

УДК 54.08

МРНТИ 50.43.15

Т. С.-Э. Лулаев bized1986@mail.ru

М. Жумабаев jumabaevm52@gmail.com

Военно-инженерный институт радиоэлектроники и связи,

г. Алматы, Республика Казахстан

Киргизский государственный технический университет им. И. Раззакова,

г. Бишкек, Кыргызская Республика

ХАРАКТЕРИСТИКИ СИСТЕМ КОНТРОЛЯ АППАРАТУРЫ УПРАВЛЕНИЯ ПОЛЕТОМ РАКЕТ-МИШЕНЕЙ

В статье приведены результаты исследования в рамках программно-целевого финансирования ИРН №АР261036/0224, основных характеристик систем контроля, которые определяют исправное состояние отдельных элементов аппаратуры управления полетом ракеты-мишени. Описываются объем и периодичность проведения регламентных проверок бортовой аппаратуры ракеты-мишени. Проанализирована степень автоматизации, число и квалификация обслуживающего персонала, условия работы обслуживающего персонала, а также безопасность при выполнении работ по замеру основных параметров бортовой аппаратуры.

Исследуемые характеристики, описываемые в статье, могут быть использованы в качестве дополнительного справочного материала к инструкции по устранению основных неисправностей в элементах аппаратуры управления полетом при проведении регламентных проверок ракет-мишеней, а также в целях предупреждения поломок контрольно-измерительной аппаратуры.

Ключевые слова: характеристика, ракета-мишень, бортовая аппаратура, система, контроль, эффективность, ошибка, неисправность, параметры, сигналы, испытание, регламентные проверки.

Введение

Высокая боевая готовность зенитных ракетных подразделений в значительной мере определяется исправным состоянием мишенной техники, предназначенной для тренировки личного состава по отражению ударов воздушного противника [1]. Исправность и постоянная готовность ракет-мишеней (РМ) к боевому применению поддерживается своевременным и качественным выполнением регламентных работ, составной частью которых являются регламентные проверки бортовой аппаратуры [2].

Основным содержанием регламентных проверок является:

- всесторонняя проверка технического состояния блоков бортовой аппаратуры и бортовой электросистемы РМ [3];
- устранение обнаруженных неисправностей [4];
- регулировка параметров бортовой аппаратуры, которые вышли за пределы установленных допусков;
- проверка технического состояния запасных блоков бортовой аппаратуры;
- заполнение установленной технической документации (журналов регламентных работ, формуляров и т.д.).

Методология исследования

Качество измерения и контроля бортовой аппаратуры РМ определяется различными характеристиками, из которых основными являются: эффективность, достоверность, объем и производительность контроля [5]. Однако в зависимости от задач, решаемых аппаратурой контроля на сегодняшний день, и условий эксплуатации эти характеристики не достаточны для качественного контроля измеряемых параметров элементов бортовой аппаратуры [6].

К основным качественным показателям могут быть отнесены и другие характеристики систем контроля, такие, как количество и квалификация обслуживающего персонала и степень автоматизации.

Результаты и обсуждение

Эффективность контроля есть мера целесообразности применения контроля, который позволяет улучшить априорные данные и, следовательно, уменьшить вероятность ошибочных решений при принятии мер к объекту. Разработано большое число критериев оценки эффективности сложных систем, которые позволяют количественно оценить различные системы контроля и сравнить их между собой. Например, в настоящее время для оценки автоматизированных систем контроля широкое распространение получил критерий *эффективности* [7]:

$$\mathcal{E} = \frac{P(t)}{C(t)},$$

где $P(t)$ – вероятность безотказной работы объекта контроля;

$C(t)$ – стоимость системы контроля.

Другой важнейшей характеристикой системы контроля является *достоверность* контроля как мера определенности принимаемых решений по результатам контроля. Достоверность контроля зависит от точности измерения параметров и от объема контроля. Различают методическую и инструментальную достоверность [8].

Методическая достоверность оценивается вероятностью исправного состояния неконтролируемой части оборудования объекта в момент окончания контроля $P_{д.м.}$. Она зависит от полноты объема контроля, который, естественно, должен охватывать наименее надежную часть оборудования.

Инструментальная достоверность оценивается вероятностью исправного состояния контролируемой части объекта в момент окончания контроля $P_{д.и.}$. Она зависит от точности измерения и числа повторений каждой проверки.

Тогда вероятность события A , состоящего в исправности объекта в момент окончания контроля $P(A)$, можно представить в виде произведения [9]:

$$P(A) = P_{д.м.} \cdot P_{д.и.}$$

Система контроля должна обеспечить достоверность контроля не ниже требуемой величины $P(A)_{\text{треб}}$:

$$P(A) \geq P(A)_{\text{треб}}$$

Контрольно-испытательная аппаратура дает потерю информации в процессе контроля, которая обуславливает два вида ошибок: ложные отказы и необнаруженные отказы. Они обозначаются буквами α и β [10].

Ошибка α заключается в том, что принимается ошибочное решение о назначении ремонта, отстранении от использования и проведении других действий.

Ошибка β состоит в том, что ошибочно объект не ремонтируется, а используется по назначению и т. д. Ошибки α и β обусловлены конечной точностью реальной аппаратуры. Обе ошибки оцениваются соответствующими вероятностями и называются ошибками первого и второго рода, или риском изготовителя и риском заказчика, или ложной тревогой и пропуском цели и т. п.

Достоверность контроля представляется монотонно возрастающей функцией числа контролируемых параметров, поэтому увеличение объема контроля приводит к повышению достоверности, которая асимптотически стремится к единице.

Объем проверяемых параметров составляется с учетом их значимости. Значимость параметров оценивается по влиянию параметра на показатель качества, надежности и разбросу его характеристик. Объем контроля определяет структуру, состав аппаратуры системы контроля и ее стоимость.

Одной из важнейших характеристик системы контроля является *производительность*, под которой понимается количество объектов, проверенных в единицу времени [11]. Производительность оценивается средним временем контроля одного объекта, которое также называют *быстродействием* системы контроля. Быстродействие в основном определяется временем, которое расходуется на включение аппаратуры при проверках, настройку измерительных схем, измерение, обработку и регистрацию результатов контроля, выполнение вспомогательных операций по подготовке объекта и аппаратуры контроля. Повышение производительности контроля достигается его автоматизацией, применением параллельного контроля вместо последовательного, а также уменьшением времени контроля каждого параметра путем повышения скорости измерения и применением улучшенных методик и способов контроля.

Эксплуатационно-техническое совершенство системы контроля характеризуется коэффициентом технического совершенства [12]:

$$K_c = \frac{m_{осн}}{m_{осн} + m_{всп}}$$

где $m_{осн}$ – математическое ожидание основного (измерительного) времени контроля;

$m_{всп}$ – математическое ожидание вспомогательного времени контроля (стыковка и расстыковка объекта с КИА).

С производительностью систем контроля связана и *периодичность* проверок, которая определяется временем готовности объекта к применению после контроля, интенсивностью отказов в рабочем и нерабочем состоянии, а также при его включении и выключении, стоимостью системы контроля, ресурсом работы объекта, условиями работы и видами хранения объекта.

Следует заметить, что частые включения объектов на контроль, сопровождающиеся переходными процессами (тепловыми, электрическими) в них, приводят к увеличению интенсивности отказов в оборудовании объектов [13].

Степень автоматизации, число и квалификация обслуживающего персонала, условия работы обслуживающего персонала, а также безопасность определяются требованиями к автоматизированным системам контроля (АСК) по быстродействию, достоверности контроля и его объемом [14]. Не всегда требуется полная автоматизация процессов контроля. С одной стороны, успехи техники дают возможность передать ряд весьма сложных функций оператора машине. С другой стороны, чем больше включается машин в процесс контроля и чем больше расширяется круг задач, решаемых ими, тем больше необходимость интегрировать их работу. А это значит, что относительная роль оператора в АСК возрастает. Даже в технически сложных современных АСК человек остается все же самым важным организующим и пока самым надежным звеном.

Количество и характер зондирующих сигналов зависят от особенностей структуры и работы системы объекта контроля и необходимости имитации внешних условий [15].

Оптимальным зондирующим сигналом считают сигнал такой формы, при котором система контроля получает наибольшую информацию о значениях параметров объекта.

В существующих АСК сложных объектов испытательные сигналы представляют постоянные напряжения и токи, синусоидальные напряжения низкой и высокой частот, импульсные напряжения. Кроме того, для имитации движения объекта при его использовании применяют моментные датчики и поворотные стенды, вращающие объект относительно продольной и поперечных осей. Для формирования электрических сигналов в АСК используются различные устройства, которые называют *генераторами испытательных и эталонных сигналов* [16].

Испытательные и эталонные сигналы в виде постоянных напряжений формируются с помощью делителей напряжения. Эти делители, как правило, питаются от стабилизированного источника постоянного тока [17].

В качестве генераторов импульсного напряжения в АСК применяются электромеханические генераторы импульсов. Такие генераторы представляют собой электродвигатель постоянного тока с редуктором и контактно-кулачковым механизмом.

Контактно-кулачковый механизм формирует импульсы напряжения различной частоты следования от единиц до десятков герц. Генераторы высокой частоты создаются для контроля высокочастотных систем объекта. Их конструкция определяется диапазоном частоты, требованием к ее стабильности и мощности. Внешние условия работы объекта имитируются подачей сигналов постоянного напряжения и тока, а также вращением объекта контроля относительно осей связанной системы координат [18].

Количество и характер наблюдаемых сигналов, а также форма представления результатов контроля определяются структурой систем объекта, объемом контроля и мерами, принимаемыми по его результатам. Реакция объекта на зондирующие сигналы наблюдается с помощью устройства индикации и регистрации. Они являются инструментом оператора, с помощью которого он «видит» объект, его поведение в процессе контроля, состояние в данный момент, место появления неисправности и т.п. Использование устройств регистрации разгружает оператора от чрезмерного потока поступающей информации при контроле. Кроме отображения конечных результатов контроля, устройство индикации фиксирует некоторые промежуточные, наиболее важные результаты контроля.

Устройства регистрации, которые детально оценивают и длительно хранят результаты контроля объектов, способствуют сокращению времени для определения места и вида неисправности, сбору статистического материала по эксплуатации объекта и АСК в целях проведения научных исследований по совершенствованию и разработке новых объектов и систем, а также прогнозирования состояния объекта и АСК в будущем. Кроме того, наличие устройства регистрации в АСК повышает ответственность обслуживающего персонала за эксплуатацию объектов контроля.

Зрительная информация поступает к оператору с разнообразных устройств отображения типа экранов, табло, шкальных приборов, электронно-лучевых трубок, сигнальных ламп и т. п.

В АСК наиболее широкое распространение получили шкальные, цифровые и световые индикаторы [19]. В качестве шкальных индикаторов используются измерительные приборы с полукруглой неподвижной шкалой и вращающейся стрелкой. Направление вращения стрелки выбирается так, чтобы при увеличении измеряемого параметра стрелка прибора вращалась по часовой стрелке. На шкалах приборов наносятся цветные метки, указывающие предельные и опасные значения.

В качестве органов выдачи команд в АСК используют различного рода ключи, кнопки, переключатели, средства связи. Надписи располагаются в непосредственной близости с органами управления или контроля. Положения ВКЛЮЧЕНО, ПУСК, УВЕЛИЧЕНИЕ и т. п. соответствуют перемещению рукоятки вверх (от себя или вправо), повороту ручек по часовой стрелке, а при кнопочном управлении – нажатию верхних или правых кнопок.

Источники питания предназначены для обеспечения АСК необходимым видом энергии. Снабжение электрической энергией производится от внешней сети или от придаваемой стационарной (передвижной) электростанции [20]. В некоторых случаях источники питания должны обеспечить энергией как АСК, так и объект контроля. В связи с этим источники питания имеют в своем составе преобразователи напряжения и тока, регуляторы и стабилизаторы напряжений, выпрямители и т. п.

Выводы

Результаты исследования основных характеристик систем контроля параметров отдельных элементов аппаратуры управления полетом ракеты-мишени показали, что такие характеристики, как степень автоматизации, число и квалификация обслуживающего

персонала, условия работы обслуживающего персонала, а также безопасность при выполнении работ, являются одними из основных качественных показателей боеготовности зенитных ракетных подразделений .

Список литературы

1. Анализ конструктивных особенностей и боевых возможностей различных модификаций ЗРК типа С-75 – Тверь: 2ЦНИИ МО РФ, 2003. – 261 с.
2. Курмансеитов К.Е., Лулаев Т.С-Э. Внедрение новых идей и решений по применению ракет второго поколения в ракеты-мишени // КазУТЗУ Хабаршысы (Вестник КазНИТУ) НУО – 2020. – № 6(142). – С. 797 – 800.
3. Устройство и эксплуатация ракет и бортового радиоэлектронного оборудования ЗРК С-75, С-125, С-200. – М.: Воениздат, 1980. – 484 с.
4. Лулаев Т.С-Э., Амангельды М. Основные неисправности аппаратуры управления полетом ракет, причины их возникновения и способы устранения // Научные труды ВИИРЭиС – 2020. – № 3 (41). – С. 64 – 68.
5. Ракетная техника ЗРВ/ Учебное пособие. Книга 12. Аппаратура радиоуправления и визирования. – М.: Воениздат, 1963. – 203 с.
6. Основные характеристики систем контроля. – URL: <http://ozlib.com/index-1094738.html>. (дата обращения 22.02.2025).
7. Критерии эффективности. – URL: <https://fireman.club/inseklodepia/kriteriy-effektivnosti>. (дата обращения 16.02.2025).
8. Контрольно - испытательная передвижная станция КИПС-В2-75М. Техническое описание. Общее описание КИПС-В2-75М. – М.: Воениздат, 1976. – 176 с.
9. Характеристики контроля. – URL: https://vuzlit.com/1858853/harakteristik_i_kontrolya. (дата обращения 22.02.2025).
10. Вероятность необнаруженного отказа. – URL: <https://spravochnick.ru/definitions/6>. (дата обращения 16.02.2025).
11. Характеристика контура управления ракет ЗРК С-75 (исх.№ 1/684571 от 24.09.1969 г.) – 58 с.
12. Курмансеитов К.Е., Меербек М.Н., Даутов К.С. Производственный аутсорсинг как один из путей решения проблемной задачи ракетно-технического обеспечения войск противовоздушной обороны по продлению сроков эксплуатации зенитных управляемых ракет // Хабаршысы (Вестник) НУО – 2021. – № 1. – С. 84–89.
13. Передвижная контрольная установка ПКУ 5М68. Техническое описание и инструкция по эксплуатации. Книга 2. Контрольно-измерительная аппаратура. 5М59 ТГ1.400.001 ТО.– М.: Воениздат, 1976. – 142 с.
14. Автоматизация технологических процессов. Системы автоматического контроля <http://spravochnic.ru.html>. (Дата обращения 24.02.2025).
15. Теоретические основы радиолокации. Под редакцией профессора Ширмана Я.Д. Учебное пособие для вузов. – М.: Изд-во «Советское радио», 1970 – 560 с.
16. Техническое описание. Т.4. Аппаратная кабина. Часть 2. Устройство выработки команд управления. Воениздат. – М., 1983. – 88 с.
17. Основы построения и эксплуатации контрольно-испытательной передвижной станции КИПС-5К21. Воениздат. – М.: Воениздат, 1981. – 107 с.
18. Марковский В. Ю., Перов К.С. Советские авиационные ракеты «воздух-земля». – М.: Экспринт, 2005. – 46 с.
19. Лулаев Т.С-Э., Каби А.М. Цифровая схема измерения уровня мощности сигналов ответа ЗУР 5Я23 аппаратуры КФР-15В2 // Научные труды ВИИРЭиС – 2023. – №1 (51). – С. 14–20.
20. Система автономного электроснабжения САЭС УНВ-2ТМ. Руководство по эксплуатации. – Минск: Тетраэдр, 2018. – 198 с.