

МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ЭКСПЛУАТАЦИИ ВОЙСКОВОЙ ИЗМЕРИТЕЛЬНОЙ ТЕХНИКИ С УЧЕТОМ ПРИМЕНЕНИЯ ОБМЕННОГО ФОНДА

д.т.н., проф. В.Н.Чинков, А.П. Флорин

В статье рассматривается математическая модель эксплуатации войсковой измерительной техники (ВИТ) с учетом применения обменного фонда ВИТ при различных стратегиях его использования.

В процессе эксплуатации ВИТ возможны ситуации, когда ограничения, налагаемые на время метрологического обслуживания, не позволят провести его в полном объеме. В таких случаях для обеспечения готовности ВВТ, создается обменный фонд (ОФ) ВИТ из числа поверенных и готовых к применению средств ВИТ, которые используются для замены подлежащей обслуживанию либо отказавшей ВИТ. Отличительной особенностью предлагаемой модели, по сравнению с известными моделями эксплуатации средств ВИТ [1], является учет использования ОФ ВИТ. Для построения математической модели, в самом общем случае, необходимо учитывать все возможные состояния на протяжении жизненного цикла средств ВИТ во время эксплуатации.

Средство ВИТ в течение жизненного цикла может находиться в одном из следующих состояний: S_1 - применение работоспособного средства ВИТ по назначению; S_2 - применение средства ВИТ со скрытым отказом; S_3 - поверка работоспособного средства ВИТ; S_4 - поверка средства ВИТ со скрытым отказом; S_5 - самоповерка работоспособного средства ВИТ; S_6 - самоповерка средства ВИТ со скрытым отказом; S_7 - восстановление работоспособного средства ВИТ; S_8 - восстановление неработоспособного средства ВИТ; S_9 - замена средства ВИТ на средство ВИТ ОФ.

В общем случае, конкретное средство ВИТ выполняет измерения и контроль параметров агрегатов и систем ВВТ. Это основной режим работы любого средства ВИТ. При этом, средство ВИТ может находиться в одном из двух состояний - работоспособном S_1 и неработоспособном со скрытым (параметрическим или метрологическим) отказом S_2 , интенсивность перехода в которое равна λ_{ck} (рис. 1).

Находясь в этих состояниях, средство ВИТ может внезапно явно отказать и с интенсивностью $\lambda_{я}$ перейти в состояние восстановления неисправного средства ВИТ S_8 . Из работоспособного состояния S_1 средство ВИТ может с периодичностью $1/T_{мпи}$ переходить в состояние проверки работоспособного средства ВИТ - S_3 и с периодичностью $1/T_{сп}$ - в состояние самоповерки S_5 ($T_{мпи}$ - межповерочный интервал, $T_{сп}$ - период самоповерки). Аналогичные переходы и с той же периодичностью средство ВИТ может совершать из состояния эксплуатации со скрытым отказом S_2 в состояния S_4 и S_6 соответственно.

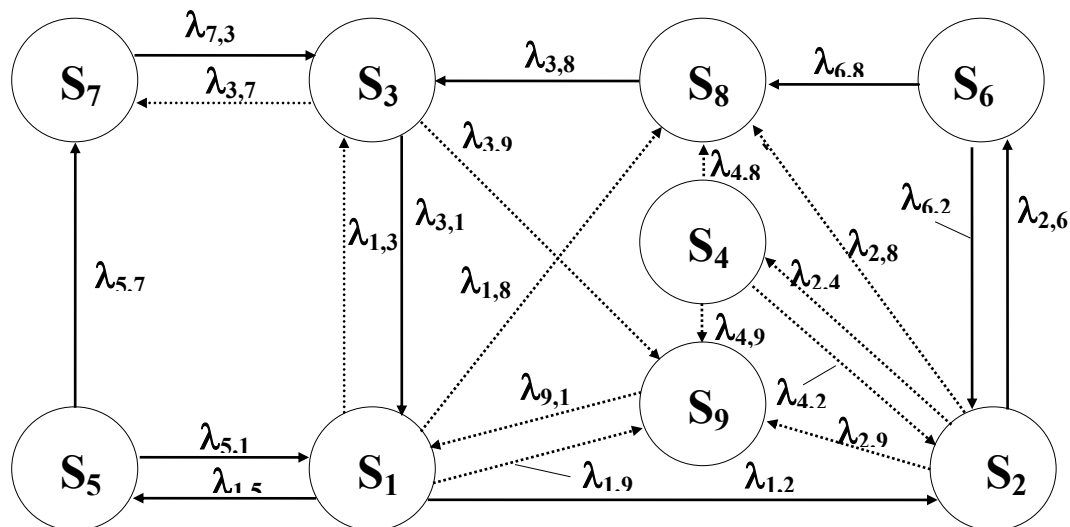


Рис. 1. Размеченный граф переходов эксплуатируемого средства войсковой измерительной техники

Поверка и самоповерка неизбежно сопровождаются ошибками I - го (с условными вероятностями $\alpha_{п}$ - для поверки и $\alpha_{сп}$ - для самоповерки) и II - го (с условными вероятностями $\beta_{п}$ - для поверки и $\beta_{сп}$ - для самоповерки) рода.

Продолжительность поверки, самоповерки, восстановления и замены составляет $\tau_{п}$, $\tau_{сп}$ и $\tau_{в}$, $\tau_{з}$ соответственно.

После восстановления ВИТ подвергается обязательной поверке, т.е. переходит с интенсивностью $1/\tau_{в}$ в состояние S_3 .

Из - за ошибок поверки, находясь в состоянии проверки работоспособного S_3 , средство ВИТ может признаваться годным и с вероятностью $1 - \alpha_{п}$ переходить в состояние S_1 , либо ошибочно признаваться негодным и с вероятностью $\alpha_{п}$ переходить в состояние ложного восстановления S_7 , а нахо-

дьясь в состоянии поверки средство ВИТ со скрытым отказом S_4 может признаваться негодным и с вероятностью $1 - \beta_{\text{п}}$ переходить в состояние восстановления неисправного S_8 , либо признаваться годным, хотя в действительности средство ВИТ не будет работоспособным, и переходить с вероятностью $\beta_{\text{п}}$ в состояние скрытого отказа S_2 . Аналогичные переходы средство ВИТ осуществляет из состояния самоповерки неработоспособного средства ВИТ S_6 в состояние S_8 с вероятностью обнаружения отказа при самоповерке $P_{\text{сп}}$ и в состояние S_2 с вероятностью $1 - P_{\text{сп}}$.

При самоповерке работоспособного средства ВИТ оно может признаться годным и с вероятностью $1 - \alpha_{\text{сп}}$ перейти в состояние S_1 , а также ошибочно признаваться негодным и с вероятностью $\alpha_{\text{сп}}$ перейти в состояние ложного восстановления S_7 .

Из состояния ложного восстановления средство ВИТ переходит в состояние S_3 с интенсивностью $\lambda_{\text{аэ}}$.

При эксплуатации ВИТ может создаваться либо не создаваться ОФ средств ВИТ. В случае использования ОФ в модель эксплуатации средств ВИТ вводится дополнительное состояние S_9 .

В зависимости от принятой стратегии применения ОФ модель эксплуатации будет менять свой вид.

Возможны следующие стратегии применения ОФ.

1-я стратегия. Обменный фонд не создается. При этом модель эксплуатации содержит восемь состояний, а соответствующие интенсивности переходов в состояние S_9 равны нулю.

2-я стратегия. Из состава ОФ заменяется только то средство ВИТ, которое изымается из эксплуатации для проведения периодической поверки. В этом случае вместо перехода из состояний S_1 и S_2 в S_3 и S_4 , соответственно, с той же периодичностью средство ВИТ переходит в состояние замены S_9 , откуда с интенсивностью $1/\tau_3$ переходит в состояние S_1 . Состояние S_8 в этом случае исключается.

3-я стратегия. Производится замена средства ВИТ, отказавшего в процессе применения по назначению. При этом вместо переходов из 1-го и 2-го состояний в S_8 , средство ВИТ переходит с теми же интенсивностями в состояние S_9 , а затем с интенсивностью $1/\tau_3$ - в состояние S_1 . Остальные переходы остаются без изменений.

4-я стратегия. Обменный фонд создается с целью замены забракованного в процессе поверки средства ВИТ. При этом из состояний S_3 и S_4 , в случае забракования, средство ВИТ переходит не в S_7 и S_8 , соответствен-

но, а в состояние S_9 , с такими же интенсивностями, откуда с интенсивностью $1/\tau_3$ переходит в состояние S_1 .

5-я стратегия. Обменный фонд создается для замены средства ВИТ, отказавшего при эксплуатации и подлежащего периодической проверке. В этом случае вместо переходов из S_1 и S_2 в S_8 при возникновении отказа, а также из S_1 и S_2 в S_3 и S_4 при периодической проверке, средство ВИТ переходит в состояние S_9 , а оттуда с интенсивностью $1/\tau_3$ переходит в состояние S_1 .

6-я стратегия. Обменный фонд создается для замены средства ВИТ, отказавшего при эксплуатации и забракованного при проверке. При этом, в случае возникновения отказа, средство ВИТ из состояний S_1 и S_2 переходит в состояние S_9 , а также, при браковании во время проверки, из состояний S_3 и S_4 , переходит в состояние S_9 , после чего с интенсивностью $1/\tau_3$ переходит в S_1 .

Таким образом, в любой фиксированный момент времени средство ВИТ может находиться в одном из 9 состояний ($S_1 - S_9$).

Из одних состояний в другие средство ВИТ может переходить с интенсивностью λ_{ij} перехода из i -го в j -тое состояние ($i = 1, 9, j = 1, 9$), в соответствии с графом, изображенным на рис. 1. Пунктирной линией показаны те переходы, которые могут меняться в зависимости от принятой стратегии применения ОФ.

Для рассмотрения различных стратегий использования ОФ на одной модели введем коэффициенты при интенсивностях переходов из состояния в состояние. При этом $K_{ij} = 1$, если переход из i -го в j -тое состояние существует, и $K_{ij} = 0$, если не существует. Значения коэффициентов в зависимости от стратегии использования ОФ ВИТ представлены в таблице 1.

Вероятности $P_i(t)$, $i = 1, 9$ пребывания средства ВИТ в каждом из этих состояний (попарно несовместных) не зависят от предыстории процесса и образуют полную группу событий.

Так как в данной модели, потоки событий, переводящие модель из состояния в состояние, являются ординарными и потоками без последствия, то эти потоки являются пуассоновскими [1, 2]. При этом допущении рассматриваемый процесс смены состояний можно описать марковским случайным процессом с непрерывным временем. При этом временные параметры модели являются случайными величинами, распределенными по экспоненциальному закону.

Таблица 1.

Коэфф.	Стратегия применения обменного фонда ВИТ					
	1	2	3	4	5	6
$K_{1.3}$	1	0	1	1	0	1
$K_{1.6}$	1	1	0	1	0	0
$K_{2.4}$	1	0	1	1	1	1
$K_{2.8}$	1	1	0	1	0	0
$K_{3.7}$	1	1	1	0	1	0
$K_{3.9}$	0	0	0	1	0	1
$K_{4.2}$	1	0	1	1	0	1
$K_{4.8}$	1	0	1	0	0	0
$K_{9.1}$	0	1	1	1	1	1
$K_{4.9}$	0	0	0	1	0	1
$K_{я}$	0	0	1	0	1	1
$K_{ск}$	0	0	0	0	0	1
$K_{мпи}$	0	1	0	0	1	0

Полученная модель достаточно полно учитывает все возможные состояния ВИТ на протяжении жизненного цикла и позволяет проводить анализ влияния различных показателей на эффективность его метрологического обслуживания.

ЛИТЕРАТУРА

1. Крещук В.В. Метрологическое обеспечение эксплуатации сложных изделий. - М.: Издательство стандартов, 1989. - 200 с.
2. Бильчук В.М., Петров В.А. Прикладная математика. -Х.: ХВВКИУ РВ, 1986. - 336 с.