

УДК 389:681.2-501.72.004.15

В.Н. ЧИНКОВ¹, В.С. СПРЕННЕ²

¹*Харьковский университет Воздушных Сил, Украина*

²*Войсковая часть А0785, Украина*

СИСТЕМА ПОКАЗАТЕЛЕЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ПОДВИЖНЫХ ЛАБОРАТОРИЙ ИЗМЕРИТЕЛЬНОЙ ТЕХНИКИ

Предложена система показателей эффективности применения подвижных лабораторий измерительной техники для метрологического обслуживания парка войсковой измерительной техники. Она позволяет известными методами математического моделирования реализовать оценивание эффективности применения подвижных лабораторий измерительной техники.

система, показатель, эффективность, оценка, подвижная лаборатория измерительной техники, парк, войсковое средство измерительной техники

Введение

Постановка проблемы. Эффективность метрологического обслуживания (МлОб) войсковой измерительной техники (ВИТ) существенно влияет как на готовность к применению авиационной техники и наземного оборудования в целом, так и на достоверность и своевременность измерения их параметров в частности.

Повышение эффективности МлОб невозможно без его анализа по определенным показателям. Именно получение количественных оценок или хотя бы оценочных суждений об эффективности МлОб является основой совершенствования (оптимального синтеза) технических средств метрологического обслуживания ВИТ – подвижных лабораторий измерительной техники (ПЛИТ). В качестве меры эффективности используют различные частные и комплексные показатели эффективности (ПЭ). Учет при обосновании ПЭ всех наиболее важных свойств функционирования ПЛИТ – гарантия повышения достоверности оценки их эффективности.

Эффективность МлОб парка ВИТ с помощью ПЛИТ в условиях оптимальных стратегий МлОб соответствует потенциальной эффективности приме-

нения ПЛИТ. Поэтому в дальнейшем под эффективностью применения ПЛИТ понимается потенциальная эффективность.

Анализ публикаций. В работах [1, 2] подробно описаны требования, предъявляемые к ПЭ технических средств МлОб, однако на практике все эти требования часто не выполняются [3], так как не используется системный подход к исследованию эффективности МлОб ВИТ. В частности, «механическое» использование ПЭ системы метрологического обеспечения [3, 4] для описания ПЛИТ дает очень грубые результаты оценки эффективности из-за того, что не учитываются специфические особенности ПЛИТ и не полно отражаются их свойства. Попытки описать целевой эффект функционирования сложных технических систем, для которых не формализованы их эмергентные свойства, показателями типа «производительность, продуктивность» приводят к нарушению вышеупомянутых требований к ПЭ и дают оценки, не имеющие физического смысла (например, ПЛИТ поверяет до 10 войсковых средств измерительной техники (ВСИТ) в час). Данная оценка не дает информации ни о номенклатуре обслуживаемых ПЛИТ ВСИТ, ни о количестве ВСИТ

каждого типа поверяемых ПЛИТ за час. Она не характеризует и качество МлОб ВСИТ.

Отсутствие в настоящее время обобщенного показателя эффективности применения ПЛИТ (существует лишь концептуальный подход [5]) выдвигает необходимость разработки системы ПЭ, так как ПЛИТ – это сложная техническая система, для которой на различных уровнях ее исследования наиболее важными являются разные группы свойств.

Цель статьи. Разработка системы показателей применения ПЛИТ для метрологического обслуживания парка ВИТ группировки войск.

Основная часть

Применение ПЛИТ для МлОб парка ВИТ является сложным процессом, характеризующимся множеством свойств ПЛИТ (обслуживающей системы) и парка ВИТ (объекта МлОб), а также стратегиями МлОб.

При разработке ПЭ используется метод декомпозиции и структурирования общей задачи оценки эффективности на частные задачи, то есть можно говорить о разработке системы показателей эффективности.

Предлагается три уровня декомпозиции общей задачи на три задачи оценки эффективности применения ПЛИТ для МлОб парка ВИТ группировки войск (региона), парка ВИТ войсковой части (ВЧ) и типа ВСИТ.

На 1-м уровне декомпозиции в качестве объекта МлОб рассматривается парк ВИТ региона, как совокупность парков ВИТ территориально-разнесенных ВЧ. ПЛИТ рассматривается как система, состоящая из четырех подсистем: транспортной, метрологического обслуживания, подготовки к работе, личного состава. Стратегией МлОб является оптимальный маршрут объезда ВЧ [6, 7].

На 2-м уровне декомпозиции в качестве объекта МлОб рассматривается парк ВИТ ВЧ как совокупность ВСИТ, характеризующая номенклатурой типов

и количеством ВСИТ. ПЛИТ рассматривается как многоканальная система, где каналы – это рабочие места ПЛИТ. Стратегией МлОб является оптимальный график поступления ВСИТ на обслуживание [6].

Для 3-го уровня объектом МлОб является тип ВСИТ, а обслуживающая система – это рабочие эталоны и вспомогательное оборудование, используемые для МлОб этого типа ВСИТ. Стратегией МлОб является способ эксплуатации ВСИТ, исключающий влияние сроков приезда ПЛИТ в ВЧ для обслуживания типа ВСИТ, т.е. влияние явных отказов ВСИТ на их готовность к применению по назначению [8].

Для структурирования обобщенного ПЭ на частные по уровням декомпозиции задачи и частных ПЭ на единичные ПЭ проведен анализ соответствия свойств ПЛИТ и парка ВИТ уровням декомпозиции задачи и составляющим эффективности – результативности, оперативности и экономичности МлОб. Результатом анализа стала таблица соответствия (табл. 1).

Таблица 1
Соответствие свойств ПЛИТ и парка ВИТ
уровням декомпозиции задачи
и составляющим эффективности

Уровни декомпозиции задачи	Свойства исследуемых объектов		
	Парк ВИТ	ПЛИТ	
УРОВЕНЬ 1	Готовность парков ВИТ воинских частей к применению по назначению – процент обслуженных воинских частей	Суммарная длительность работы подсистем ПЛИТ: метрологического обслуживания; транспортной; подготовки к работе; личного состава	Стоимость суммарных затрат подсистем ПЛИТ: метрологического обслуживания; транспортной; подготовки к работе; личного состава
УРОВЕНЬ 2	Готовность парка ВИТ воинской части к применению по назначению – процент обслуженных типов ВСИТ	Длительности свертывания и развертывания ПЛИТ; длительности функционирования рабочих мест ПЛИТ	Стоимость суммарных затрат на: свертывание и развертывание ПЛИТ; функционирование рабочих мест ПЛИТ
УРОВЕНЬ 3	Готовность типа ВСИТ к применению по назначению в результате его метрологического обслуживания	Длительность метрологического обслуживания типа ВСИТ	Стоимость затрат на метрологическое обслуживание типа ВСИТ
	Результативность	Оперативность	Экономичность
	Составляющие эффективности		

Применение ПЛИТ для МлОб – это процесс, имеющий стохастическую природу и характеризую-

щийся вектором параметров. Отсюда задача оценки эффективности применения ПЛИТ для МлОб парка ВИТ – это задача оценки эффективности по векторному показателю в условиях стохастической неопределенности (поведенческой неопределенностью персонала ПЛИТ можно пренебречь из-за строгой регламентации его деятельности руководящими и нормативными документами).

Обобщенный ПЭ МлОб парка ВИТ должен быть комплексным показателем, так как эффективность применения ПЛИТ, как обслуживающей системы, характеризуется готовностью парка ВИТ к применению по результатам МлОб (целевой эффект) при понесенных временных и экономических затратах (побочные эффекты). Математически обобщенный ПЭ описывается формулой

$$W = f\left(\langle K_z, t_{об}, C_{об} \rangle; \langle K_z^{mp}, t_{об}^{\partial}, C_{об}^{\partial} \rangle\right), \quad (1)$$

где f – функция соответствия вектора результата вектору цели;

K_z, K_z^{mp} – реальный и требуемый коэффициенты готовности парка ВИТ к применению, характеризующие результативность МлОб;

$t_{об}, t_{об}^{\partial}$ – реальное и допустимое время МлОб парка ВИТ, характеризующие оперативность МлОб;

$C_{об}, C_{об}^{\partial}$ – реальная и допустимая стоимости затрат на МлОб парка ВИТ, характеризующие экономичность МлОб.

Проведенная декомпозиция задачи позволяет говорить о необходимости разработки системы показателей эффективности применения ПЛИТ, которая должна обеспечить оценку эффективности на математических моделях известными математическими методами. Методы оценки эффективности по векторному показателю имеют существенные ограничения, налагаемые теоремой Парретто [9], неприемлемые для оценки эффективности применения ПЛИТ, так как составляющие обобщенного ПЭ (1) зависят

друг от друга. Способом преодоления этого противоречия является скаляризация ПЭ и выбор функции соответствия [9].

Из известных методов скаляризации выбран метод главного показателя, так как задачу оценки эффективности можно описать стоимостью затрат $C_{об}$ на МлОб парка ВИТ при обеспечении требуемой готовности K_z^{mp} парка ВИТ к применению путем проведения его МлОб за допустимое время $t_{об}^{\partial}$.

Предлагаемая система показателей эффективности изображена на рис. 1.

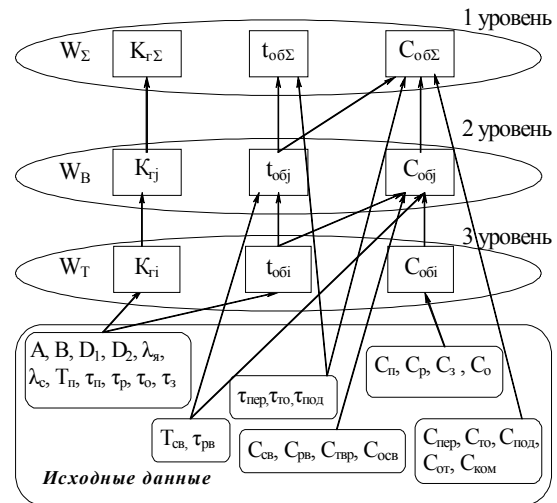


Рис. 1. Система показателей эффективности применения ПЛИТ для МлОб парка ВИТ

На рис. 1 обозначено:

$T_n, \lambda_{я}, \lambda_{с}$ – периодичность проверки (калибровки), интенсивности явного и скрытого отказа ВСИТ соответственно;

D_1, D_2, A, B – априорные вероятности соответственно признания работоспособного ВСИТ пригодным к применению, неработоспособного ВСИТ непригодным к применению и ошибки проверки (калибровки) I-го и II-го рода;

$\tau_n, \tau_p, \tau_o, \tau_z, C_n, C_p, C_o, C_z$ – удельные стоимости затрат и длительности проверки (калибровки), ремонта, обмена и замены неисправного ВСИТ соответственно;

$\tau_{pv}, \tau_{cv}, C_{pv}, C_{cv}$ – длительности и стоимости затрат на развертывание и свертывание ПЛИТ соответственно;

$\tau_{пер}, \tau_{то}, \tau_{под}$ – суммарное время, потраченное на перемещения ПЛИТ в каждую воинскую часть по одному разу и время на техническое обслуживание и подготовку к выезду ПЛИТ соответственно;

$C_{тер}, C_{осв}, C_{пер}, C_{то}, C_{под}, C_{от}, C_{ком}$ – стоимости затрат соответственно на поддержание температурно-влажностного режима, освещение, перемещения, техническое обслуживание, подготовку и обучение, оплату труда и командировки обслуживающего персонала ПЛИТ в единицу времени соответственно;

$K_{\Sigma}, K_{zj}, K_{zi}, t_{об\Sigma}, t_{обj}, t_{оби}$ – коэффициенты готовности и длительность МлОб парков ВИТ группировки войск, j -й войсковой части и i -го типа ВСИТ соответственно;

$C_{об\Sigma}, C_{обj}, C_{оби}$ – стоимости затрат на МлОб парков ВИТ группировки войск, j -й воинской части и i -го типа ВСИТ соответственно;

$W_{\Sigma}, W_{\theta}, W_m$ – показатели эффективности применения ПЛИТ для МлОб парков ВИТ группировки войск, воинской части и типа ВСИТ соответственно.

Частный показатель эффективности W_m применения ПЛИТ для МлОб i -го типа ВСИТ (3 уровень декомпозиции) описывается выражением:

$$W_m = M[C_{оби}], \text{ при } K_{zi} \geq K_{zi}^{mp}, t_{оби} \leq t_{оби}^{\partial}, \quad (2)$$

где $i = \overline{1, n}$, n – количество типов ВСИТ в обслуживаемой группировке войск; $M[\]$ – знак математического ожидания.

Показатель эффективности W_{θ} применения ПЛИТ для МлОб парка ВИТ j -й воинской части (2 уровень декомпозиции) выражается формулой

$$W_{\theta} = M[C_{обj}] = M\left[\sum_k C_{kj} + C_{cv} + C_{pv} + C_{тер} + C_{осв}\right], \quad (3)$$

$$\text{при } K_{zj} \geq K_{zj}^{mp}, t_{обj} \leq t_{обj}^{\partial},$$

где τ_k, C_k – суммарные длительность работы и стоимость затрат k -го рабочего места на МлОб парка ВИТ j -й войсковой части соответственно, а K_{zj} выражается соотношением

$$K_{zj} = \frac{\sum_i m_{ij}}{\sum_i n_{ij}}, \quad (4)$$

где m_{ij}, n_{ij} – количество ВСИТ i -го типа j -й воинской части, удовлетворяющих неравенству (2), и общее количество ВСИТ воинской части соответственно.

Обобщенный показатель эффективности W_{Σ} применения ПЛИТ для МлОб парка ВИТ региона (1 уровень декомпозиции) представим неравенством

$$W_{\Sigma} = M[C_{об\Sigma}] = M\left[\sum_{\ell} C_{\ell}\right], \quad (5)$$

$$\text{при } K_{\Sigma} \geq K_{\Sigma}^{mp}, t_{об\Sigma} \leq t_{об\Sigma}^{\partial},$$

где C_{ℓ} – стоимости затрат подсистем ПЛИТ на МлОб парка ВИТ региона, $\ell = \overline{1, 4}$ – номера подсистем: метрологического обслуживания, транспортной, подготовки к работе, личного состава, а K_{Σ} рассчитывается по формуле

$$K_{\Sigma} = \frac{\sum_j K_{zj}}{\sum_{i,j} n_{ij}}. \quad (6)$$

Результирующие значения ПЭ более низкого уровня декомпозиции служат исходными данными – формула (2), для более высокого уровня – формула (3). При разработке системы показателей эффективности целевого применения ПЛИТ реализованы

принципы стохастического детерминизма и последовательного снятия неопределенности за счет перехода от стохастических исходных данных к их математическим ожиданиям – формулы (2), (3), (4).

Выводы

Впервые предложена система показателей эффективности применения ПЛИТ при МлОб парка ВИТ, которая позволяет методами математического моделирования реализовать оценивание эффективности применения ПЛИТ [8]. Она соответствует общим требованиям, предъявляемым к ПЭ:

- показатели эффективности всех уровней одинаковы по форме и имеют одинаковую размерность;
- ПЭ имеют ясный физический смысл;
- ПЭ каждого уровня декомпозиции учитывают особенности ПЛИТ, характерные для рассмотренных выше частных задач оценки эффективности.

Перспективой дальнейших исследований является математическое моделирование процесса применения ПЛИТ для МлОб парка ВИТ на основе разработанной системы показателей эффективности, а также разработка методики оценивания эффективности применения ПЛИТ, которая описывает процесс оценивания от сбора и подготовки исходных данных до получения количественных оценок эффективности.

Литература

1. Оценка эффективности и параметрический синтез метрологического обеспечения радиоаппаратуры. – М.: МО СССР, 1984. – 386 с.
2. Чумаков Н.М., Серебряный Е.И. Оценка эффективности технических устройств. – М.: Сов. радио, 1980. – 192 с.
3. Крещук В.В. Метрологическое обеспечение эксплуатации сложных изделий. – М.: Изд-во

стандартов, 1989. – 200 с. Морозов О.О. Оцінка ефективності системи метрологічного забезпечення // Системи обробки інформації. – Х.: ХФВ "Транспорт України". – 2001. – Вип. 1 (11). – С. 115 – 119.

4. Нудьга А.П. Обобщенный показатель эффективности средств измерений и контроля одиночного образца // Системи обробки інформації. – Х.: НАНУ, ПАНМ, ХВУ. – 2000. – Вип. 2 (88). – С. 43 – 45.

5. Флорин А.П., Яковлев М.Ю. Обобщенный показатель эффективности метрологических операций и методика его оценки // Системи обробки інформації. – Х.: НАНУ, ПАНМ, ХВУ. – 2000. – Вип. 1 (7). – С. 10 – 13.

6. Морозов А.А., Чернов А.Б. Оптимизация планов использования подвижных метрологических лабораторий // Системи обробки інформації. – Х.: НАНУ, ПАНМ, ХВУ. – 2000. – Вип. 2 (8). – С. 30 – 33.

7. Науменко А.Н., Дергачов К.Ю. О возможности решения задачи планирования маршрутов движения для двух транспортных агрегатов // Системи обробки інформації. – Х.: ХФВ "Транспорт України". – 2001. – Вип. 1 (11). – С. 70 – 72.

8. Спренне В.С. Математическая модель операции метрологического обслуживания единичного объекта // Системи обробки інформації. – Х.: НАНУ, ПАНМ, ХВУ. – 2000. – Вип. 1 (7). – С. 21 – 25.

9. Надежность и эффективность в технике: Справочник: В 10 т. / Ред. совет: В.С. Авдеевский (пред.) и др. – М.: Машиностроение, 1988. – Т.3: Эффективность технических систем / Под общ. ред. В.Ф. Уткина, Ю.В. Крючкова. – 328 с.

Поступила в редакцию 5.07.2005

Рецензент: д-р техн. наук, проф. Л.Ф. Купченко, Харьковский университет Воздушных Сил, Харьков.