

УДК 519.718

## **Функциональный контроль подсистем ракеты класса «воздух-воздух» малой дальности**

Б.В. Обносков, А.И. Данеко, И.В. Захаров, А.А. Трубников, Д.А. Решетников

### **Аннотация**

В статье рассматривается облик и методическое обеспечение аппаратно-программного комплекса для проведения оперативной оценки технического состояния УАР класса «воздух-воздух» малой дальности в условиях эксплуатирующей организации с применением метода функционального контроля.

### **Ключевые слова**

функциональный контроль; аппаратно-программный комплекс; система управления ракеты; датчики линейного ускорения; датчики углового ускорения

### **Введение**

В изменившихся условиях современной системы технической эксплуатации произошло значительное старение существующего парка управляемых авиационных ракет (УАР). Снизилась и достоверность их контроля существующими средствами и системами контроля, что в свою очередь может повлечь снижение показателей эффективности применения ракет, их надежности и боеготовности.

Наиболее остро, указанная проблема проявилась для УАР класса «воздух-воздух» малой дальности. Это обусловлено тем, что именно УАР класса «воздух-воздух» малой дальности реализуют наиболее напряженные режимы наведения на цель. Результат наведения ракеты в таких режимах определяется качеством функционирования замкнутого контура всей системы наведения (СН) УАР - от ее головки самонаведения (ГСН) до рулевых приводов, с учетом перекрестных и последовательных связей в каналах системы управления ракетой (СУР) и, в особенности, работой ее датчиков [1].

Вместе с тем, при использовании существующего методического обеспечения современных средств и систем контроля (ССК) состояние и качество функционирования перечисленных выше объектов СУР и СН УАР не наблюдаемы. В алгоритмах контроля, реализованных в современных АСК, о техническом состоянии датчиков СУР - датчиков линейного ус-

корения (ДЛУ) и датчиков углового ускорения (ДУУ) судят только по косвенным параметрам, не определяя напрямую коэффициентов их передачи.

Различные попытки решения этого вопроса традиционными способами в рамках параметрического контроля значительно повышают объем и время контроля, а также требуют внесения аппаратных изменений в СН УАР и аппаратуру ССК. Это неприемлемо в современной системе технической эксплуатации (СТЭ) УАР, так как потребует весьма значительных экономических затрат.

Вместе с тем, решение указанной проблемы возможно без аппаратных изменений в СН УАР и ССК на основе использования метода функционального контроля, связанного с приведением контура СН УАР в естественное состояние функционирования и подачей внешних воздействий на корпус УАР в «щадящем режиме».

### **Облик и методическое обеспечение аппаратно-программного комплекса для проведения оперативной оценки технического состояния УАР**

Реализация метода функционального контроля СН УАР возможна на основе модифицированных процедур контроля с использованием ССК и дополнительного оборудования, аппаратно не сопрягаемого с ССК [2, 3].

Методическое обеспечение модифицированных процедур контроля включает в свой состав:

- математическую модель СН УАР как объекта контроля (ОК), с заданными - структурой, входами и выходами;
- модели внешних воздействий и отказов.

Аппаратное обеспечение включает в свой состав:

- стенд гармонических колебаний с прецизионным датчиком угла;
- многоканальный аналого-цифровой преобразователь;
- вычислительное устройство.

Методика проведения модифицированных процедур контроля УАР с использованием штатных ССК и дополнительного оборудования предполагает:

- подачу совокупности команд на ОК для приведения его в работоспособное состояние;
- формирование требуемого состояния «сквозного» контура СН УАР;
- подачу на ОК внешних воздействий.

Принятие решения о годности ОК осуществляется на основе норм подобия модели ОК и, собственно, самого ОК по несоответствию выходных сигналов при идентичных структуре контура и входных сигналах.

На рисунке 1 представлена структура программно–аппаратного комплекса функционального контроля УАР класса «воздух-воздух» малой дальности.

Она включает следующие элементы:

- СН УАР (ГСН, блок управления и рулевые приводы);
- СГК (стенд гармонических колебаний) с сигнальным потенциометром (СП);
- аппаратуру ЭППК (электропневмопитания и коммутации);
- устройство контроля.

СН УАР – является собственно объектом исследования.

СГК предназначен для механического воздействия на корпус УАР и, расположенную в нем, СН ракеты.

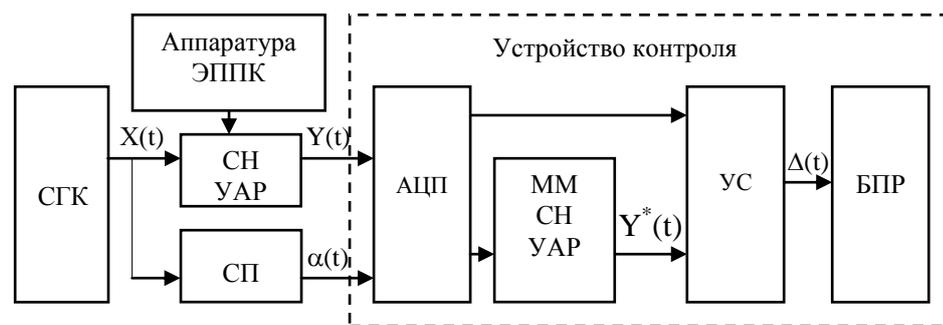


Рисунок 1 – Структурная схема аппаратно-программного комплекса функционального контроля УАР класса «воздух-воздух» малой дальности

Сигнальный потенциометр – предназначен для выдачи сигнала текущего углового положения корпуса УАР.

Аппаратура ЭППК предназначена для приведения подсистем УАР в состояние нормального функционирования и подачи разовых команд.

Устройство контроля – включает в себя 8-ми канальный аналого-цифровой преобразователь (АЦП) фирмы National Instruments и программный модуль на основе ПО LabVIEW, в котором реализованы математическая модель СН УАР (идеальная СН), устройство сравнения (УС) и блок принятия решений (БПР).

Устройство контроля – предназначено для выявления рассогласования параметров динамических процессов в СН исследуемой УАР и ее модели, и определения отказов СН.

Поперечное движение корпуса ракеты в вертикальной плоскости является стимулирующим воздействием  $X(t)$ . Оно вызвано действием пружин СГК при отклонении качалки с корпусом ракеты (см. рисунок 2) от нулевого положения и описывается в пространстве законом изменения угла  $\alpha(t)$ :

$$\alpha(t) = f(D_{\Pi}; t), \quad (1)$$

где:  $D_{\Pi}$  – вектор параметров системы «СГК–ракета», определяющих характер колебательных движений корпуса ракеты во времени  $t$ ;

$f(\bullet)$  – известный оператор преобразования.

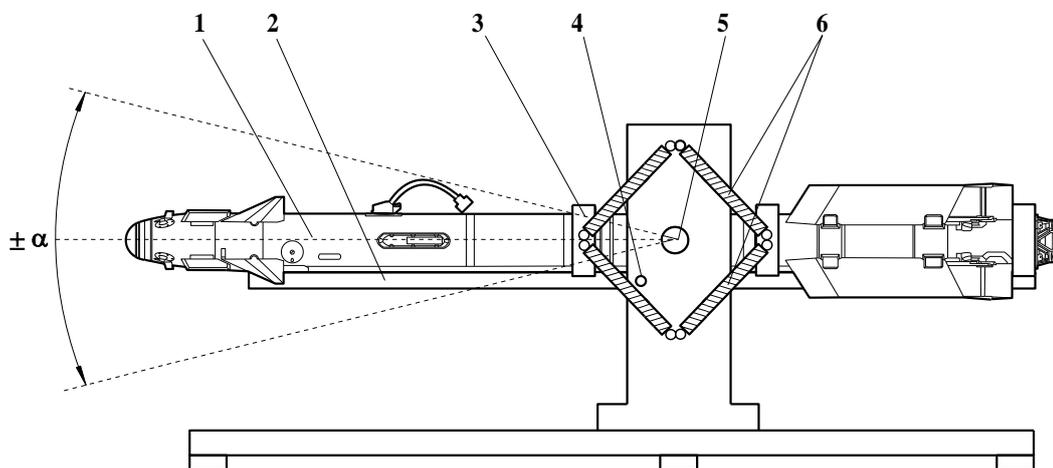


Рисунок 2 – СГК для функционального контроля СН УАР

1– УАР, 2 – качалка, 3 – кронштейн, 4 – электромеханический фиксатор, 5 – прецизионный сигнальный потенциометр, 6 – набор силовых пружин.

Для решения задачи функционального контроля СН УАР приняты следующие допущения. Известны составляющие вектора параметров системы «СГК–ракета»  $D_{\Pi}$ , определяющие характер колебательных движений корпуса ракеты–жесткость пружин, плечи крепления пружин к раме и качалке, масса качалки с кронштейнами, масса УАР, угол отклонения корпуса ракеты перед началом движения. Составляющие вектора параметров системы «СГК–ракета» в течении процесса колебаний неизменны.

Таким образом, задача функционального контроля СН УАР решается определением рассогласования  $\Delta(t)$  контролируемых сигналов  $Y(t)$  реальной СН и ее математической мо-

дели  $Y^*(t)$  (идеальной СН)  $\Delta(t)=Y(t)-Y^*(t)$ , и дальнейшей классификацией технического состояния СН и ее датчиков в заданных классах отказов, влияющих на качество функционирования ракеты в целом:

$$\Delta_{\min}^{\text{ДЛУ}}(Z, U) \leq \Delta^{\text{ДЛУ}}(t) \leq \Delta_{\max}^{\text{ДЛУ}}(Z, U), \quad (2)$$

$$\Delta_{\min}^{\text{ДУУ}}(Z, U) \leq \Delta^{\text{ДУУ}}(t) \leq \Delta_{\max}^{\text{ДУУ}}(Z, U), \quad (3)$$

где:  $Z$  – цели функционирования по назначению;

$U$  – начальные условия применения.

Используя известные кинематические соотношения и модели датчиков СУР [4] определяем инструментальные погрешности измерений датчиков ДЛУ и ДУУ, характеризующих их техническое состояние и качество функционирования контура СН УАР. При условии синхронизации по времени массивов измерений  $n_{\text{длу}1,2}(t)$  и результатов математического моделирования  $n_{\text{длу}1,2}^*(t)$ , а так же массивов  $\omega_{\text{иуу}1,2}(t)$  и  $\omega_{\text{иуу}1,2}^*(t)$ , имеем:

$$\Delta n_{\text{длу}1,2}(t) = n_{\text{длу}1,2}(t) - n_{\text{длу}1,2}^*(t), \quad (4)$$

$$\Delta \omega_{\text{иуу}1,2}(t) = \omega_{\text{иуу}1,2}(t) - \omega_{\text{иуу}1,2}^*(t). \quad (5)$$

Далее, проводится классификация технического состояния датчиков ДЛУ и ДУУ в заданных классах отказов (2-3) и принимается решение об управлении техническим состоянием ракеты.

### **Заключение**

В значительной мере инструментальные погрешности (4-5) обусловлены дрейфом коэффициентов передачи датчиков ДЛУ и ДУУ, которые штатными ССК в современной СТЭ не контролируются.

Таким образом, использование метода функционального контроля СН УАР класса «воздух-воздух» малой дальности и рассмотренного программно-аппаратного комплекса в современной СТЭ дает дополнительный точный инструмент, расширяющий круг наблюдаемых технических состояний подсистем УАР и позволяющий оперативно принимать гибкие решения о смене режимов эксплуатации УАР, а также обоснованно продлевать ресурс УАР.

## **Библиографический список**

1. Агеев А.Н., Захаров И.В. К вопросу диагностирования сложных технических систем: Методические материалы по проблемам эффективности вооружений, трансфера технологий двойного назначения, обеспечения экологической безопасности окружающей природной среды. Под ред. Л.И. Волкова и В.Л. Лукина. – М.: Российская инженерная академия. Секция «Инженерные проблемы стабильности и конверсии», – вып.6, – 1998, – С. 18–24.
2. Захаров И.В., Соколов О.В. Оценка методической достоверности контроля систем наведения авиационных управляемых ракет. – М.: Труды ГосНИИАС. Вопросы авионики. – Выпуск 1(8), – 2001, С. –34–39.
3. Жирабок А.Н., Шумский А.Е. Функциональное диагностирование нестационарных динамических систем. – М.: Автоматика и телемеханика. №11, – 1989, –146–154.
4. Захаров И.В., Минсафин В.С., Татаренко Д.С. Некоторые приложения методов функционального контроля для оценки технического состояния УАР класса «воздух-воздух» малой дальности. Моделирование авиационных систем. Сборник докладов. Том 1. – М.: ГНЦ РФ ФГУП ГосНИИАС, – 2011, – С. 537–544.

## **Сведения об авторах**

Обносков Борис Викторович, заведующий кафедрой Московского авиационного института (национального исследовательского университета), д.т.н.

МАИ, Волоколамское ш., 4, Москва, А-80, ГСП-3, 125993;

тел.: 8(499) 158-46-02; e-mail: [kaf701mai@mail.ru](mailto:kaf701mai@mail.ru)

Данеко Александр Иванович, заместитель заведующего кафедрой Московского авиационного института (национального исследовательского университета), доцент.

МАИ, Волоколамское ш., 4, Москва, А-80, ГСП-3, 125993;

тел.: 8(499) 158-46-02; e-mail: [kaf701mai@mail.ru](mailto:kaf701mai@mail.ru)

Захаров Илья Владимирович, доцент кафедры Московского авиационного института (национального исследовательского университета), к.т.н.

МАИ, Волоколамское ш., 4, Москва, А-80, ГСП-3, 125993;

тел.: 8(499) 158-57-56; e-mail: [il-ya-zakharov@yandex.ru](mailto:il-ya-zakharov@yandex.ru)

Трубников Антон Александрович, аспирант Московского авиационного института (национального исследовательского университета).

МАИ, Волоколамское ш., 4, Москва, А-80, ГСП-3, 125993;

тел.: 8(491) 222-80-64; e-mail: [a-trubnikov@inbox.ru](mailto:a-trubnikov@inbox.ru)

Решетников Дмитрий Александрович, аспирант Московского авиационного института (национального исследовательского университета).

МАИ, Волоколамское ш., 4, Москва, А-80, ГСП-3, 125993;

тел.: 8(491) 222-80-64; e-mail: [grapler@yandex.ru](mailto:grapler@yandex.ru)