

МЕТОДИКА ОПТИМИЗАЦИИ ЗАТРАТ ПРИ МЕТРОЛОГИЧЕСКОМ ОБСЛУЖИВАНИИ СРЕДСТВ ИЗМЕРИТЕЛЬНОЙ ТЕХНИКИ

С.С. Войтенко

(представил д.т.н., проф. В.Н. Чинков)

Рассматривается методика оптимизации затрат при метрологическом обслуживании средств измерительной техники воинских частей ВС Украины, которая основана на методе потенциалов линейного программирования.

Каждая воинская часть (в/ч), независимо от ее видовой принадлежности, для поддержания вооружения и военной техники (ВВТ) в постоянной боевой готовности, нуждается в метрологическом обслуживании (МОб) средств измерительной техники (СИТ) метрологическими частями и подразделениями (МЧП). Время, необходимое для выполнения работ по МОб СИТ воинских частей, зависит от парка СИТ и для каждой воинской части индивидуально.

Большое количество СИТ воинских частей обслуживается на местах их эксплуатации выездными метрологическими лабораториями. Методики определения оптимального плана работы этих лабораторий рассмотрены во многих работах [1]. Но есть СИТ, которые на выезде по тем или иным причинам не обслуживаются. Дальше разговор пойдет только об этих СИТ.

При планировании и осуществлении МОб СИТ не всегда учитываются расстояния между в/ч и МЧП, которые по РВП обслуживают СИТ данных в/ч, а также загруженность метрологического оборудования МЧП, что приводит к снижению оперативности МОб СИТ воинских частей, а также к дополнительным затратам, которые связаны с проведением метрологических работ (МР). Чтобы учесть эти недостатки и уменьшить затраты, необходимо определить, какие МЧП будут обслуживать СИТ конкретных в/ч, с учетом существующих МЧП.

Задача формулируется следующим образом.

Имеется n в/ч $\mathbf{B}_1, \dots, \mathbf{B}_n$, на МОб СИТ которых необходимо затратить определенное время (t_1, \dots, t_n) , его можно рассчитать, используя данные о парке СИТ и нормы времени на проведение МР [2]. Имеется также m МЧП $\mathbf{M}_1, \dots, \mathbf{M}_m$, фонд рабочего времени (ФРВ) которых рассчитывается по алгоритму, приведенному в [2], обозначим его $\mathbf{T}_{\phi 1}, \dots, \mathbf{T}_{\phi m}$.

Суммарное время, необходимое для выполнения работ по МОб СИТ в/ч, не должно превышать ФРВ всех МЧП, т.е.

$$\sum_{i=1}^n t_i^3 \leq \sum_{i=1}^m T_{\phi i}, \quad (1)$$

где t_i^3 - интервал времени, необходимый для Моб СИТ i - й в/ч.

Известны расстояния между в/ч и МЧП, а также затраты, которые при- ходятся на преодоление единицы расстояния. Исходя из этого, можно рас- считать затраты, приходящиеся на проведение Моб СИТ конкретной в/ч в каждой МЧП. Необходимо составить такой план МОБ, при котором все СИТ воинских частей будут своевременно обслужены, метрологическое оборудование будет загружено оптимально, а затраты будут минимальны.

Обозначим через $t_{ij}^{(3)}$ – время, затрачиваемое на проведение метрологи- ческих работ в j - й ($j = \overline{1, m}$) МЧП при обслуживании СИТ i - й ($i = \overline{1, n}$) в/ч. Неотрицательные переменные $t_{ij}^{(3)}$ должны удовлетворять условиям.

1. Суммарное время, необходимое для выполнения МР j - й МЧП обслуживая все в/ч, не должно превышать ФРВ этой МЧП:

$$\left\{ \begin{array}{l} \sum_{i=1}^n t_{i1}^{(3)} \leq T_{\phi 1}; \\ \dots\dots\dots \\ \sum_{i=1}^n t_{im}^{(3)} \leq T_{\phi m}. \end{array} \right. \quad (2)$$

2. Суммарное время, затрачиваемое на выполнение МР при Моб СИТ i - й в/ч всеми МЧП, не должно превышать время, рассчитанное по данным, указанным в заявке:

$$\left\{ \begin{array}{l} \sum_{j=1}^m t_{1j}^{(3)} \leq t_1^{(3)}; \\ \dots\dots\dots \\ \sum_{j=1}^m t_{nj}^{(3)} \leq t_n^{(3)}. \end{array} \right. \quad (3)$$

3. Суммарные затраты на проведение МР должны быть минималь- ными, т.е.

$$C = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m c_{ij} t_{ij}^{(3)} = \min, \quad (4)$$

где c_{ij} - затраты на МОБ СИТ i - й в/ч в j - й МЧП (включающие, как расходы на содержание поверочного (калибровочного) оборудования, так и транспортные расходы).

Задача в такой постановке является транспортной задачей линейно-

го программирования. Решить ее можно методом потенциалов [3].

Для нахождения решения задачи составляется таблица (табл. 1), в которую заносятся все условия задачи.

Таблица 1

Исходные данные

	B_1	....	B_n	$T_{\phi i}$
M_1	c_{11}	...	c_{1n}	$T_{\phi 1}$
...
M_m	c_{m1}	...	c_{mn}	$T_{\phi m}$
$t_i^{(3)}$	$t_1^{(3)}$	...	$t_n^{(3)}$	$\sum_{i=1}^n t_i^{(3)} \leq \sum_{i=1}^m T_{\phi i}$

Используя метод минимального элемента, получают допустимое решение задачи [3]. Метод заключается в том, что при получении допустимого решения, заполнение таблицы начинается с клетки, которая предполагает минимальные затраты на Моб СИТ, т.е. с $c_{\gamma\kappa} = \min\{c_{ij}\}$ (γ - номер строки; κ - номер столбца). Время на проведение МР $t_{\gamma\kappa}^{(3)} = \min\{T_{\phi\gamma}, t_{\kappa}^{(3)}\}$. Если $t_{\gamma\kappa}^{(3)} = T_{\phi\gamma}$, то заполняется клетка (γ, κ) в κ -м столбце, для которой $c_{\gamma j\kappa} = \min(c_{j\kappa})$ ($j \neq \gamma$). Если же $t_{\gamma\kappa}^{(3)} = t_{\kappa}^{(3)}$, то заполняется клетка, для которой $c_{\gamma\kappa i} = \min(c_{\gamma i})$ ($i \neq \kappa$). Процесс продолжается до выполнения условий (2), (3). Заполненные клетки таблицы, называются базисными клетками, остальные свободными клетками.

Далее проверяется оптимальность полученного решения. Предположим, что при проведении МР затраты несет, как в/ч СИТ которой обслуживаются, так и МЧП в которой проводится МОБ. Введем следующие обозначения: $c_{млj}$ - затраты, которые несет M_j МЧП; $c_{вчi}$ - затраты, которые несет B_i в/ч; $\tilde{c}_{ji} = c_{млj} + c_{вчi}$ ($i = \overline{1, n}; j = \overline{1, m}$). Под \tilde{c}_{ji} понимаются псевдозатраты при Моб СИТ i -й в/ч в j -й МЧП.

Для решения данной задачи затраты, которые несет M_1 , принимаются равными нулю ($c_{мл1} = 0$). Определяются затраты $c_{млj}, c_{вчi}$ так, чтобы во всех базисных клетках таблицы псевдозатраты были равны затратам, т.е. $\tilde{c}_{ji} = c_{ji}$ при $t_{ji}^3 > 0$. По полученным данным составляется табл. 2.

Если во всех свободных клетках выполняется условие $\tilde{c}_{ji} \leq c_{ji}$, то план является оптимальным, в противном случае он может быть улучшен.

Для этого выбирается свободная клетка, где $\tilde{c}_{ji} > c_{ji}$, и строится соответствующий ей цикл, положительная вершина которого лежит в этой свободной клетке, а все остальные в базисных клетках. Цена этого цикла определяется как $(c_{ji} - \tilde{c}_{ji}) < 0$. Улучшение плана продолжается до тех пор, пока не выполнится условие $\tilde{c}_{ji} \leq c_{ji}$ для всех клеток таблицы.

Таблица 2
Промежуточный шаг метода потенциалов

В/ч МЛ	B_1	...	B_n	$T_{\phi j}$	$c_{МЛ j}$
M_1	$\tilde{c}_{11} \ c_{11}$	...	$\tilde{c}_{1n} \ c_{1n}$	$T_{\phi 1}$	0
...
M_m	$\tilde{c}_{m1} \ c_{m1}$	...	$\tilde{c}_{mn} \ c_{mn}$	$T_{\phi m}$	$c_{МЛ m}$
$t_i^{(3)}$	$t_1^{(3)}$	...	$t_n^{(3)}$		
$c_{вч j}$	c_{11}	...	$c_{вч n}$		

Решение поставленной задачи для всех типов СИТ, находящихся в воинских частях при прямом ее решении затруднительно, так как для каждого типа СИТ существует свой поверочный (калибровочный) комплект. Поэтому задача решается для каждого типа СИТ или совокупности типов, если их обслуживание осуществляется одним и тем же поверочным (калибровочным) оборудованием, до определения оптимальной загрузки рабочего места, т.е. исчерпания ФРВ поверочного (калибровочного) оборудования, заданного техническими характеристиками средств, входящих в комплект.

Полученное распределения позволяет оптимально загрузить поверочное оборудование и провести метрологическое обслуживание с минимальными затратами.

ЛИТЕРАТУРА

1. Морозов А.А. Чернов А.Б. Оптимизация планов использования подвижных метрологических лабораторий // Системы обработки информации. – Х.: НАНУ, ПАНМ, ХВУ. – 2000. – Вып. 2(8). – С. 14 - 17.
2. Нормы времени на поверку, регулировку и ремонт войсковых средств измерений и контроля в метрологических частях и подразделениях советской армии и военно - морского флота – М.: МО СССР, 1991. – 78 с.
3. Демидов Б.А. Методы военно-научных исследований. Ч.2.– Х.: ВИРТА, 1987. – 486 с.

Поступила 02.02.2002

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

научных интересов – метрологическое обеспечение.