

ФОРМИРОВАНИЕ СОСТАВА ПАРКА ПОДВИЖНЫХ ЛАБОРАТОРИЙ ИЗМЕРИТЕЛЬНОЙ ТЕХНИКИ РЕГИОНА

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

Рассматривается метод формирования состава парка подвижных лабораторий измерительной техники, обеспечивающий решение задач метрологического обслуживания измерительной техники, рассредоточенной по пунктам обслуживания в регионе.

Требования к качеству и своевременности метрологического обслуживания измерительной техники (ИТ) в регионе, а также стремление уменьшить расходы на ее метрологическое обслуживание (МО) можно удовлетворить за счет обоснованного формирования парка подвижных лабораторий измерительной техники (ПЛИТ).

Обоснованное формирование парка ПЛИТ должно обеспечивать минимизацию их количества при условии обеспечения необходимой эффективности метрологического обслуживания ИТ и с учетом ее рассредоточенности по пунктам обслуживания (ПОБ) в регионе. Формализация такой задачи требует учета ряда факторов и допущений, которые имеют место при планировании, организации и выполнении мероприятий по МО измерительной техники в регионе, а именно: трудозатраты на обслуживание ИТ региона известны (при отсутствии таких данных их можно рассчитать, зная парк обслуживаемой ИТ, трудозатраты на ее проверку, а также порядок работы ПЛИТ); как правило, в местах эксплуатации ИТ ее метрологическое обслуживание осуществляет одна ПЛИТ; цикл применения ПЛИТ (цикл метрологического обслуживания ИТ) состоит из двух этапов: метрологическое обслуживание ИТ, а также техническое и метрологическое обслуживание самой ПЛИТ; так как минимально возможный межповерочный интервал (МПИ) для ИТ, в основном, кратен одному году, то та часть измерительной техники, для которой МПИ равен одному году должна обслуживаться за один цикл применения ПЛИТ полностью, а обслуживание парка ИТ, для которых МПИ превышает один год, целесообразно равномерно распределить по циклам. Объем обслуживаемой за один цикл ИТ можно рассчитать по формуле

$$q = Q \cdot T_{MO} / T_{МПИ} ,$$

где q – количество ИТ, обслуживаемой за один цикл; Q – количество ИТ; T_{MO} – период проведения МО в годах ($T_{MO} = 1$ год); $T_{МПИ}$ – длительность межповоротного интервала для ИТ.

Такое упорядочение обслуживания ИТ позволит обеспечить равномерность загрузки ПЛИТ при каждом цикле применения и по сути является одним из факторов, обеспечивающих минимизацию парка ПЛИТ. К важнейшим факторам, определяющим количественный состав парка ПЛИТ, следует отнести и их рациональное использование за счет оптимизации маршрутов движения между пунктами обслуживания ИТ в регионе.

Таким образом, с учетом принятых условий применения ПЛИТ и их технических возможностей по обслуживанию ИТ, задачу минимизации парка подвижных лабораторий региона можно формализовать в виде:

определить такой порядок проведения работ ПЛИТ по метрологическому обслуживанию ИТ в регионе - $\bar{\ell}_k$, $k = 1, \dots, N$, при котором

$$N^* = \min_{[1..M]} N \quad (1)$$

при соблюдении ограничений:

$$T_p \geq \max_{1 \leq k \leq N} \sum_{i=1}^{|\ell_k|} T_{i-1, i}^k ; \quad (2)$$

$$\{\bar{\ell}_k\} \subset L, \bigcup_{k=1}^N \{\bar{\ell}_k\}, \{\bar{\ell}_k\} \cap \{\bar{\ell}_j\} = \emptyset, \forall k \neq j, \quad (3)$$

где N^* - оптимальное для региона количество ПЛИТ; N - количество ПЛИТ, осуществляющих МО ИТ; M - количество ПОБ ИТ в регионе, в которых планируется проведение МО с использованием ПЛИТ; T_p - время завершения МО в течение одного периода работы ПЛИТ; ℓ_k - количество элементов множества $\bar{\ell}_k$ (количество ПОБ в маршруте k - й ПЛИТ); $\|T\|$ -трехмерная матрица с количеством элементов $K \times (M+1) \times (M)$, которые определяют условные затраты времени для ПЛИТ и находятся из выражения

$$T_{ij}^k = t_{ic}^k + t_{ijд}^k + t_{jn}^k + t_{jn}^k$$

при $i=j$ ($T_{ij}^k = \infty, i = 0, \dots, M, j = 1, \dots, M, k = 1, \dots, N$; $i = 0$ соответствует ситуации, когда ПЛИТ располагается в месте своей постоянной дислокации); t_{ic}^k – период времени от момента завершения непосредственно работ по МО в i - м ПОБ до момента выезда k - й ПЛИТ из этого ПОБ; $t_{ijд}^k$ - время, необходимое k - й ПЛИТ для переезда из i - го в j - й ПОБ; t_{jn}^k - время, затрачи-

ваемое для подготовки k -й ПЛИТ к проведению МО в j -м ПОБ, отсчитываемое с момента приезда; t_{jp} - трудозатраты k -й ПЛИТ на проведение всех работ по метрологическому обслуживанию измерительной техники в j -м ПОБ; $\{\bar{\ell}_k\}$ - множество ПОБ, входящих в маршрут движения k -й ПЛИТ; L - множество всех ПОБ, в которых предполагается проведение МО ИТ с использованием ПЛИТ.

Сформулированную задачу целесообразно решать методом направленного перебора оптимизируемого параметра – N (количества ПЛИТ) от минимально возможного количества до N^* , при котором выполняются неравенство (2) и ограничения (3) [1]. Так как правая часть неравенства (2) определяется стратегией использования ПЛИТ (маршрутов их движения $\bar{\ell}_\ell$), то оценка N^* может быть получена при условии, что правая часть неравенства (2) будет наименьшей для всех $\bar{\ell}_\ell$. Следовательно, для каждого значения N , проверяемого на оптимальность, необходимо решать следующую задачу: найти такое T , что

$$T = \min \left(\max_{1 \leq k \leq N} \sum_{i=1}^{|\bar{\ell}_k|} T_{\ell_k^{i-1} \ell_k^i}^k \right) \quad (4)$$

при соблюдении условий (3).

Задача в такой постановке является комбинаторной задачей теории расписаний – задачей оптимального распределения комплекса работ [2].

Для повышения оперативности получения результатов целесообразно усовершенствовать общий подход к решению этой задачи.

1. Уменьшить количество итераций решений задачи (4) за счет сокращения множества N до $N=[N_0, M]$, где значение N_0 может быть вычислено при отсутствии ограничений (3). Это значение определяет общее количество ПЛИТ, которое вычисляется по формуле

$$N_0 = \left\lceil \sum_{i=1}^M \min_{\substack{1 \leq k \leq N_T \\ 0 \leq j \leq M}} T_{ji}^k / T_p \right\rceil, \quad (5)$$

где $\lceil a \rceil$ - операция округления числа a к ближайшему целому числу не меньшему чем a ; N_T – количество типов ПЛИТ, рассматриваемых при оптимизации.

Если $N_0 < k$, то принимается $N_0 = k$;

2. На очередном шаге для конкретного значения N не проводить поиск глобального экстремума в задаче (4), а ограничиться локальным, если свойства последнего при рассматриваемом количестве ПЛИТ позволяют удовлетворить требования (2) и (3).

3. Адаптировать метод ветвей и границ следующим образом: принимать решение на дальнейшее ветвление дерева вариантов решений, сравнивая оценки нижних границ подмножеств вариантов с допустимым временем работы T_p .

С учетом этих замечаний алгоритм определения оптимального количества ПЛИТ можно представить следующим образом.

1. С помощью выражения (5) определяется начальное значение количества ПЛИТ N_0 , с которого начинается итерационное решение задачи (1).

2. Формируется матрица $\|T\|$, соответствующая текущему количеству N . Значение «рекорда», участвующего в решении, принимается равным $T_{рек} = T_p + \Delta$, где Δ - малое положительное число.

3. Для текущего количества ПЛИТ решается задача (4) с учетом условий (3). Если в процессе решения находится промежуточное решение удовлетворяющее (2), то осуществляется переход к п.6.

4. При получении точного решения (4) оно сравнивается с T_p . Если $T > T_p$, то осуществляется переход к п.5, иначе к п.6.

5. Увеличивается необходимое количество ПЛИТ за счет добавления еще одной лаборатории: $N := N + 1$. Осуществляется переход к п.2.

6. Текущее значение N - оптимальное количество ПЛИТ, а полученные маршруты реализуют МО этим количеством ПЛИТ $N^* := N$.

Рассмотренный алгоритм позволяет получить оптимальное количество ПЛИТ и порядок их использования для метрологического обслуживания ИТ в ПОБ в регионе. Кроме того, предложенный алгоритм легко программируется и позволяет создать автоматизированную методику расчета количественного состава парка ПЛИТ, обеспечивающего решение задач метрологического обслуживания ИТ региона.

ЛИТЕРАТУРА

1. Сергиенко И. В. Математические модели и методы решения задач дискретной оптимизации. – К.: Наукова думка, 1988. – 472 с.

2. Алексеев О. Г. Комплексное применение методов дискретной оптимизации. – М.: Наука., 1987. – 248 с.

Поступила в редколлегию 10.8.2000