

УДК 623.4.017

Б.Н. Ланецкий, В.В. Лукьянчук, В.В. Кобзев

Харьковский университет Воздушных Сил им. И. Кожедуба, Харьков

**КОМПЛЕКСНАЯ МЕТОДИКА КОНТРОЛЯ И ОЦЕНКИ ПОКАЗАТЕЛЕЙ НАДЕЖНОСТИ
РАДИОЭЛЕКТРОННЫХ КОМПЛЕКСОВ ДЛЯ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ ПРОДЛЕНИЯ
НАЗНАЧЕННЫХ СРОКОВ СЛУЖБЫ (РЕСУРСОВ).
ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ**

Разрабатываются общие положения комплексной методики контроля и оценки показателей надежности эксплуатируемых радиоэлектронных комплексов для решения задач продления их назначенных сроков службы (ресурсов). Комплексная методика контроля и оценки показателей надежности предполагает взаимосвязанное решение задач контроля и оценки показателей безотказности радиоэлектронных комплексов и последующей оценки их показателей остаточного срока службы (ресурса).

Ключевые слова: *контроль показателей надежности, оценка показателей надежности.*

Введение

Постановка проблемы. До настоящего времени задача продления назначенных сроков службы (ресурсов) радиоэлектронных комплексов (РЭК) решалась применительно к регламентированной стратегии технической эксплуатации и ремонта. При этом ремонт РЭК должен проводиться по достижению этими изделиями назначенного срока службы

(ресурса) независимо от их фактического технического состояния и уровня надежности.

Значительное снижение затрат на техническую эксплуатацию и ремонт РЭК может быть достигнуто путем перехода к стратегии технической эксплуатации по состоянию, т.е. путем индивидуального решения задачи продления назначенных сроков службы (ресурсов) конкретных РЭК с учетом их фактического технического состояния и надежности.

Индивидуальное решение задачи продления назначенных сроков службы (ресурсов) РЭК предполагает решение задач контроля и оценки их показателей надежности (ПН). К таким ПН относятся:

– показатели безотказности (ПБ), результаты контроля которых используются при принятии решений о предельном (непредельном) состоянии объектов;

– показатели остаточного срока службы (ресурса), по величине которых принимается решение о возможности (целесообразности) индивидуального продления назначенных сроков службы (ресурсов) объектов.

Индивидуальное решение задачи продления назначенных сроков службы (ресурсов) РЭК предполагает:

– проведение контроля предельного состояния РЭК на местах эксплуатации;

– оценивание показателей остаточного срока службы (ресурса) РЭК, находящихся в непредельном состоянии, с учетом конкретных режимов и условий их эксплуатации;

– принятие решения о дальнейшей эксплуатации, ремонте или списании и др.

Характерной особенностью контролей ПБ РЭК при решении задач продления назначенных сроков службы (ресурсов) является то, что в случае положительного результата – “объект в непредельном состоянии” – необходима количественная оценка показателя безотказности с заданной точностью для последующего уточнения момента проведения контроля предельного состояния.

На организацию и проведение отдельных испытаний РЭК на безотказность и на долговечность требуются значительные суммарные затраты. При этом необходимо учитывать априорную информацию о величинах показателей надежности: наличие ограничений к величине расходуемого на проведение испытаний ресурса, а так же трудность выделения нескольких однотипных однородных образцов РЭК в качестве объектов испытаний на долговечность вследствие различий в их “возрастах”, режимах и условиях предшествующей эксплуатации.

Все это обуславливает актуальность и целесообразность взаимосвязанного решения задач контроля и оценки ПБ РЭК и последующей оценки их показателей остаточного срока службы (ресурса), т.е. необходимость разработки комплексной методики контроля и оценки ПН РЭК для решения задач продления назначенных показателей.

Анализ литературы. В научно-технической литературе известны параметрические и непараметрические методы оценки остаточного срока службы (ресурса). Параметрические методы [1, 2] применяют в предположении, что вид функции распределения наработки (продолжительности эксплуатации) объектов до ресурсного отказа (предельного состояния) известен заранее, а ее параметры устанавливаются по достаточно большому объему результатов эксплуатации однородных объектов. Непараметри-

ческие методы применяют в предположении неизвестного вида функции распределения этой наработки, однако для обеспечения приемлемой точности и достоверности оценок показателей долговечности объем эксплуатационных наблюдений однородных объектов должен быть еще больше. Следует заметить, что функция распределения среднего срока службы (наработки до ресурсного отказа) является характеристикой надежности парка изделий и не может быть эффективно использована при индивидуальном решении задач продления назначенных сроков службы (ресурсов).

Кроме того, известные методы [1 – 4] оценки показателей долговечности, характеризуются следующими недостатками. Методы разработаны, как правило, применительно к регламентированным стратегиям эксплуатации и планового ремонта РЭК и применяются для парка однотипных РЭК.

Методы недостаточно полно учитывают индивидуальные особенности условий и режимов эксплуатации конкретных РЭК и особенности РЭК как объектов испытаний на надежность и объектов продления назначенных сроков службы (ресурсов).

В [5] предложены методы индивидуального прогнозирования технического состояния и последующей оценки показателей безотказности редко контролируемых технических изделий с учетом режимов и условий их эксплуатации, обладающие следующими особенностями: большая выборка редко контролируемых изделий; невозможность локализации моментов возникновения отказов.

Известные методы контроля безотказности [4, 5], характеризуются следующими недостатками, затрудняющие их эффективное использование для индивидуального решения задач продления назначенных сроков службы (ресурсов) РЭК:

Использование методов с заранее фиксированным объемом выборки при испытаниях РЭК на безотказность нецелесообразно, поскольку не предусматривается корректировка объемов испытаний в процессе их проведения в зависимости от промежуточных результатов.

Известные процедуры планирования последовательных контрольных испытаний и их модификации рассмотрены, как правило, для контроля надежности по двум уровням, не учитывают априорную информацию о величине контролируемого показателя надежности и не предусматривают, в случае положительного результата контроля, его последующую оценку с заданной точностью.

Таким образом, применение известных методов контроля и оценки показателей надежности при индивидуальном решении задач продления назначенных сроков службы (ресурсов) радиоэлектронных комплексов не эффективно.

Цель статьи. Разработка общих положений комплексной методики контроля и оценки ПН эксплуатируемых РЭК для решения задач продления их назначенных сроков службы (ресурсов).

Основная часть

Индивидуальное решение задач продления назначенных сроков службы (ресурсов) РЭК целесообразно реализовывать в рамках Программы работ по продлению назначенных сроков службы (ресурсов) с проведением подконтрольной эксплуатации и контролей предельного состояния.

В комплексной методике контроля и оценки ПН РЭК необходимо предусмотреть решение следующей совокупности частных задач:

- уточнение номенклатуры нормируемых показателей надежности, подлежащих проверке на соответствие установленным требованиям при подконтрольной эксплуатации и при проведении контролей предельного состояния с целью принятия решения о предельном (непредельном) состоянии РЭК;

- обоснование требований к величинам нормируемых ПН РЭК и качеству результатов эксплуатационных наблюдений и испытаний на надежность;

- планирование и проведение испытаний РЭК на безотказность с принятием решения о соответствии (несоответствии) контролируемых показателей безотказности установленным требованиям;

- оценивание показателей остаточного срока службы (ресурса) РЭК по результатам подконтрольной эксплуатации и испытаний на надежность;

- принятие решений о дальнейшей эксплуатации РЭК с продлением назначенных сроков службы (ресурсов) или о прекращении их эксплуатации и целесообразности проведения ремонта установленного вида.

Вышеперечисленную совокупность задач необходимо решать в определенной последовательности и взаимосвязано. Так, проведению контроля ПБ РЭК должно предшествовать планирование соответствующих испытаний с предварительным обоснованием плана испытаний. Контроль ПБ необходимо проводить в процессе подконтрольной эксплуатации и контролей предельного состояния. При этом, в случае принятия решения о соответствии ПБ установленным требованиям, целесообразно дополнительно оценивать величины этих показателей. В последующем по совокупности накопленных статистических данных об отказах РЭК и оценок ПБ необходимо прогнозировать безотказность и оценивать показатели остаточного срока службы (ресурса) РЭК, что, в свою очередь должно быть учтено при обосновании параметров планов испытаний на безотказность, проводимых при контроле предельного состояния. Поскольку результаты подконтрольной эксплуатации и испытаний на безотказность должны в последующем совместно обрабатываться, то методы контроля и оценки показателей безотказности, и соответствующие планы испытаний должны быть взаимосогласованными.

В соответствии с вышеизложенным решение задач контроля и оценки ПН РЭК для продления их назначенных сроков службы (ресурсов) предлагается реализовывать путем разработки соответствующей комплексной методики, в состав которой входят следующие частные методики:

- методика обоснования исходных характеристик для планирования испытаний РЭК на надежность;

- методика планирования испытаний РЭК на безотказность;

- методика расчетно-экспериментальной оценки показателей остаточного ресурса (срока службы) РЭК с использованием результатов подконтрольной эксплуатации и испытаний на надежность.

В комплексной методике контроля и оценки ПН РЭК, ее частных методиках и моделях испытаний приняты следующие допущения:

- изменением величины контролируемых (оцениваемых) ПБ за фиксированную продолжительность интервала эксплуатации или испытаний на безотказность можно пренебречь, поскольку эта продолжительность несоизмеримо мала по сравнению с величиной назначенного срока службы (ресурса) объекта испытаний. При этом восстановления безотказности РЭК после отказов предполагаются минимальными, т.е. безотказность РЭК в результате восстановления работоспособности при испытаниях (или за интервал эксплуатации фиксированной продолжительности) практически не изменяется;

- на совокупности интервалов эксплуатации фиксированной продолжительности и испытаний на безотказность, предусмотренных Программой работ по продлению назначенных сроков службы (ресурсов), величины контролируемых (оцениваемых) показателей безотказности могут существенно изменяться, причем характер этого изменения заранее неизвестен и должен устанавливаться в виде моделей их изменения в зависимости от продолжительности эксплуатации и других факторов по накопленным значениям оценок показателей безотказности.

Комплексная методика основана на следующих основных положениях:

- при решении задач продления назначенных сроков службы (ресурсов) имеются (или могут быть вычислены) количественные оценки ПБ РЭК, соответствующие различным интервалам эксплуатации фиксированной продолжительности;

- к началу решения задач продления назначенных сроков службы (ресурсов) уточнена типовая циклограмма эксплуатации РЭК по результатам их эксплуатации в течение первоначально установленного назначенного срока службы (ресурса). При этом может потребоваться уточнение номенклатуры нормируемых ПН РЭК, установленных в технических условиях на изготовление новых изделий;

- надежность новых РЭК, а, следовательно, и требования к их показателем надежности, закладываются (устанавливаются) разработчиком с “запасом”, который должен обеспечивать эффективность использования РЭК по назначению не ниже заданной в пределах первоначально установленного назначенного срока службы (ресурса). Для РЭК, эксплуатируемых на интервалах продления назначенных сроков службы (ресурсов), требования к пока-

зателям надежности должны быть уточнены с учетом новых факторов;

– испытания РЭК на безотказность проводятся для подтверждения соответствия ПБ объектов испытаний установленным требованиям в условиях, соответствующим реальным режимам эксплуатации. При этом режимы функционирования (продолжительности пребывания во включенном состоянии, периодичности включений и др.) изделий должны удовлетворять требованиям эксплуатационной документации, а интенсивность эксплуатации при испытаниях на безотказность может быть выше, чем при их штатной эксплуатации;

– режимы функционирования РЭК в процессе подконтрольной эксплуатации соответствуют режимам функционирования при штатной эксплуатации изделий. При этом результаты подконтрольной эксплуатации рассматриваются как результаты пассивного эксперимента;

– контроль и оценка ПБ проводятся по результатам эксплуатации за соответствующие интервалы фиксированной продолжительности и результатам специальных испытаний с учетом априорной информации, накопленной за предшествующий испытаниям интервал эксплуатации;

– оценка показателей остаточного ресурса (срока службы) проводится по результатам совместной обработки результатов эксплуатации и испытаний на надежность на исследуемых интервалах эксплуатации;

– каждый из выделенных выше основных этапов комплексной методики контроля и оценки ПН РЭК требует решения определенной совокупности задачи и, следовательно, разработки соответствующих методик;

– необходимо обеспечить определенную последовательность и взаимосвязь решения совокупности задач контроля и оценки показателей надежности, что приводит к необходимости адаптивного решения конкретных задач в зависимости от накопленной информации, используемой в качестве исходных данных.

Исходной информацией, которая используется

при решении вышеизложенных задач, являются накопленные результаты эксплуатационных наблюдений и результаты испытаний на надежность, организуемых при контролях предельного состояния.

Выводы

Таким образом, сформулированы основные положения комплексной методики контроля и оценки показателей надежности эксплуатируемых радиоэлектронных комплексов, обеспечивающей взаимосвязанное решение задач контроля и оценки показателей безотказности эксплуатируемых радиоэлектронных комплексов и последующей оценки показателей долговечности для эффективного решения задач продления назначенных показателей остаточного срока службы (ресурса).

Список литературы

1. *Вопросы математической теории надежности* / Е.Ю. Барзилович, Ю.К. Беляев, В.А. Каишанов и др.; Под ред. Б.В. Гнеденко. – М.: Радио и связь, 1983. – 376 с.
2. *Надежность и эффективность в технике: Справочник. В 10 т.* / Ред. совет: В.С. Авдеевский (пред.) и др. – М.: Машиностроение, 1989. – Т. 6: *Экспериментальная обработка и испытания.* – 376 с.
3. *Зубарев В.В., Ковтуненко А.П., Раскин Л.Г. Математические методы оценки и прогнозирования технических показателей эксплуатационных свойств радиоэлектронных систем.* – К.: Книжкове видавництво НАУ, 2005. – 184 с.
4. *Гаскаров Д.В., Голинкевич Т.А., Мозгалецкий А.В. Прогнозирование технического состояния и надежности радиоэлектронной аппаратуры.* – М.: Сов. радио, 1974. – 224 с.
5. *Раскин Л.Г. Математические методы исследования операций и анализа сложных систем вооружения ПВО. Математическое моделирование функционирования сложных систем.* – Х.: ВИРТА ПВО, 1988. – 178 с.

Поступила в редколлегию 14.07.2008

Рецензент: д-р техн. наук, проф. Б.А. Демидов, Харьковский университет Воздушных Сил им. И. Кожедуба, Харьков.

КОМПЛЕКСНА МЕТОДИКА КОНТРОЛЮ ТА ОЦІНКИ ПОКАЗНИКІВ НАДІЙНОСТІ РАДІОЕЛЕКТРОННИХ КОМПЛЕКСІВ. ЗАГАЛЬНІ ПОЛОЖЕННЯ

Б.М. Ланецький, В.В. Лук'янчук, В.В. Кобзєв

Розробляються загальні положення комплексної методики контролю та оцінки показників надійності радіоелектронних комплексів для вирішення задач продовження їх призначених термінів служби (ресурсів). Комплексна методика контролю та оцінки показників надійності передбачає взаємопов'язане вирішення задач контролю та оцінки показників безвідмовності радіоелектронних комплексів та подальшою оцінкою їх показників остатнього терміну служби (ресурсу).

Ключеві слова: контроль показників надійності, оцінка показників надійності.

THE COMPLEX METHODS OF THE CHECKING AND ESTIMATIONS OF THE FACTORS TO RELIABILITY RADIO ELECTRONICS COMPLEX. GENERAL PROVISIONS

B.N. Lanetskij, V.V. Lukjanchuk, V.V. Kobzev

They Are Developed general provisions of the complex methods of the checking and estimations of the factors to reliability exploited radio electronics complex for decision of the problems of the extension their fixed lifetime (the resource). Complex methods of the checking and estimations of the factors to reliability expects interconnected decision of the problems of the checking and estimations of the factors faultlessness radio electronics complex and following estimation of their factors remaining lifetime (resource).

Keywords: checking the factors to reliability, estimation of the factors to reliability.