

## КОМПЛЕКСНАЯ МЕТОДИКА СИНТЕЗА АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ ИЗМЕРИТЕЛЬНОЙ СИСТЕМЫ ДЛЯ МЕТРОЛОГИЧЕСКОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ КОНТРОЛЬНО- ПРОВЕРОЧНЫХ КОМПЛЕКСОВ

М.Ю. Яковлев, С.В. Герасимов  
(представил д.т.н., проф. В. Н. Чинков)

Рассмотрена комплексная методика синтеза автоматизированной измерительной системы для метрологического обслуживания контрольно - проверочных комплексов (КПК), учитывающая специфику их эксплуатации. Она позволяет определять оптимальную совокупность средств метрологического обслуживания (МОб) КПК, рационально распределять между ними задачи, сформировать оптимальную стратегию применения средств МОб КПК.

Комплексная методика синтеза автоматизированной измерительной системы (АИС) для метрологического обслуживания (МОб) контрольно-проверочных комплексов (КПК) построена на основе совокупности частных методик, рассмотренных в [1-4]. Отличительной чертой данной методики является учет особенностей эксплуатации КПК за счет применения обобщенного показателя эффективности МОб КПК, предложенного в [4].

В общем случае возможна оптимизация и по каждой отдельно взятой методике, но максимальный эффект может быть достигнут лишь при их комплексном применении. При этом результаты расчетов, полученные по одним методикам, применяются в других методиках. Структурная схема взаимосвязи частных методик в составе комплексной методики синтеза АИС для МОб КПК показана на рис.1.

Реализация комплексной методики синтеза АИС для МОб КПК включает в себя пять основных этапов.

Этап 1. Накопление исходных данных.

Этап 2. Расчет оптимальных показателей точности измерительных модулей АИС.

Этап 3. Расчет оптимального количества модификаций и общего числа АИС, необходимых для проведения МОб заданных типов КПК.

Этап 4. Расчет оптимального состава измерительных модулей АИС.

Этап 5. Расчет показателей эффективности системы МОб (СМОб) КПК.

Рассмотрим подробно каждый из этапов.

1-й этап. Сбор информации и формирование трех массивов данных:

массива данных о КПК; массива данных о средствах МОБ КПК; массива нормативно-справочных данных.

Для формирования массива данных о КПК из обслуживаемых воинских частей и подразделений в метрологические части и подразделения представляются сведения о КПК, подлежащих обслуживанию.

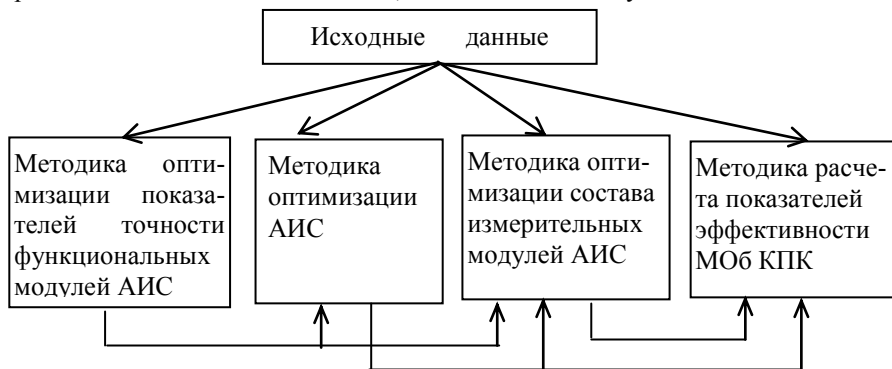


Рис.1. Структурная схема взаимосвязи частных методик в составе комплексной методики синтеза системы МОБ КПК

Массив данных по средствам МОБ КПК формируется с использованием информации о средствах измерительной техники и АИС специализированного назначения, применяемых в метрологических частях и подразделениях.

Источниками информации для этих двух массивов являются: технические паспорта (формуляры) на КПК и средства МОБ КПК; книги учета технического состояния агрегатов и подсистем объекта контроля; перечни контролируемых параметров объекта контроля; журналы метрологического надзора подразделений.

Массив нормативно-справочных данных содержит справочные данные, необходимые для расчетов и при проведении МОБ КПК.

Источниками информации для формирования данного массива могут служить руководящие документы по планированию и организации МОБ КПК, нормативно-справочные документы на методы и средства поверки, ремонта и технического обслуживания КПК.

2-й этап. Расчет оптимальных показателей точности измерительных модулей АИС предполагает решение следующей оптимизационной задачи (рассматриваемая задача может быть сформулирована как задача условной оптимизации).

Найти вектор  $S = \langle \alpha_{П}^0, \tau_{РЕМ.П}^0, \tau_{ПЕР.ПОВ}^0, \tau_{ПОВ}^0, T_{ПОВ}^0 \rangle$ , удовлетворяющий критерию

$$W_{МО}(\alpha_{П}, \tau_{ПЕР.ПОВ}, \tau_{ПОВ}, \tau_{РЕМ.П}, T_{ПОВ}) = \max$$

при условиях:

$$k_{ГКПК} \geq k_{ГКПКТ}; \tilde{C} = \tilde{C}_T; \beta_{II} = \beta_{III};$$

$$T_{РЕМ.П} = T_{РЕМ.П.Т}; \omega = \langle \lambda_{Я}, \lambda_{С}, \alpha_{СП}, \beta_{С}, T_{СП}, \tau_{СП} \rangle = \omega_T,$$

где  $\lambda_{Я}$  - интенсивность возникновения явных отказов КПК;  $\lambda_{С}$  - интенсивность возникновения скрытых отказов КПК;  $\alpha_{II}$ ,  $\beta_{II}$  - вероятности ошибки поверки первого и второго рода соответственно;  $\alpha_{II}^0$  - оптимальное значение вероятности ошибки поверки первого рода;  $\beta_{III}$  - требуемое значение вероятности ошибки поверки второго рода;  $\alpha_{СП}$ ,  $\beta_{С}$  - вероятности ошибки самоконтроля КПК первого и второго рода соответственно;  $T_{СП}$ ,  $T_{ПОВ}$ ,  $T_{РЕМ.П}$  - периодичности самоконтроля КПК, поверки КПК на месте эксплуатации и ремонта КПК на предприятии промышленности;  $T_{РЕМ.П.Т}$  - требуемое значение периодичности ремонта КПК на предприятии промышленности;  $T_{ПОВ}^0$  - оптимальное значение периодичности поверки КПК на месте эксплуатации;  $\tau_{СП}$ ,  $\tau_{ПОВ}$ ,  $\tau_{ПЕР.ПОВ}$ ,  $\tau_{РЕМ.П}$  - продолжительности самоконтроля, поверки на месте эксплуатации и на ремонтном предприятии, ремонта на ремонтном предприятии;  $\tau_{ПОВ}^0$ ,  $\tau_{ПЕР.ПОВ}^0$ ,  $\tau_{РЕМ.П}^0$  - оптимальные значения продолжительности поверки на месте эксплуатации и на ремонтном предприятии, ремонта на ремонтном предприятии;  $W_{МО}$  - обобщенный показатель эффективности МОБ КПК;  $\tilde{C}$  - удельные стоимостные показатели пребывания КПК в  $r$ - том состоянии и переходов из  $r$ - го в  $m$ - е состояние;  $k_{ГКПКТ}$  - требуемое значение коэффициента готовности КПК.

Для решения данной оптимизационной задачи можно воспользоваться одним из методов условной оптимизации [5].

На основании полученных значений вектора  $S = \langle \alpha_{II}^0, \tau_{РЕМ.П}^0, \tau_{ПЕР.ПОВ}^0, \tau_{ПОВ}^0, T_{ПОВ}^0 \rangle$  и  $W_{МО}$  в соответствии с методикой, изложенной в [1], а также, используя данные массивов по КПК, средствам МОБ КПК и нормативно-справочных данных, рассчитываются оптимальные значения контрольного допуска на измерение  $v$ - го поверяемого параметра КПК и среднеквадратической погрешности измерения  $v$ - го поверяемого параметра КПК.

3-й этап. Расчет оптимального количества модификаций и общего числа АИС, необходимых для проведения МОБ заданных типов КПК. Задача оптимизации состава АИС формулируется в следующем виде.

Пусть  $M$  – число КПК, а  $m_{\text{КПК}}$  – число видов КПК, которые должны обслуживаться с использованием АИС. Заданы требования, предъявляемые КПК к АИС.

Определить: структуру и характеристики АИС; оптимальный состав функциональных модулей, необходимых для конструирования АИС; количество модификаций  $\rho^0$  и общее число  $N_b^0$  АИС, необходимых для проведения МОБ заданного значения  $M$  КПК, обеспечивающие минимум средней стоимости использования  $C_{\text{СР}}$  АИС и максимум показателя эффективности МОБ КПК  $W_{\text{МО}}$ , т.е.

$$C_{\text{СР}} = \min ; \quad (1)$$

$$W_{\text{МО}} = \max \quad (2)$$

при следующих ограничениях:

$$\rho_b \leq \rho_{bT} ; N_b \leq N_{bT} ; M \leq M_T ; m_{\text{КПК}} \leq T_{\text{КПК}T} ;$$

$$C_{\text{bdp}/(d-1)} \leq C_{\text{bdp}/(d-1).T} ; C_{\text{bdi}} \leq C_{\text{bdi}.T} ; C_{\text{без}} \leq C_{\text{без}.T} ,$$

где  $\rho_b$ ,  $\rho_{bT}$  - реальное и требуемое число модификаций АИС, которые входят в  $b$  – й набор АИС;  $N_b$  - общее число АИС  $b$  – го набора, которые используются для МОБ всех видов КПК;  $C_{\text{bdp}/(d-1)}$ ,  $C_{\text{bdp}/(d-1).T}$  - реальное и требуемое значения стоимости разработки  $d$  – го вида АИС, входящей в  $b$  – й набор, при условии, что разработаны другие  $(d-1)$  видов АИС, предшествующие разработке  $d$  - го вида АИС;  $C_{\text{bdi}}$ ,  $C_{\text{bdi}.T}$  - стоимость изготовления  $d$  – го вида АИС, входящей в  $b$  - й набор;  $C_{\text{без}}$ ,  $C_{\text{без}.T}$  - стоимость эксплуатации АИС, используемой для МОБ  $e$  - го КПК, входящей в  $b$  - й набор.

Значения средней стоимости использования АИС в соответствии с методикой [2], рассчитываются по формуле

$$C_{\text{СР}} = \frac{\sum_{d=1}^{\rho_b} C_{\text{bdp}/d-1} + \sum_{d=1}^{N_i} C_{\text{bdi}} + \sum_{e=1}^M C_{\text{без}}}{M} .$$

Таким образом, рациональный набор АИС для МОБ КПК определяется из условий (1), (2) с использованием метода перебора всех возможных вариантов построения АИС, оценки их средней стоимости и обобщенного показателя эффективности МОБ КПК.

4-й этап. Расчет оптимального состава функциональных модулей АИС. Используя изложенную в [3] методику, на основании массивов данных по АИС, а также данных, полученных на предыдущих этапах предлагаемой, методики, рассчитывается стоимость разработки и производства каждого возможного варианта построения АИС. Рациональный набор функциональных модулей определяется путем поиска минимума

стоимости разработки и производства каждого возможного варианта построения АИС и максимума обобщенного показателя эффективности МОБ КПК, т.е.

$$\begin{aligned} & \min C_n ; \\ & 1 \leq n \leq G_C \\ & W_{MO} = \max , \end{aligned}$$

при ограничениях

$$K \leq K_T ; N_{\Phi M} \leq N_{\Phi MT} ; C_h \leq C_{hT} ; C_{\Phi h} \leq C_{\Phi hT} .$$

где  $G_C$  - число возможных вариантов создания типов АИС;  $C_n$  - стоимость  $n$ -го варианта АИС для МОБ КПК;  $K$  - реальное и требуемое число типов АИС;  $Z_\eta$  - требуемое количество АИС  $\eta$ -го типа ( $\eta = 1, 2, \dots, K$ );  $N_{\Phi M}$  - реальное и требуемое число функциональных модулей АИС;  $C_h$  - стоимость разработки  $h$ -го модуля ( $h=1, 2, \dots, 2^{N_{\Phi M}-1}$ );  $C_{\Phi h}$  - стоимость производства  $h$ -го модуля при номинальной серийности.

В общем случае оптимальный состав функциональных модулей АИС может быть найден с использованием метода перебора.

5-й этап. Используя результаты, полученные на предыдущих этапах, производится расчет основных показателей эффективности МОБ КПК по методике, изложенной в [4], значения которых заносятся в массив нормативно-справочных данных. По результатам расчетов принимается решение о правильности управленческих решений.

Предлагаемая комплексная методика синтеза АИС для МОБ КПК позволяет определять оптимальную совокупность средств метрологического обслуживания контрольно - проверочных комплексов, рационально распределять между ними задачи, сформировать оптимальную стратегию применения средств МОБ КПК с целью достижения максимальной эффективности функционирования СМОБ контрольно - проверочных комплексов.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Кузнецов В.А., Пашков А.Н. и др. Основы эксплуатации средств измерений / Под ред. Р.П. Покровского. – М.: Радио и связь, 1984. – 184 с.
2. Волков Л.И. Управление эксплуатацией летательных комплексов. – М.: Высшая школа, 1981. – 368 с.
3. Балашов Е.П., Пузанков Д.В. Проектирование информационно-управляющих систем. – М.: Радио и связь, 1987. – 256 с.
4. Яковлев М.Ю. Исследование показателей эффективности метрологического обслуживания технического комплекса // Труды 4 Международ-

ного молодежного форума “Радиоэлектроника и молодежь в XXI веке”. – Харьков: ХГТУРЭ. – 2000. – С. 185 - 186.

5. Демидов Д.А. Методы военно - научных исследований: В 2 ч. – Харьков: ВИРТА, 1987. – Ч. 2. – 486 с.

*Поступила в редколлегию 14.05.2001*

---