УДК 621.391.96

МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ДЛИТЕЛЬНОСТИ ЖИЗНИ ВООРУЖЕНИЯ И ВОЕННОЙ СПЕЦИАЛЬНОЙ ТЕХНИКИ.

Д.М.Мицкевич, Р.В. Калякин, А.В. Мазго, В.И. Кардаков

Рассмотрена математическая модель длительности жизни вооружения и военной специальной техники.

На современном этапе строительства и развития Вооруженных Сил Республики Беларусь, создание современной боеспособной армии, поддержание ее в высокой степени боевой готовности невозможно без учета экономических возможностей государства. Известно, что ведение войн, боевых действий связано с постоянным ростом объема расходуемых ресурсов. Это свидетельствует о том, что задачи обеспечения по всем его видам постоянно усложняются. Достижение высокой эффективности обеспечения войск становится невозможным без принятия и реализации комплекса специальных организационно-технических мероприятий [1].

Парк средств вооружения в радиотехнических войсках представляет конечное количество образцов, каждый из которых может принадлежать в любой момент времени одной из подсистем. Моменты перехода образцов вооружения из одной подсистемы в другую случайны и обусловлены сложившейся системой эксплуатации и боевого применения. В каждой подсистеме имеет место иерархия состояний. Так, в подсистеме технического обслуживания иерархия состояний определяется в зависимости от времени, требуемого для проведения ТО, типа вооружения, условий его эксплуатации, принятой системы технического обслуживания.

В подсистеме планового ремонта иерархия образуется в зависимости от видов требуемого ремонта, типа вооружения, дислокации.

Таким образом, попадая в определенную подсистему, образец, вооружения РТВ с некоторой вероятностью может попасть на любой из ее уровней. При этом для каждого уровня подсистем характерны вероятностные закономерности, которым подчиняется состояние вооружения. Большое количество элементов и их состояний в системе затрудняет использование теории непрерывных марковских процессов.

Каждый элемент этой системы может принадлежать одной из подсистем. Число элементов, принадлежащих в момент t i-й подсистеме, называется численностью i-го состояния, тогда сумма численностей всех состояний будет равна общей численности элементов [2].

Обозначим $X_i(t)$ число элементов, принадлежащих в момент t i-ой подсистеме.

Тогда

$$\sum_{i=1}^{n} X_i(t) = N, \tag{1}$$

где N — общая численность элементов в системе;

$i = 1, 2, \ldots, n$ — количество подсистем.

Потоки событий, переводящих элементы системы из одной подсистемы в другую, могут быть пуассоновскими и в общем случае не простейшими, а с интенсивностями, произвольным образом зависящими от времени.

Значение $X_i(t)$ в формуле (1) для любого t представляет собой случайную функцию времени. Определив для любого t основные характеристики случайной величины $X_i(t)$— математическое ожидание $m_i(t)$ и дисперсию $Д_i(t)$, можно установить среднюю численность каждого состояния, а также разброс фактической численности около средней.

Для определения указанных характеристик нужно знать интенсивности потоков всех событий, переводящих элемент из одной подсистемы в другую. При известных интенсивностях потоков, учитывая, что математическое ожидание численности i-го состояния

$$m_i(t) = NP_i(t), \tag{2}$$

где $P_i(t)$ – вероятность i-го состояния элемента (вероятность того, что в момент t элемент принадлежит i-ой подсистеме), дисперсия численности i-го состояния

$$Д_i(t) = NP_i(t)[1 - P_i(t)]. \tag{3}$$

Зная $m_i(t)$ и $Д_i(t)$, можно составить уравнение для средних численностей состояний и исследовать функционирование систем технического обеспечения в различные моменты времени t.

Для этого рассмотрим граф состояний каждого из элементов системы, изображенной на рисунке 1, где различным состояниям соответствуют следующие цифры:

1 — работает, исправен;
2 — выключен, находится в ожидании включения;
3 — неисправен, на текущем ремонте;
4 — свернут, снят с боевого дежурства;
5 — неисправен, в среднем ремонте;
6 — неисправен, в капитальном ремонте;
7 — неисправен, списывается;
8 — разворачивается, вводится в строй;
9 — находится на ТО-1;
10 — находится на ТО-2;
11 — находится на сезонном обслуживании;
12 — простаивает в ожидании ЗИП.

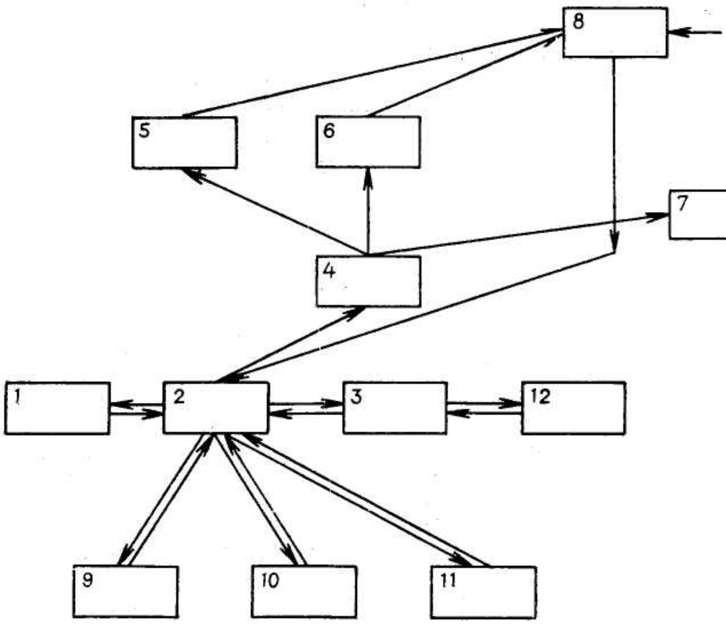

Рис. 1. Граф состояний элементов системы технического обеспечения

Дифференциальные уравнения состояний будут иметь вид [2]:

$$
\left.
\begin{aligned}
&\frac{dm_1}{dt} = \lambda_{2,1} m_2 - \lambda_{1,2} m_1; \\
&\frac{dm_2}{dt} = \lambda_{1,2} m_1 - \lambda_{2,1} m_2 - \lambda_{2,4} m_2 - \lambda_{2,3} m_2 + \\
&\qquad + \lambda_{3,2} m_3 - \lambda_{2,11} m_2 + \lambda_{11,2} m_{11} - \lambda_{2,10} m_2 + \lambda_{10,2} m_{10} + \\
&\qquad + \lambda_{9,2} m_9 - \lambda_{2,9} m_2 + \lambda_{8,2} m_8; \\
&\frac{dm_3}{dt} = \lambda_{2,3} m_2 - \lambda_{3,2} m_3 - \lambda_{12,3} m_{12} - \lambda_{3,12} m_3; \\
&\frac{dm_4}{dt} = \lambda_{2,4} m_2 - \lambda_{4,5} m_4 - \lambda_{4,6} m_4 - \lambda_{4,7} m_4; \\
&\frac{dm_5}{dt} = \lambda_{4,5} m_4 - \lambda_{5,8} m_5; \\
&\frac{dm_6}{dt} = \lambda_{4,6} m_4 - \lambda_{6,8} m_6; \\
&\frac{dm_7}{dt} = \lambda_{4,7} m_4; \\
&\frac{dm_8}{dt} = \lambda_{6,8} m_6 + \lambda_{5,8} m_5 - \lambda_{8,2} m_8 + \lambda_{0,8} m_0; \\
&\frac{dm_9}{dt} = \lambda_{2,9} m_2 - \lambda_{9,2} m_9;
\end{aligned}
\right\} \quad (4)
$$

$$\frac{dm_{10}}{dt} = \lambda_{10,2} m_2 - \lambda_{10,2} m_{10};$$
$$\frac{dm_{11}}{dt} = \lambda_{2,11} m_2 - \lambda_{11,2} m_{11};$$
$$\frac{dm_{12}}{dt} = \lambda_{12,3} m_{12} - \lambda_{3,12} m_3.$$

В приведенных уравнениях неизвестными являются интенсивности λ потоков событий, переводящих элементы системы в различные состояния, и средние численности состояний.

Все процессы в системе протекают в календарном времени, которое будет обозначаться как *t, T*. В то же время отдельные процессы рассматриваются относительно рабочего времени. Для обозначения рабочего времени будем использовать букву τ.

Перевод из одной системы отсчета времени в другую будем производить с помощью интенсивности расхода ресурса v ($0 < v < 1$); час календарный — астрономический час.

Все множество состояний элементов системы, будем делить на два блока: по величине математического ожидания, времени пребывания: блок 1 объединяет процессы с относительно кратковременными состояниями элементов системы; блок 2 — с относительно долговременными состояниями.

Время пребывания элементов системы в подсистемах планового ремонта, развертывания и ввода в строй на порядок и более превышает математические ожидания продолжительности пребывания на техническом обслуживании, текущем ремонте или боевом применении вооружения и военной техники [3].

Учитывая это обстоятельство, в ходе дальнейшего моделирования будем рассматривать и учитывать численности состояний поблочно. Связь между блоками 1 и 2 обеспечивается с помощью потока изъятия элементов из боевой подсистемы и потока ввода в подсистему.

Таким образом, математическая модель длительности жизни вооружения и военной специальной техники, обосновывается закономерностью функционирования ВВСТ на современном этапе; исходя из анализа закономерностей функционирования исследуется система материально-технического обеспечения эксплуатации РЭТ РТВ.

Список литературы

1. Техническое обеспечение войск по опыту войн, боевых действий и математическое моделирование некоторых его процессов./ Н.И. Лисейчиков – Учеб. пособие. Минск 2000 – 75 с.

2. Эксплуатация и ремонт ВВТ РТВ ПВО на этапе перевооружения./ Олейников Л. Ф. – Учеб. пособие. Москва 1973 – 161 с.

3. Техническое обеспечение боевых действий радиотехнических войск противовоздушной обороны страны./Береговой М.Т. – Учеб. пособие. Москва 1973 – 116 с.