

## ОПТИМИЗАЦИЯ ПЛАНОВ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ПОДВИЖНЫХ МЕТРОЛОГИЧЕСКИХ ЛАБОРАТОРИЙ

к.т.н. А.А. Морозов, А.Б. Чернов  
(представил д.т.н., проф. Б.Н.Ланецкий)

Предлагается метод и алгоритм синтеза оптимальных планов использования подвижных метрологических лабораторий, учитывающих специфику парка средств измерительной техники, возможностей лабораторий в условиях ограниченности времени, выделяемого на метрологическое обслуживание измерительной техники.

При метрологическом обслуживании (поверке и ремонте) средств измерительной техники (СИТ) необходимо решать задачу организации рационального использования сил и средств метрологических частей и подразделений (МЧП). Один из основных путей решения такой задачи - оптимизация использования подвижных метрологических лабораторий (ПМЛ), которые являются основой сил и средств метрологического обеспечения.

Организация оптимального использования ПМЛ должна включать определение оптимальных с точки зрения максимально возможного охвата поверкой и ремонтом СИТ планов использования лабораторий.

Оптимизация планов использования ПМЛ должна определить для каждой подвижной лаборатории измерительной техники такой порядок объезда пунктов метрологического обслуживания (ПМО) и время работы в каждом из них, при котором объем обслуживаемых СИТ будет максимальным.

Особенностью рассматриваемой задачи является то, что, как правило, количество пунктов метрологического обслуживания средств измерительной техники больше, чем количество ПМЛ.

Полагая, что известны количество и расположение пунктов метрологического обслуживания, парк средств измерительной техники, а также места дислокации ПМЛ, формализованное описание задачи можно представить в следующем виде: найти такие  $\bar{l}_k$  и  $t_{i,k}$ ,  $k = \overline{1, N}$ ,  $i = \overline{1, I_k}$ , чтобы

бы

$$V_{\text{общ}} = \sum_{k=1}^N \rightarrow \max \quad (1)$$

при следующих ограничениях:

$$t_{i_k} \geq 0, \forall i, k; \quad (2)$$

$$\sum_{i=1}^{|\bar{l}_k|} \left( T_{i_k-1, i_k}^k + t_{i_k} \right) \leq T_{\text{рез}}; \quad (3)$$

$$\{\bar{l}_k\} \cap \{\bar{l}_n\} = \emptyset, \forall k \neq n; \quad (4)$$

$$V_k = \sum_{i=1}^{|\bar{l}_k|} W_{i_k} \left( t_{i_k} \right); \quad (5)$$

$$T_{ij}^k = t_{\text{сверг.}i}^k + t_{\text{движ.}ij}^k + t_{\text{разв.}j}^k, \quad (6)$$

где  $\bar{l}_k$  - упорядоченное множество (вектор) ПМО, определяющее маршрут движения  $k$ -й ПМЛ (порядок объезда ПМО);

$t_{i_k}^k$  - время, в течение которого  $k$ -я ПМЛ проводит метрологическое обслуживание (Моб) средств измерительной техники в  $i$ -м ПМО своего маршрута;

$N$  - количество ПМЛ, проводящих МОБ;

$V_{\text{общ}}$  - суммарное количество комплектов СИТ, обслуженных всеми ПМЛ за планируемый период;

$V_k$  - общее количество комплектов СИТ, для которых проведено МОБ  $k$ -й ПМЛ;

$|\bar{l}_k|$  - количество ПМО в маршруте  $k$ -й ПМЛ;

$T_{ij}^k$  - элемент трехмерной матрицы размерности  $(M+1) \times M \times N$  (где  $M$  – общее количество ПМО), определяющий время переезда из  $i$ -го ПМО в  $j$ -й ПМО для  $k$ -й ПМЛ от момента окончания МОБ в  $i$ -м пункте обслуживания СИТ до начала организации МОБ СИТ в  $j$ -м; этот элемент определяет непроизводственные затраты времени;

$T_{\text{рез}}$  - время, выделенное для работы ПМЛ;

$\{W_{i_k}(t)\}$  - элемент матрицы размерности  $(N \times M)$ , определяющий среднее количество комплектов СИТ, обслуженных в  $i$ -м ПМО  $k$ -й ПМЛ за время  $t$ ;

$t_{\text{сверг.}i}^k$  - время, затрачиваемое  $k$ -й ПМЛ на свертывание (от момента окончания МОБ до выезда из пункта метрологического обслуживания) в  $i$ -м ПМО;

$t_{\text{движ.}ij}^k$  - время на передвижение  $k$ -й лаборатории из  $i$ -го в  $j$ -й ПМО;

$t_{\text{разв.}j}^k$  - время, затрачиваемое  $k$ -й ПМЛ на подготовку к работе (от прибытия в ПМО до начала метрологического обслуживания) в  $j$ -м ПМО.

Рассматриваемая задача является задачей дискретной оптимизации – задачей составления расписаний. Для ее решения можно использовать метод случайного перебора вариантов планов [1]. В этом случае процесс решения будет цикличным и многоуровневым. На "внутреннем" уровне синтезируются варианты планов работы лабораторий посредством решения комплекса взаимосвязанных задач. Процедуры решения этих задач итерационные. На "внешнем" уровне осуществляется выбор лучшего плана использования ПМЛ путем сравнения вариантов планов, синтезируемых на каждом цикле "внутреннего" уровня. При первом цикле синтезированный план принимается в качестве лучшего.

Алгоритм синтеза плана работы подвижной метрологической лаборатории на "внутреннем" уровне имеет следующий вид.

**Шаг 1.** Для каждой ПМЛ назначаются "нулевые" маршруты  $\bar{I}_k$  ( $k = \overline{1, N}$ ), т.е. маршруты, не содержащие ни одного пункта метрологического обслуживания.

**Шаг 2.** Осуществляется наполнение случайным образом маршрутов пунктами метрологического обслуживания – в маршруты каждой ПМЛ включается по одному ПМО.

**Шаг 3.** Если в маршруты ПМЛ включено по одному пункту метрологического обслуживания, то осуществляется переход к шагу 5 алгоритма, иначе для каждой ПМЛ проводится оптимизация маршрута объезда ПМО. Для каждой лаборатории минимизируются суммарные непроизводственные затраты времени. Для этого устанавливается очередность объезда ПМО, включенных в маршрут. Очередность объезда определяется путем решения задачи коммивояжера малой размерности методом ветвей и границ [1].

**Шаг 4.** Для каждой ПМЛ проводится оптимальное распределение времени работы  $t_{i,k}^j$  в каждом ПМО её маршрута так, чтобы количество обслуженных СИТ было наибольшим, то есть, учитывая ограничения (2),(3),(4), максимизируется выражение (5). Для решения этой задачи

используется итерационный метод Ньютона - Гаусса (поиска оптимума для функции нескольких переменных с ограничениями) [2].

**Шаг 5.** Определяется количество обслуженных средств измерительной техники каждой из ПМЛ.

**Шаг 6.** Для всех ПМЛ сравниваются маршруты, полученные после включения в маршрут очередного ПМО и существовавшие до включения. Выбирается лучший из них – либо принимается новый маршрут, либо остается предыдущий, при этом включенный на втором шаге ПМО исключается из маршрута и становится "не обслуженным".

**Шаг 7.** Выполнение шагов 2-6 алгоритма повторяется до тех пор, пока остаются не включенные в маршруты ("не обслуженные") ПМО, и происходит улучшение хотя бы для одного из  $V_k$ , ( $k = \overline{1, N}$ ). Если на очередной итерации улучшения не произошло или все ПМО будут включены в маршруты ПМЛ ("обслужены"), то осуществляется переход к шагу 8.

**Шаг 8.** Завершается решение комплекса задач "внутреннего" уровня и сформированный вариант плана использования ПМЛ передается для сравнения на "внешний" уровень.

Алгоритм не предусматривает автоматического выхода – решение о его завершении принимает лицо, планирующее обслуживание средств измерительной техники. Близость к оптимальному значению можно оценить по отношению итераций, при которых достигнуто улучшение, к их общему количеству.

Предлагаемый метод и реализованный на его основе алгоритм позволяют оперативно получать рациональные планы использования ПМЛ для метрологического обслуживания СИТ. При этом практически не накладывается никаких ограничений на диапазон исходных данных.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Алексеев О. Г. Комплексное применение методов дискретной оптимизации. – М.: Наука, 1987. – 248 с.
2. Демидов Б. А. Методы военно - научных исследований. – Харьков: ВИРТА, 1988. – 419 с.