

## МОДЕЛЬ СИСТЕМЫ МЕТРОЛОГИЧЕСКОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ СРЕДСТВ ИЗМЕРИТЕЛЬНОЙ ТЕХНИКИ

д.т.н., проф. В.Н. Чинков, С.С. Войтенко

*Предложена модель системы метрологического обслуживания средств измерительной техники, представленная в теоретико-множественном описании, и сформулирована задача управления системой в условиях изменяющейся обстановки.*

Систему метрологического обслуживания (СМОб) средств измерительной техники (СИТ), используя теоретико-множественное описание [1], представим вектором

$$\mathbf{M}_{\text{СМОб}} = \langle \mathbf{M}, \mathbf{R}, \mathbf{Z}, \mathbf{Y}, \mathbf{F}, \mathbf{\Sigma} \rangle, \quad (1)$$

где  $\mathbf{M}$  – множество элементов СМОб СИТ;  $\mathbf{R}$  – отношение на множестве  $\mathbf{M}$ ;  $\mathbf{Z}$  – факторы, влияющие на СМОб СИТ;  $\mathbf{Y}$  – выходы системы, влияние СМОб СИТ на эффективность применения вооружения и военной техники (ВВТ);  $\mathbf{F}$  – множество функций, реализуемых СМОб СИТ (поверка, калибровка, ремонт, замена безвозвратно потерянных СИТ);  $\mathbf{\Sigma}$  – отношение эмерджентности, определенное на множествах  $\mathbf{M}$  и  $\mathbf{F}$  (ставит в соответствие элементам СМОб СИТ реализуемые ими функции).

Разрабатываемая СМОб СИТ является открытой, динамической, нерегулярной, эргономической системой с переменной структурой, для которой  $\mathbf{R}$  изменяется в зависимости от обстановки. В известных СМОб СИТ не предусмотрено изменение структуры системы в зависимости от изменения обстановки, метрологические части и подразделения (МЧП) различных регионов действуют разрозненно без взаимопомощи. Структура СМОб СИТ определяется множествами  $\mathbf{M}$ ,  $\mathbf{R}$ , а программа функционирования – множествами  $\mathbf{Z}$ ,  $\mathbf{Y}$ ,  $\mathbf{F}$ .

Множество  $\mathbf{M}$  целесообразно представить в виде трех подмножеств  $\mathbf{N}^0$ ,  $\mathbf{M}^1$ ,  $\mathbf{N}^{06}$ , таких, что  $\mathbf{M} = \mathbf{N}^0 \cup \mathbf{M}^1 \cup \mathbf{N}^{06}$ ,  $\mathbf{N}^0 \cap \mathbf{M}^1 \cap \mathbf{N}^{06} = \emptyset$ . При этом элементы подмножества  $\mathbf{N}^0$  соответствуют объему СИТ, поступающих на МОб от воинских частей (в/ч) в МЧП, элементы подмножества  $\mathbf{M}^1$  включают элементы СМОб СИТ (элементы инфраструктуры МОб СИТ – иерархическую систему МЧП и их структуру) и элементы подмножества  $\mathbf{N}^{06}$  описывают объем СИТ, прошедших метрологическое обслуживание.

Отношение  $\mathbf{R} \subset \mathbf{M} \times \mathbf{M}$  характеризует взаимосвязь между элементами СМОб СИТ. При этом под взаимосвязью понимаются точностные, экономические и информационные связи между элементами. Множество факторов  $\mathbf{Z}$ , влияющих на СМОб СИТ, представляет собой изменение оперативной обстановки.

новки, что приводит к изменению потоков СИТ, требующих МОБ, и к соответствующему изменению количества рабочих мест по обслуживанию СИТ. Множество  $Y$  отображает влияние потока обслуженных СИТ на эффективность использования ВВТ. Множество функций  $F$ , выполняемых СМОБ СИТ, представляет собой определенные на множествах  $Z$  и  $Y$  отображения, реализуемые элементами множества  $M$ . Отношение эмерджентности  $\Sigma$  ставит в соответствие элементам СМОБ СИТ реализуемые ими функции, т.е. отражает единство программы функционирования и структуры СМОБ СИТ.

Множества  $Z$  и  $Y$  разделим на подмножества  $Z_1, Z_2$  ( $Z = Z_1 \cup Z_2$ ,  $Z_1 \cap Z_2 = \emptyset$ ) и  $Y_1, Y_2$  ( $Y = Y_1 \cup Y_2$ ,  $Y_1 \cap Y_2 = \emptyset$ ), представляющих собой входы  $Z_1$  в СМОБ СИТ и входы  $Z_2$  в элементы системы, отличные от входов  $Z_1$  в систему, промежуточные выходы  $Y_1$  (выходы элементов) и выходы системы  $Y_2$ . Тогда функции элементов  $M$  СМОБ СИТ могут быть записаны как:

$F_{1i} \subset Z_{1i} \times Y_{1i}$  – функции обслуживания СИТ, поступающих в МЧП для МОБ;

$F_{21i} \subset Z_{2i} \times Y_{1i}$  – функции производительности элементов СМОБ СИТ (производственные возможности МЧП);

$F_{2i} \subset Z_{2i} \times Y_{2i}$  – функции воздействия на боеготовность ВВТ средств измерительной техники, прошедших метрологическое обслуживание, причем  $Y_{1i} \subset \{Z_{2i}\}$ .

Программа функционирования СМОБ СИТ реализуется за счет функционирования ее элементов, выполняющих функции обслуживания. Разделим СМОБ СИТ на три подсистемы:

- обеспечивающую подсистему  $M_{СМОБ}^O$ , элементы которой выполняют функции управления

$$M_{СМОБ}^O = \langle N^O, R_1, Z \cup O, F_1, \Sigma_1 \rangle,$$

где  $O$  – множество указаний, разрабатываемых Военстандартом, с помощью которых осуществляется управление МОБ СИТ;

- обслуживающую подсистему  $M_{СМОБ}^{O6}$ , элементы которой непосредственно реализуют функции МОБ СИТ

$$M_{СМОБ}^{O6} = \langle M^1, R_2, U, O, F_{21}, \Sigma_2 \rangle,$$

где  $U$  – множество информации, поступающей от обеспечивающей подсистемы непосредственно в МЧП о состоянии парка СИТ, обслуживаемых этими МЧП, влияющих факторах и результатах функционирования МЧП. Согласно [2] анализ состояния парка СИТ и результатов функционирования МЧП проводится начальниками служб метрологии и стандартизации различных рангов;

- влияющую подсистему  $M_{СМОБ}^B$ , элементы которой влияют на боего-

товность ВВТ:

$$M_{\text{СМОб}}^B = \langle N^{06}, R_3, V, F_2, \Sigma_3 \rangle,$$

где  $V$  – количество информации, поступающей от начальников служб метрологии и стандартизации в/ч о состоянии парка СИТ и его влиянии на эффективность применения ВВТ.

При изменении оперативной обстановки изменяется и состояние СМОб СИТ, представляемое вектором

$$S(t) = (S_{00}(t), S_{11}(t), \dots, S_{1l}(t), \dots, S_{2l}(t), \dots, S_{jl}(t)),$$

где  $j = 1, \dots, 6$  – количество региональных баз измерительной техники (РБИТ);

$l = 1, \dots, 3$  – количество лабораторий измерительной техники (ЛИТ) корпусного подчинения. ЛИТ ремзаводов не рассматриваются, предполагается, что они будут загружены обслуживанием СИТ, входящих в состав восстанавливаемого ВВТ.

Элементы вектора характеризуют наиболее существенные свойства системы, например отказ в метрологическом обслуживании потокам СИТ в  $j$ -й РБИТ и  $l$ -й ЛИТ. Состояние СМОб СИТ  $S_{12}(t)$  читается так: потокам СИТ отказано в МОб в одной базе и двух лабораториях измерительной техники.

Система МОб СИТ преобразует поток СИТ, требующих обслуживания, в поток обслуженных СИТ в соответствии с некоторым отношением  $r_f$ :

$$N^O r_f N^{06} \Leftrightarrow (N^O, N^{06}) \in R_f;$$

где  $R_f$  – график отношения  $r_f (R_f \subset N^O \times N^{06})$ .

Тогда моделью поведения СМОб СИТ типа «вход-выход» будет тройка

$$M_{\text{СМОб}} = \langle N^O, N^{06}, R_f \rangle. \quad (2)$$

Так как отношение  $r_f$  функционально, то  $N^{06} = F(N^O)$ , то

$$M_{\text{СМОб}} = \langle N^O, N^{06}, F \rangle. \quad (3)$$

При ведении боевых действий отсутствует однозначная зависимость между количеством обслуженных и количеством поступающих на обслуживание СИТ. Можно считать, что указанная неоднозначность возникает из-за того, что в модели (3) не учитывается ряд факторов, например неопределенность и колебания в трудовых ресурсах, ограниченная надежность и несогласованность в использовании метрологического оборудования между МЧП различных регионов, существенно влияющих на объём обслуженных СИТ. Эти факторы могут характеризовать только внутренние свойства системы. Пусть совокупность этих свойств, определенных на момент времени  $t$ , характеризуется вектором состояния  $S_{jl}(t)$ . Параметры состояния определяются количеством СИТ, требующих МОб, и состоянием системы в предыдущий момент времени через отношение:

$$(N^O, S)_{r_1} S \Leftrightarrow ((N^O, S), S) \in R_1, \quad R_1 \subset (N^O \times S) \times S,$$

или через функцию  $S = F(N^O, S)$ , так как отношение  $r_1$  функционально.

Количество обслуженных СИТ определяется бинарным отношением между парой «вход-состояние» и выходом:

$$\left( N^O, S \right) r_2 N^{O6} \Leftrightarrow \left( \left( N^O, S \right), N^{O6} \right) \in R_2, \quad R_2 \subset \left( N^O \times S \right) \times N^{O6},$$

или функцией  $N^{O6} = G(N^O, S)$ , так как отношение  $r_2$  функционально.

Поведение СМОб СИТ опишем отношением

$$M_{\text{СМОб}} = \left\langle N^O, S, N^{O6}, F, G \right\rangle, \quad (4)$$

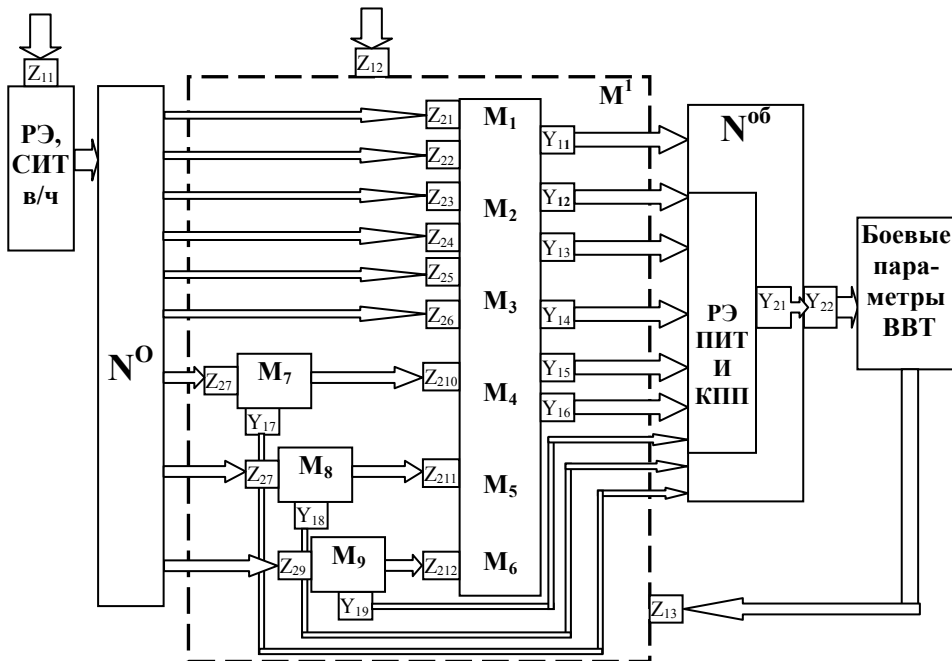
т.е. в виде модели типа «вход-состояние-выход», где  $G$  – функция, определяющая производственные возможности МЧП, в зависимости от состояния СМОб СИТ и количества СИТ, требующих МОб в данный момент времени.

Рассмотрим управление СМОб СИТ в условиях изменяющейся обстановки. Управление СМОб СИТ представляет собой воздействие на систему, которое необходимо и достаточно, чтобы система могла функционировать, сохраняя свои существенные характеристики. Введем в СМОб СИТ обратную связь, через которую замыкается контур управления. В существующей СМОб СИТ обратная связь применяется на этапе планирования. В процессе проведения МОб СИТ, согласно [3], производится отчетность, но на систему воздействие не производится в связи с тем, что действующих методик перераспределения нагрузок МЧП не существует. Это приводит к применению на ВВТ СИТ не прошедших периодической поверки (калибровки) или нештатных СИТ, о чем свидетельствуют отчеты о проведении метрологического надзора в воинских частях.

Динамическую систему метрологического обслуживания СИТ представим в виде (рис. 1). Под воздействием противника или каких-либо природных катаклизмов  $Z_{11}$  на парк РЭ и СИТ, используемых на ВВТ, может потребоваться проведение незапланированного МОб, что приведет к увеличению количества СИТ, требующих МОб  $N^O$ , и, как следствие из этого, будут увеличены потоки СИТ  $Z_{21}, \dots, Z_{212}$ , поступающие в закрепленные лаборатории и базы измерительной техники  $M_1, \dots, M_9$  системы МЧП  $M^1$ . Воздействию противника или различных природных явлений  $Z_{12}$  может подвергаться и система МЧП  $M^1$ , что может привести к уменьшению производственных возможностей отдельных МЧП. Следовательно, происходит нарушение ритмичности обслуживания и уменьшение потоков метрологически обслуженных РЭ и СИТ  $Y_{11}, \dots, Y_{19}$ . В свою очередь, уменьшение парка обслуженных РЭ пунктов измерительной техники (ПИТ) и контрольно-поверочных пунктов (КПП) также приводит к уменьшению потока  $Y_{21}$ , метрологически обслуженных СИТ. Все это приводит к снижению боевой готовности ВВТ из-за несвоевременного поступления СИТ с обслуживания.

Для увеличения потока  $Y_{22}$  метрологически обслуженных СИТ в динамической системе, представленной на рис. 1, используется информация не только о объеме СИТ  $N^O$ , требующих обслуживания, но и информация об объеме обслуженных СИТ  $N^{O6}$  и их воздействия на боевую готовность ВВТ на определенном этапе проведения операции  $Z_{13}$ . Это дает возможность гиб-

ко реагировать на изменение оперативной обстановки в ходе проведения МОБ СИТ и перераспределять потоки СИТ  $Z_{21}, \dots, Z_{212}$  между МЧП. Естественно предположить, что управление СМОБ СИТ в особый период, с ис-



пользованием обратной связи, будет эффективнее, чем управление, которое

Рис. 1. Динамическая система метрологического обслуживания СИТ воинских частей с обратной связью

предусмотрено в настоящее время [2], как для мирного, так и для особого периода. Преимущество его заключается в том, что оно является адаптивным к изменяющейся обстановке.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Демидов Б.А. Методы военно-научных исследований. – Х.: ВИРТА, 1987. – 673 с.
2. Про затвердження нормативних документів з метрології та метрологічної діяльності у Збройних Силах України. Наказ МОУ № 265. – К.: 1999. – 38 с.
3. Керівництво з організації та порядку експлуатації виміральної техніки в Збройних Силах України. – К.: Варта, 2001. – 104 с.

Поступила 5.04.2002

**ЧИНКОВ Виктор Николаевич**, Заслуженный деятель науки и техники Украины, Заслуженный изобретатель Украины, доктор техн. наук, профессор, профессор ХВУ. В 1962 году окончил ХПИ. Области научных интересов – метрология, цифровая измерительная техника.

**ВОЙТЕНКО Сергей Станиславович**, адъюнкт ХВУ. В 1999 году окончил ХВУ. Область

*научных интересов – метрологическое обеспечение вооружения и военной техники.*