые выходят из строя по техническим причинам, подлежат восстановлению или замене;

– принимаем, что РЭ, вышедшие из строя под воздействием противника, числятся как безвозвратные потери (их восстановление занимает большой промежуток времени) и подлежат замене.

Для этих исходных данных запишем возможные состояния обслуживающей подсистемы СМОб СИТ:

$S_{00}(t)$ – все РБИТ и БМО могут выполнить МОБ СИТВН, поступающих на обслуживание (далее по тексту – МОБ СИТВН в полном объеме);

$S_{10}(t)$ – одна РБИТ не может выполнить МОБ всех поступающих СИТВН в указанные сроки (далее по тексту – РБИТ выведена из строя), все БМО проводят МОБ в полном объеме;

$S_{20}(t)$ – две РБИТ выведены из строя, все БМО проводят МОБ в полном объеме;

$S_{30}(t)$ – три РБИТ выведены из строя, все БМО проводят МОБ в полном объеме;

$S_{40}(t)$ – четыре РБИТ выведены из строя, все БМО проводят МОБ в полном объеме;

$S_{11}(t)$ – одна РБИТ и одна БМО выведены из строя;

$S_{12}(t)$ – одна РБИТ и две БМО выведены из строя;

$S_{21}(t)$ – две РБИТ и одна БМО выведены из строя;

$S_{22}(t)$ – две РБИТ и две БМО выведены из строя;

$S_{31}(t)$ – три РБИТ и одна БМО выведены из строя;

$S_{32}(t)$ – три РБИТ и две БМО выведены из строя;

$S_{41}(t)$ – четыре РБИТ и одна БМО выведены из строя;

$S_{42}(t)$ – четыре РБИТ и две БМО выведены из строя;

$S_{01}(t)$ – все РБИТ проводят МОБ СИТ в полном объеме, а одна БМО выведена из строя;

$S_{02}(t)$ – все РБИТ проводят МОБ СИТ в полном объеме, а две БМО выведены из строя.

По указанному множеству состояний обслуживающей подсистемы СМОБ СИТ строим граф (рис. 1), где $\lambda_{i_1 i_2 i_1 + i_2}$ – интенсивность перехода обслуживающей подсистемы СМОБ СИТ из состояния $S_{i_1 i_2}$ в состояние $S_{i_1 + i_2}$.

Для дальнейшего упрощения считаем, что РБИТ и БМО выполняют одинаковые функции по МОБ подразделений участвующих в военной операции, поэтому исходя из [1] будем использовать термин – военные метрологические лаборатории (ВМЛ).

Интенсивности задаются высшими штабами по статистическим или модельным данным. В зависимости от направления и средств нанесения ударов противником они различны и определяются на основании разведанных, т.е. для разных стратегий нанесения ударов значения интенсивностей переходов СМОБ СИТ из состояния в состояние различны. Для расчета интенсивностей переходов СМОБ СИТ из состояния в состояние учитывается не только направление ударов противника, но и расположение ВМЛ в стратегически важных районах страны, так

как нанесение воздушных ударов по этим районам наиболее вероятно, а это исключает ВМЛ из обслуживающей подсистемы СМОБ СИТ и может привести к невозможности обслуживания СИТ целого региона на неопределенное время. Это приведет к снижению готовности ВВТ воинских частей, дислоцированных на территории этого региона, из-за использования для настройки и контроля параметров ВВТ СИТ с необнаруженными, в том числе метрологическими, отказами или отсутствия исправных СИТ.

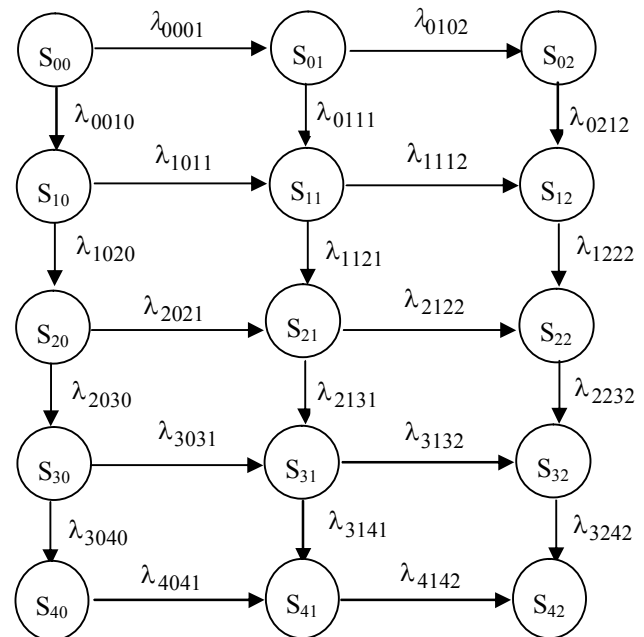


Рис. 1. Граф возможных состояний обслуживающей подсистемы СМОБ СИТ Вооруженных Сил Украины

С использованием предложенного обобщенного графа возможных состояний обслуживающей подсистемы СМОБ СИТ получим марковскую модель её функциональной готовности. Для её определения воспользуемся следующими общепринятыми допущениями:

- возможные переходы модели обслуживающей подсистемы СМОБ СИТ из одного состояния в другое подчинены экспоненциальному закону распределения [4];

- вероятность $P_{i_1 i_2}(t)$, пребывания системы в каждом из состояний попарно несовместимы и составляют полную группу событий [5];

- все потоки событий, переводящие процесс из одного состояния в другое, ординарные и без последовательности, т.е. потоки являются пуассоновскими, а случайный процесс, протекающий в системе, можно считать марковским с дискретными состояниями и непрерывным временем [6].

Для того чтобы определить вероятности нахождения обслуживающей подсистемы СМОБ СИТ в каждом состоянии, после начала военной операции

противником и веления их в течение определенного времени, составим дифференциальные уравнения Колмогорова [6]:

$$\begin{aligned} S_{00} &: \frac{dP_{00}(t)}{dt} = -P_{00}(t)(\lambda_{0010} + \lambda_{0001}); \\ S_{10} &: \frac{dP_{10}(t)}{dt} = P_{00}(t)\lambda_{0010} - P_{10}(t)(\lambda_{1020} + \lambda_{1011}); \\ S_{20} &: \frac{dP_{20}(t)}{dt} = P_{10}(t)\lambda_{1020} - P_{20}(t)(\lambda_{2021} + \lambda_{2030}); \\ S_{30} &: \frac{dP_{30}(t)}{dt} = P_{20}(t)\lambda_{2030} - P_{30}(t)(\lambda_{3031} + \lambda_{3040}); \\ S_{40} &: \frac{dP_{40}(t)}{dt} = P_{30}(t)\lambda_{3040} - P_{40}(t)\lambda_{4041}; \\ S_{01} &: \frac{dP_{01}(t)}{dt} = P_{00}(t)\lambda_{0001} - P_{01}(t)(\lambda_{0111} + \lambda_{0102}); \\ S_{11} &: \frac{dP_{11}(t)}{dt} = P_{10}(t)\lambda_{1011} + P_{01}(t)\lambda_{0111} - \\ & - P_{11}(t)(\lambda_{1121} + \lambda_{1112}); \\ S_{21} &: \frac{dP_{21}(t)}{dt} = P_{20}(t)\lambda_{2021} + P_{11}(t)\lambda_{1121} - \\ & - P_{21}(t)(\lambda_{2131} + \lambda_{2122}); \\ S_{31} &: \frac{dP_{31}(t)}{dt} = P_{30}(t)\lambda_{3031} + P_{21}(t)\lambda_{2131} - \\ & - P_{31}(t)(\lambda_{3141} + \lambda_{3132}); \\ S_{41} &: \frac{dP_{41}(t)}{dt} = P_{40}(t)\lambda_{4041} + P_{31}(t)\lambda_{3141} - P_{41}(t)\lambda_{4142}; \\ S_{02} &: \frac{dP_{02}(t)}{dt} = P_{01}(t)\lambda_{0102} - P_{02}(t)\lambda_{0221}; \\ S_{12} &: \frac{dP_{12}(t)}{dt} = P_{11}(t)\lambda_{1112} + P_{02}(t)\lambda_{0212} - P_{12}(t)\lambda_{1222}; \\ S_{22} &: \frac{dP_{22}(t)}{dt} = P_{21}(t)\lambda_{2122} + P_{12}(t)\lambda_{1222} - P_{22}(t)\lambda_{2232}; \\ S_{32} &: \frac{dP_{32}(t)}{dt} = P_{31}(t)\lambda_{3132} + P_{22}(t)\lambda_{2232} - P_{32}(t)\lambda_{3242}; \\ S_{42} &: \frac{dP_{42}(t)}{dt} = P_{41}(t)\lambda_{4142} + P_{32}(t)\lambda_{3242}. \end{aligned}$$

$$\text{Условие нормировки } \sum_{i_1=0}^4 \sum_{i_2=0}^2 P_{i_1 i_2}(t) = 1.$$

В начальный момент времени, т.е. на начало военной операции естественно принять $P_{00}(0) = 1$.

Вывод

В статье предложен вариант расчета функциональной готовности СМОБ СИТ, что даст возможность оценить функциональную готовность существующей системы исходя из оперативной обстановки.

Перспективы дальнейших исследований. Необходимо произвести определение функциональной готовности СМОБ СИТ на различных этапах проведения военной операции.

Список литературы

1. Керівництво з організації та порядку експлуатації вимірювальної техніки у Збройних Силах України / Міністерство оборони України. – Офіц. вид. – К.: Варта, 2001. – 104 с.
2. Чинков В.Н. Модель системы метрологического обслуживания средств измерительной техники / В.Н. Чинков, С.С. Войтенко // Системы обработки информации: сб. науч. пр. – Х.: НАНУ, ПАНМ, ХВУ, 2002. – Вып. 3 (19). – С. 58-62.
3. Войтенко С.С. Модель иерархической адаптивной обеспечивающей подсистемы метрологического обслуживания средств измерительной техники / С.С. Войтенко // Системы обработки информации: сб. науч. пр. – Х.: НАНУ, ПАНМ, ХВУ, 2002. – Вып. 5 (21). – С. 65-67.
4. Рейх Н.Н. Метрологическое обеспечение производства / Н.Н. Рейх, А.А. Тупиченков, В.Г. Цейтлин. – М.: Изд-во стандартов, 1987. – 248 с.
5. Каминский В.Ю. Статистическое моделирование деятельности поверочных лабораторий / В.Ю. Каминский // Измерительная техника. – 1984. – № 8 – С. 17-18.
6. Хемди А. Таха. Введение в исследование операций: пер. с англ. / Хемди А. Таха. – 6-е изд. – М.: Вильямс, 2001. – 912 с.

Поступила в редколлегию 3.11.2011

Рецензент: д-р техн. наук, доцент В.Б. Кононов, Харківський університет Повітряних Сил імені Івана Кожедуба, Харків.

МАТЕМАТИЧНА МОДЕЛЬ ФУНКЦІОНАЛЬНОЇ ГОТОВНОСТІ СИСТЕМИ МЕТРОЛОГІЧНОГО ОБСЛУГОВУВАННЯ ЗАСОБІВ ВИМІРЮВАЛЬНОЇ ТЕХНІКИ

С.С. Войтенко

В статті запропонована марківська модель для розрахунку функціональної готовності системи метрологічного обслуговування засобів вимірювальної техніки.

Ключові слова: система метрологічного обслуговування, засоби вимірювальної техніки, функціональна готовність

MATHEMATICAL MODEL OF FUNCTIONAL READINESS OF SYSTEM OF METROLOGY MAINTENANCE OF FACILITIES OF MEASURING TECHNIQUE

S.S. Voytenko

In the article a markov model is offered for the calculation of functional readiness of the system of metrology maintenance of facilities of measuring technique.

Keywords: system of metrology service, facilities of measuring technique, functional readiness.