Список литературы

1. Теоретические основы радиолокации: учебник для вузов / В.Е. Дулевич [и др.]; отв. ред. В.Е. Дулевич. 2-е изд., перераб. и доп. М.: Сов. радио, 1978. 608 с.

2. Финкельштейн, М. И. Основы радиолокации : учебник для вузов. 2-е изд., перераб. и доп. М. : Радио и связь, 1983. 536 с.

3. Радиотехнические системы: учебник для вузов. Ю.М. Казаринов [и др.]; отв. ред. М.И. Финкельштейн. М.: Сов. радио, 1968. 496 с.

4. Mark Richards. Fundamentals of Radar Signal Processing, Mcgraw-Hill, New York, 2005. 825 p.

5. Merrill Skolnik. Radar handbook, Third edition. New York, 2008. 1352 c.

O.Yu. Shevtsov, V.A. Maltcev, R.M. Karabanov, A.S.Martynyuk

SYNTHESIS THE BASIC EQUATION OF RADIOLOCATION

The analytical expressions that simplify solution of some radar applications, and allow the assessment of conditions of the radar in the early stages of design.

Key words: radar, atmospheric loss, noise immunity, the range of the system of symbolic mathematics.

Получено 17.10.12

УДК 623.467

Р.М. Карабанов, канд. техн. наук, проф., (4872) 25-26-06, kbkedr@tula.net (Россия, Тула, ОАО «КБП»),
Д.В. Бастрыкин, (4872) 25-26-06 (Россия, Москва, МО РФ)

ОБОБЩЁННАЯ МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ОЦЕНКИ ВЛИЯНИЯ УСЛОВИЙ ХРАНЕНИЯ НА ИЗМЕНЕНИЕ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ПТУР

Рассмотрена количественная оценка влияния отдельных параметров, характеризующих условия хранения, на работоспособное состояние ПТУР. В качестве меры чувствительности вероятности безотказного хранения к изменениям параметров ПТУР предложено использовать коэффициент влияния. Характеристики условий хранения, полученные при эксплуатации ПТУР, используются в модели оценки в качестве исходных данных.

Ключевые слова: хранение, противотанковая управляемая ракета, математическая модель.

В настоящее время на основе накопленного в войсках опыта сложилась определённая система поддержания запаса противотанковых управляемых ракет (ПТУР) на базах и арсеналах в работоспособном состоянии. Логическая схема этой системы в общих чертах представлена на рис. 1.

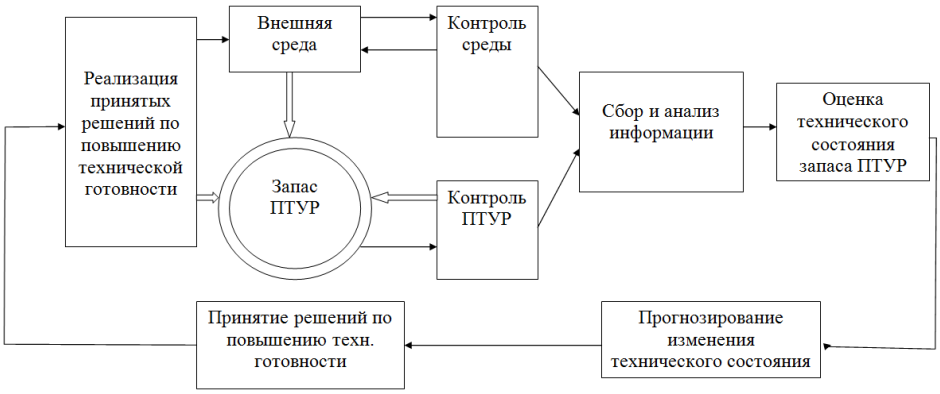


Рис. 1. Логическая схема управления техническим состоянием запаса ПТУР

Процесс хранения при этом изображается в виде замкнутой системы регулирования технического состояния ПТУР. В процессе хранения техническое состояние ПТУР изменяется под воздействием условий хранения [1]. В инженерной практике [2, 3] для оценки влияния различных факторов на функционирование сложных систем используются различные виды моделей: математические, физические, смешанные.

Под математическим моделированием в данном случае понимается разработка математических зависимостей на основе анализа физических процессов, которые устанавливают связь параметров технического состояния с условиями и продолжительностью хранения. Сущность физического моделирования состоит в том, что при оценке используются выборки штатных ПТУР. Физическое моделирование реализуется при ускоренных испытаниях. Смешанное моделирование может использоваться при оценке изменения отдельных параметров ПТУР. При этом часть приборов и узлов представляется в модели в виде натуральных блоков и реальных образцов, а часть - виде математической модели.

При математическом моделировании ПТУР можно представить как сложную систему (рис. 2.) из к элементов, каждый из которых характеризуется параметром Y_i *(i = 1,2,…,к*). На противотанковую ракету при хранении воздействуют различные факторы Z_l*(l=1,2,…d*): условия хранения, производственные погрешности и т. д.

В результате этих воздействий изменяется состояния элементов, а, следственно, и состояние ракеты, которое характеризуется вектором $\overline{H} = \overline{H}(X_1, X_2,...X_j,..., X_m)$, где Xj - контролируемый при регламентных разработках параметр *(j = 1, 2, …, m), m* – общее число контролируемых параметров.

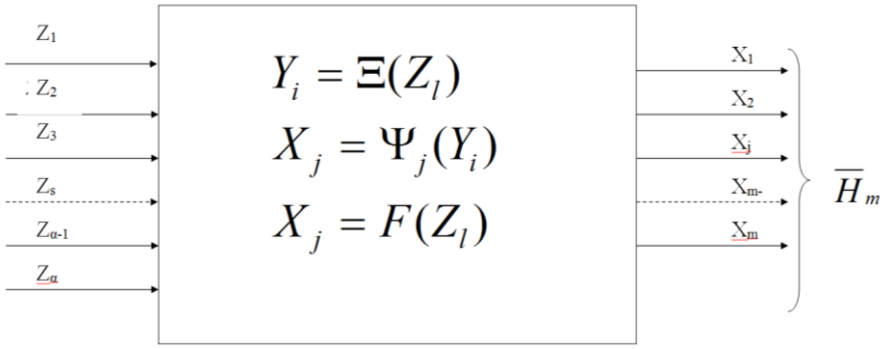


Рис. 2. Схема изменения технического состояния ПТУР

Каждый контролируемый параметр связан с параметрами элементов, которые, в свою очередь, зависят от факторов Z_l. Эту связь можно представить как

$X_j = F_j(Z_l)$,

где F_j – оператор связи.

При оценке работоспособности ПТУР множество её состояний разлагается на два непересекающихся подмножества: работоспособное R и неработоспособное Θ. Работоспособность определяется вероятностью попадания вектора $\overline{H}$ в область R

$$P = B_{lp}(\overline{H} \in R). \qquad (1)$$

Событие $(\overline{H} \in R)$ соответствует условию работоспособности при проведении регламентных работ после хранения в течение времени t1>t и является частным случаем общего условия работоспособности изделия, сформулированного профессором В.Е. Зоткиным [4].

В общем случае все контролируемые параметры (прямые или косвенные) являются непрерывными. Поэтому условие работоспособности (1) можно записать в виде

$$P = \int_{X_{1н}}^{x_{1в}} \int_{X_{2н}}^{X_{2в}} \dots \int_{X_{mн}}^{X_{mв}} f(X_1, X_2, \dots, X_m) dX_1 dX_2 \dots X_m, \qquad (2)$$

где $f(X_1, X_2, \dots, X_m)$ – плотность распределения случайного вектора $\overline{H}$; *Xjн, Xjв* – допустимые (нижнее и верхнее) значение параметра Xj.

Для случаев, когда параметры *Xj* независимы,

$$P = \prod_{j=1}^{m} \int_{X_{jн}}^{X_{jв}} f(X_j) dX_j. \qquad (3)$$

Кроме того, (3) может использоваться при отсутствии резервированных контролируемых параметров, т.е. когда противотанковая ракета бракуется при выходе любого контролируемого параметра за допустимые границы. Таким образом контролируется состояние различных ПТУР.

В работах по надёжности в настоящее время не определены критерии для выбора основных параметров. Поэтому представляет практический интерес количественная оценка влияния отдельных параметров на работоспособность системы и построение на этой основе модели.

Меру чувствительности вероятности безотказного хранения (3) к изменениям параметров Xj будем называть коэффициентом влияния.

Прологарифмируем и продифференцируем (3)

$$\frac{dP}{P} = \frac{dP_1}{P_1} + \frac{dP_2}{P_2} + ... + \frac{dP_m}{P_m}, \qquad (4)$$

где $P_j = \int_{X_{jн}}^{X_{jв}} f_j(X_j)dX_j$.

С другой стороны, по правилам дифференцирования функции многих переменных для (3) имеем

$$dP = \frac{\partial P}{\partial P_1}dP_1 + \frac{\partial P}{\partial P_2}dP_2 + ... + \frac{\partial P}{\partial P_m}dP_m. \qquad (5)$$

Из (4) и (5) следует, что

$$a_j = \frac{\partial P}{\partial P_j} \approx \frac{P}{P_j} \quad . \qquad (6)$$

Коэффициент aj при дифференциале dP_j является аналитическим выражением меры чувствительности. Чем этот коэффициент больше, тем большее влияние на техническое состояние ракеты оказывает параметр X_j и тем более ценную информацию дает измерение этого параметра при регламентных работах. На практике удобно использовать коэффициент *bj,* который определяется как

$$b_j = \frac{1 - P_j}{1 - P}. \qquad (7)$$

Этот коэффициент характеризует долю отказов по параметру *Xj* в общем количестве отказов. Коэффициенты влияния *bj* могут находиться либо аналитическим путём по формулам (6), (7), либо экспериментально.

Проиллюстрируем эту процедуру на следующем примере.

Пусть необходимо выбрать определяющие параметры для системы управления ПТУР, состояние которой при хранении характеризуется контролируемыми параметрами *X1, X2, X3, X4, X5*, при следующих данных P = 0,98; P1 = 0,9888; P2 = 0,9916; P3 = 0,9998; P4 = 0,9999; P5 = 0,99996.

По формуле (7) находим

$$b_1 = \frac{1 - 0{,}9888}{1 - 0{,}9800} = 0{,}56;$$

$$b_2 = \frac{1 - 0{,}9916}{1 - 0{,}9800} = 0{,}42;$$

$$b_3 = \frac{1-0{,}9998}{1-0{,}9800} = 0{,}01;$$

$$b_4 = \frac{1-0{,}9999}{1-0{,}9800} = 0{,}005;$$

$$b_5 = \frac{1-0{,}99996}{1-0{,}9800} = 0{,}002.$$

По значениям коэффициента *bj* для данной противотанковой ракеты в качестве определяющих следует выбрать параметры *X1, X2*, по которым может быть обнаружено 98 % всех отказов.

Коэффициенты влияния *bj* позволяют обосновать подход к построению математической модели оценки технического состояния ПТУР в целом, которая на основании изложенного может быть представлена в виде системы уравнений

$$\overline{H} = \Phi(Z_1,...,Z_d;t); \qquad P = P(\overline{H} \in R). \tag{8}$$

При хранении в качества факторов Z_l используются условия хранения, определяемые температурой и относительной влажностью, а система (8) принимает вид

$$\overline{H} = \Phi(\theta,\varphi,t); \quad P = P(\overline{H} \in R). \tag{9}$$

Эта система описывает процессы, под воздействием которых изменяются параметры. Следовательно, она является математической моделью оценки влияния условий хранения на изменение технического состояния.

Из (9) вытекает то, что для оценки технического состояния противотанковой ракеты в целом необходимо оценить влияние условий и продолжительности хранения на изменение отдельных контролируемых параметров. Характеристики условий хранения, полученные при эксплуатации ПТУР, используются в модели оценки в качестве исходных данных.

Влияние этих характеристик на изменение отдельных параметров можно оценить путём построения соответствующих частных моделей.

Список литературы

1. Бастрыкин Д.В. Аналитическая оценка влияния длительного хранения на возможные отказы узлов и блоков ПТУР // Известия ТАИИ. Тула: ТАИИ, 2011. С.184-186.

2. Блаженов В. В. Эксплуатационные факторы и учет их влияния на боевую готовность. М.: ВА им. П.Великого, 1990. 153 с.

3. Буренок В.М., Толстов Г.С. Мониторинг технического состояния вооружения и военной техники // Военная мысль. 2001. Вып. 6. С. 27-31.

4. Зоткин В.Е. Оценка надежности разрабатываемых конструкций в условиях эксплуатации вооружения Сухопутных войск. М.: Воениздат, 1976. 73 с.

R.M. Karabanov, D.V. Bastrykin

GENERALIZED MATHEMATICAL ESTIMATION MODEL OF STORAGE CONDITIONS AFFECTING ON ANTI-TANK GUIDED MISSILES (ATGMs) TECHNICAL STATE

It considers quantitative estimation of different parameters characterizing storage conditions and affecting of this storage conditions on ATGMs serviceability. It is suggested to use influence coefficient as a measure of probability sensitiveness of failure-free storage and changing of ATGMs parameters during storage period.

The estimation model uses characteristics of ATGMs storage conditions received during missiles' service as initial data.

Key words: storage, anti-tank guided missiles (ATGM), mathematical model.

Получено 17.10.12

УДК 621.452
Ю.П. Веркин, асп., (4872) 46-45-00, y.verkin@mail.ru
(Россия, Тула, ТулГУ)

ОБОСНОВАНИЕ ВЫБОРА ПРОФИЛЯ ТЯГИ

Рассматривается профилирование кривой тяги, обеспечивающее снижение воздействие на носитель продуктов сгорания двигателя на первоначальном участке траектории ракеты.

Ключевые слова: ракетный двигатель на твердом топливе, тяга двигателя, профиль тяги.

При проектировании твердотопливных двигателей для авиационных ракет актуальна задача снижения воздействия продуктов сгорания на авиационный носитель и его конструктивные элементы. Снижение воздействия связано, как правило, с важными для эксплуатации носителя факторами, такими, как:

- газодинамическая устойчивость двигателя носителя при пуске ракет;
- эрозионное и коррозионное воздействие продуктов сгорания двигателя ракеты на планер, двигатель и элементы конструкции носителя (балочные держатели, блоки орудий и т.д.);
- ограничения по условиям стрельбы - диапазон применения по скоростям и высотам носителя;
- задымление и ослепление летчика, затрудняющие вести стрельбу, как в дневное, так и в ночное время суток.