



МЕЖДУНАРОДНЫЙ КОНГРЕСС ЭРА-ГЛОНАСС

«СОВРЕМЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ
ДЛЯ ОБЕСПЕЧЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ
И КОМФОРТА НА ДОРОГАХ»



Ключевые темы Конгресса:

- ЭРА-ГЛОНАСС – новый этап развития проекта
- Навигационно-информационные услуги в каждый автомобиль
- Безопасность и эффективность на основе новых технологий – объединяя страны и транспортные потоки
- Нормативное обеспечение функционирования и развития «ЭРА-ГЛОНАСС»
- Роли и задачи государства и бизнеса в развитии и внедрении новых навигационных и информационных технологий на автомобильном транспорте (технологии V2X, беспилотные транспортные средства)
- Навигация повышенной точности и надежности на автомобильном транспорте: новые требования и новые технические возможности
- Новые технологии в сфере персональных пассажирских перевозок

1 ОКТЯБРЯ 2015

Москва, ЦМТ
(Центр Международной Торговли)

В конгрессе примут участие

Представители
федеральных органов
исполнительной власти
и органов власти
субъектов Российской
Федерации

Представители
Республики Беларусь,
Республики Казахстан,
Китайской народной
республики, Европейского
Союза

Российские
и мировые
автопроизводители

Ведущие разработчики
и производители
автомобильного
оборудования

Операторы связи
и сервис-провайдеры
информационно-
навигационных и
телекоммуникационных услуг

Российские и
зарубежные
эксперты

Организатор

+7 (495) 641 57 17



Некоммерческое
партнерство

“ГЛОНАСС”
Федеральный сетевой оператор

office@proconf.ru | www.congress-era-glonass.ru

Журнал включен в перечень периодических научных изданий, рекомендуемый ВАК Минобрнауки России для публикации научных работ, отражающих основное научное содержание кандидатских и докторских диссертаций.

Учредитель

ООО "Издательский дом Медиа Паблишер"

Главный редактор

Тихвинский Валерий Олегович

Издатель

Дымкова Светлана Сергеевна

ds@media-publisher.ru

Редакционная коллегия

Аджемов Артём Сергеевич

(д.т.н., профессор, ректор МТУСИ), Россия

Алексеев Евгений Борисович

(д.т.н., профессор, МТУСИ), Россия

Бугаев Александр Степанович

(академик РАН), Россия

Вааль Альберт

(д.т.н., старший научный сотрудник Ганноверского университета им. Лейбница на кафедре коммуникационной техники), Германия

Головачев Юлиус

(управляющий консультант
Detecon International GmbH), Германия

Дулкейтс Эрик

(д.т.н., старший исполнительный директор
корпорации Detecon), Силиконовая долина, США

Зубарев Юрий Борисович

(д.т.н., член-корреспондент РАН, заслуженный деятель
науки РФ, зам. председателя экспертного совета
ВАК по электронике, радиотехнике и связи), Россия

Кирхгесснер Юрий

(д.т.н., Директор IncotologyLtd.), Великобритания

Корбетт Ровэлл

(д.т.н., директор по исследованиям в научно-
исследовательском центре China Mobile Research
Institute, профессор университета Назарбаева),
Гон-Конг (Китай), США

Кузовкова Татьяна Алексеевна

(д.э.н., декан экономического факультета МТУСИ), Россия

Кюркчан Александр Гаврилович

(д.ф.м.н., профессор ФГОБУ ВПО МТУСИ), Россия

Сеилов Шахмаран Журсинбекович

(д.э.н., Президент Казахской академии
инфокоммуникаций), Казахстан

Сысоев Николай Николаевич

(д.ф.м.н., декан физического факультета МГУ
им. М.В. Ломоносова), Россия

Шарп Майкл

(д.э.н., вице-президент европейского института
стандартизации – ETSI), Великобритания

СОДЕРЖАНИЕ

СВЯЗЬ

Ворожцов А.С., Тутова Н.В., Тутов А.В.
Методика оптимального распределения
виртуальных серверов в центрах
обработки данных 5

Елисеев С.Н.
Трансляция мультимедиа контента
в зоне вещания с многонациональным
населением 11

Нетес В.А.
Что нужно для успешного применения SLA 16

Шубин Д.Н., Шинаков Ю.С.
Объектоориентированный подход к
разработке математических моделей
семейств псевдослучайных
последовательностей 21

Степанов М.С.
Определение и свойства входных
параметров обобщенной модели
контактцентра 25

Сулейманов А.А.
Качество облачных услуг типа
"Виртуальный рабочий стол" 31

ЭЛЕКТРОНИКА. РАДИОТЕХНИКА

**Карапузов М.А., Полесский С.Н.,
Иванов И.А., Королев П.С.**
Оценка показателей долговечности
радиоэлектронных устройств 36

Смирнов Е.В.
Исследование информационного канала
взаимодействия произвольных приемных
антенн 41

Чебышев В.В., Ястребцова О.И.
Свойства микрополоскового вибратора
в многослойной среде из метаматериалов 47

МАТЕМАТИКА

Баталов А.Э., Синева И.С.
Алгоритмы генетического кодирования
при различных конфигурациях
пространства источника 53

Ефимушкина Т.В.
Многофазная смо в дискретном времени
с распределяемым между фазами
множеством приборов 60

Евельсон Р.Л.
Дифракция плоской волны на
бесконечном идеально проводящем
большом выпуклом цилиндре
в квазиволновом приближении 69

Фенчук М.М., Синева И.С.
Оптимизация алгоритма генетического
кодирования для пространств
произвольных размерностей 74

Геворкян Э.А.
Поля переходного излучения заряженной
частицы в волноводе 80

ЭКОНОМИКА

Гришанова Е.М., Антипов А.А.
Проблемы оказания услуг в рамках
электронного правительства 84

ИСТОРИЯ СВЯЗИ

Быховский М.А.
Роль электросвязи в развитии и
просвещении общества 89

ПУБЛИКАЦИИ НА АНГЛИЙСКОМ ЯЗЫКЕ

Лялина М.П.
Надежность канала связи 94

Фриск В.В.
Передача речи по однопроводной линии 97

CONTENT

COMMUNICATIONS

Vorozhtsov A.S., Tutova N.V., Tutov A.V.
The technique of optimal virtual server placement in data centers 5

Eliseev S.N.
Translation multimedia content in coverage area with multilingual population 11

Netes V.A.
What is necessary for successful application of SLA 16

Shubin D.N., Shinakov Yu.S.
Objectoriented approach to development of mathematical models of pseudorandom sequences families 21

Stepanov M.S.
The definition and features of generalized contactcenter model parameters 25

Sulyemanov A.A.
Quality of cloud services such as "Virtual Desktop Infrastructure" 31

ELECTRONICS. RADIO ENGINEERING

Karapuzov M.A., Polesskiy S.N., Ivanov I.A., Korolev P.S.
Estimation of durability indices of electronic devices 36

Smimov E.V.
Study information channel of interaction of arbitrary receiving antenna 41

Chebychev V.V., Yastrebtsova O.I.
Calculation of microstrip vibrator in multilayer substrate with metamaterials 47

MATHEMATICS

Batalov A.E., Sineva I.S.
Genetic coding algorithms for various configurations of source spaces 53

Efimushkina T.V.
New tandem queue with servers distributed among the phases 60

Evelson R.L.
The diffraction of a plane wave on an infinite ideal conducting large convex cylinder in a quasiwave approximation 69

Fenchuk M.M., Sineva I.S.
Genetic algorithm optimization for space of arbitrary dimension 74

Gevorkyan E.A.
The transition radiation fields of charged particle in a waveguide 80

ECONOMY

Grishanova E.M., Antipov A.A.
Problems of service delivery through government 84

HISTORY OF COMMUNICATIONS

Byhovskiy M.A.
The role of telecommunications in the development and education of society 89

PUBLICATIONS IN ENGLISH

Lyalina M.P.
The reliability of the communication channel 94

Frisk V.V.
Speech transmission on a singlewire line 97

T•C o m m

Telecommunications and transport

Volum 9. №7-2015

The journal is included in the list of scientific publications, recommended Higher Attestation Commission Russian Ministry of Education for the publication of scientific works, which reflect the basic scientific content of candidate and doctoral theses.

Founder
"Media Publisher", Ltd.

Publisher
Dymkova Svetlana Sergeevna
ds@media-publisher.ru

Editor in Chief
Dr. Valery Tikhvinskiy

Editorial board

Adzhemov Artem S.
Professor, Rector MTUCI, Russia

Alekseev Evgeny B.
Full Professor, MTUCI, Russia

Bugaev Alexander S.
Academician of the RAS, Russia

Corbett Rowell
Full Professor: Electronic & Electrical Engineering Nazarbayev University, Hong Kong (China), USA

Golovachyov Julius
Managing Consultant Detecon International GmbH, Germany

Dulkeys Eric
Ph.D., chief executive officer of the corporation Detecon, USA

Kirhgessner Yuri
Ph.D., Director IncatelogLtd., United Kingdom

Kuzovkova Tatyana A.
PhD, Dean of the Faculty of Economics MTUCI, Russia

Kyurkchan Alexander G.
Doctor of sciences, Professor MTUCI, Russia

Seilov Shakhmaran Zh.
PhD, President of the Kazakh Academy of Infocomm, Kazakhstan

Sharpe Michael
PhD, vice-president of the European Standards Institute – ETSI, United Kingdom

Sysoev Nikolai N.
Doctor of sciences, Dean of the Faculty of Physics of Moscow State University Lomonosov, Russia

Waal Albert
Ph.D., Senior Research Fellow University of Hanover. Leibniz at the Department of Communications Technology, Germany

Zubarev Yuri B.
Ph.D., corresponding member of the Russian Academy of Sciences, Honored Scientist of Russia, Deputy Chairman of the Expert Council WAC electronics, radio and communications, Russia

All articles and illustrations are copyright. All rights reserved. No reproduction is permitted in whole or part without the express consent of Media Publisher Joint-Stock Company

© "Media Publisher", 2015

www.media-publisher.ru

Издательский дом

МЕДИА ПАБЛИШЕР

Заказ журналов:

- по каталогу "Роспечать" (индекс 80714)
- в редакции (t-comm@yandex.ru)

Региональные подписные агентства
<http://www.media-publisher.ru/raspr.shtml>

Периодичность выхода — 12 номеров в год

Стоимость одного экземпляра 500 руб.

Целевая аудитория по распространению

- Телекоммуникационные компании
- Дистрибьюторы телекоммуникационного оборудования и услуг
- Разработчики и производители абонентского оборудования
- Энергетические компании
- Автотранспортные предприятия
- Компании, занимающиеся железнодорожными, воздушными и морскими перевозками
- Провайдеры охранно-поисковых услуг
- Геодезические и картографические организации
- Государственные ведомства и организации;
- Строительные компании
- Профильные учебные заведения

Тираж 3000 экз. + Интернет-версия

Адрес редакции

111024, Россия, Москва,
ул. Авиамоторная, д. 8, офис 512-514
e-mail: t-comm@yandex.ru
Тел.: +7 (495) 957-77-43

РЕДАКЦИЯ

Издатель

Светлана Дымкова (ds@media-publisher.ru)

Директор отдела развития и рекламы

Ольга Дорошкевич (ovd@media-publisher.ru)

Отдел распространения и подписки

info@media-publisher.ru

Предпочтательная подготовка

ООО "ИД Медиа Паблшер"

Поддержка Интернет-портала

Сергей Алексанян

Журнал зарегистрирован Федеральной службой по надзору за соблюдением законодательства в сфере массовых коммуникаций и охране культурного наследия. Свидетельство о регистрации: ПИ № ФС77-27364.

Язык публикации: русский, английский.

Мнения авторов не всегда совпадают с точкой зрения редакции.

За содержание рекламных материалов редакция ответственности не несет

Материалы, опубликованные в журнале — собственность ООО "ИД Медиа Паблшер". Перепечатка, цитирование, дублирование на сайтах допускаются только с разрешения издателя

Плата с аспирантов за публикацию рукописи не взимается

© ООО "ИД Медиа Паблшер", 2015

Издательство

(495) 957-77-43
(926) 218-82-43
info@media-publisher.ru



полный цикл подготовки книг, периодических изданий
и рекламной продукции — эксклюзивный дизайн

ПРОФЕССИОНАЛЬНОЕ ЛИТЕРАТУРНОЕ И ТЕХНИЧЕСКОЕ РЕДАКТИРОВАНИЕ

высококачественная офсетная и цифровая печать в кратчайшие сроки

ДОСТАВКА ГОТОВОГО ТИРАЖА

Индексирование журнала T-Comm



ISSN 2072-8735 (Print) ISSN 2072-8743 (Online)



Подписной индекс Агентства "Роспечать" — 80714

ОЦЕНКА ПОКАЗАТЕЛЕЙ ДОЛГОВЕЧНОСТИ РАДИОЭЛЕКТРОННЫХ УСТРОЙСТВ

Карапузов Михаил Александрович,
магистрант 2-го года обучения,
Национальный исследовательский университет
"Высшая школа экономики", Москва, Россия,
makarapuzov_1@edu.hse.ru

Полесский Сергей Николаевич,
доцент, к.т.н.,
Национальный исследовательский университет
"Высшая школа экономики", Москва, Россия,
spolessky@hse.ru

Иванов Илья Александрович,
ст. преподаватель, к.т.н.,
Национальный исследовательский университет
"Высшая школа экономики", Москва, Россия,
i.ivanov@hse.ru

Королев Павел Сергеевич,
студент 4-го курса,
Национальный исследовательский университет
"Высшая школа экономики", Москва, Россия,
domopavel@rambler.ru

Ключевые слова: надежность, долговечность, радиоэлектронное устройство, электронная компонентная база, гамма-процентный ресурс, средний ресурс, срок службы.

Данное научное исследование (№15-05-0029) выполнено при поддержке Программы "Научный фонд НИУ ВШЭ" в 2015 г.

Согласно действующим стандартам в области надежности долговечность – это суммарная наработка объекта от начала его эксплуатации или ее возобновления после ремонта до перехода в предельное состояние. В свою очередь, предельным состоянием является состояние объекта, при котором его дальнейшая эксплуатация недопустима или нецелесообразна, либо восстановление его работоспособного состояния невозможно или нецелесообразно и критерием этого состояния выступает признак или совокупность признаков предельного состояния объекта, установленные нормативно-технической и (или) конструкторской (проектной) документацией. Работоспособное состояние электронной компонентной базы радиоэлектронных устройств определяется значением всех параметров, характеризующих способность выполнять заданные функции, когда они соответствуют требованиям нормативно-технической документации (или техническим условиям).

Рассматриваются вопросы задания показателей долговечности, критерия предельного состояния электронной компонентной базы для невосстанавливаемых и восстанавливаемых технических средств в соответствии с существующими стандартами в области надежности. Приводится анализ принципов назначения ресурса. Также предложена методика прогнозирования долговечности электронной компонентной базы, позволяющая сформировать исходные требования и провести расчет гамма-процентного ресурса отдельных электрорадиоизделий радиоэлектронного устройства в зависимости от условий эксплуатации. Применение предложенной методики позволяет повысить достоверность рассчитываемых показателей долговечности за счет уточнения исходных данных и учета индивидуальных особенностей применения и эксплуатации как радиоэлектронных устройств в целом, так и составных частей, вплоть до электрорадиоизделий, в отдельности.

Для цитирования:

Карапузов М.А., Полесский С.Н., Иванов И.А., Королев П.С. Оценка показателей долговечности радиоэлектронных устройств // Т-Comm: Телекоммуникации и транспорт. – 2015. – Том 9. – №7. – С. 36-40.

For citation:

Karapuzov M.A., Polesskiy S.N., Ivanov I.A., Korolev P.S. Estimation of durability indices of electronic devices. T-Comm. 2015. Vol 9. No.7, pp. 36-40. (in Russian).

Таблица 1

Выбор номенклатуры показателей долговечности РЭУ

Классификация РЭУ по признакам, определяющим выбор показателей				
Возможные последствия перехода в предельное состояние	Основной процесс, определяющий переход в предельное состояние	Возможность и способ восстановления технического ресурса (срока службы)		
		Неремонтируемые	Ремонтируемые обезличенным способом	Ремонтируемые необезличенным способом
1	2	3	4	5
Переход в предельное состояние при применении по назначению может привести к катастрофическим последствиям (контроль технического состояния возможен)	Изнашивание	$T_{p, \gamma_{cn}}$	$T_{p/\kappa, p}$	$T_{p/cn}; T_{p/\kappa, p}$
	Старение	$T_{cn/\gamma_{cn}}$	$T_{cn/\gamma_{\kappa, p}}$	$T_{cn/\gamma_{cn}}; T_{cn/\gamma_{\kappa, p}}$
	Изнашивание и старение одновременно	$T_{p/\gamma_{cn}}; T_{cn/\gamma_{cn}}$	$T_{p/\kappa, p}; T_{cn/\gamma_{\kappa, p}}$	$T_{p/\gamma_{cn}}; T_{p/\kappa, p}; T_{cn/\gamma_{cn}}; T_{cn/\gamma_{\kappa, p}}$
Переход в предельное состояние при применении по назначению не ведет к катастрофическим последствиям	Изнашивание	$T_{p, \text{ср. ср.}}$	$T_{p, \text{ср. ср.}}$	$T_{p, \text{ср. ср.}}; T_{p, \text{ср. ср.}}$
	Старение	$T_{\text{ср. ср. ср.}}$	$T_{\text{ср. ср. ср.}}$	$T_{\text{ср. ср. ср.}}; T_{\text{ср. ср. ср.}}$
	Изнашивание и старение одновременно	$T_{p, \text{ср. ср.}}; T_{\text{ср. ср. ср.}}$	$T_{p, \text{ср. ср.}}; T_{\text{ср. ср. ср.}}$	$T_{p, \text{ср. ср.}}; T_{p, \text{ср. ср.}}; T_{\text{ср. ср. ср.}}; T_{\text{ср. ср. ср.}}$

Основной сложностью, с которой сталкиваются при прогнозировании долговечности – это задания критерия предельного состояния, так в приложении 6 нормативного документа [8] предложены примеры задания типичных критериев предельного состояния:

- отказ одной или нескольких составных частей, восстановление или замена которых на месте эксплуатации не предусмотрена эксплуатационной документацией (должна выполняться в ремонтных органах);
- механический износ ответственных деталей (узлов) или снижение физических, химических, электрических свойств материалов до предельно допустимого уровня;
- снижение наработки на отказ (повышение интенсивности отказов) РЭУ ниже (выше) допустимого уровня;
- превышение установленного уровня текущих (суммарных) затрат на техническое обслуживание и ремонты или другие признаки, определяющие экономическую нецелесообразность дальнейшей эксплуатации.

Показатели долговечности имеют в настоящее время двойное значение [3]. Во-первых, это техническая характеристика РЭУ, которая характеризует время возможного наступления предельного состояния РЭУ. Во-вторых, показатели долговечности являются юридическими и коммерческими характеристиками, в пределах которых соответствующими законодательными документами [4, 5] определена ответственность изготовителя. Этими двумя обстоятельствами и определяются необходимые подходы

Долговечность – это суммарная наработка объекта от начала его эксплуатации или ее возобновления после ремонта до перехода в предельное состояние [1, 9]. В свою очередь, предельным состоянием радиоэлектронных устройств (РЭУ) называется состояние, при котором их дальнейшая эксплуатация недопустима или нецелесообразна, либо восстановление их работоспособного состояния невозможно или нецелесообразно и критерием этого состояния выступает признак или совокупность признаков предельного состояния объекта, установленные нормативно-технической и (или) конструкторской (проектной) документацией. Работоспособное состояние РЭУ определяется значением всех параметров, характеризующих способность выполнять заданные функции, когда они соответствуют требованиям нормативно-технической и (или) конструкторской (проектной) документации.

К показателям долговечности относятся [6, 9]: гамма-процентный ресурс, средний ресурс, гамма-процентный срок службы, средний срок службы. Гамма-процентный ресурс – это суммарная наработка, в течение которой РЭУ не достигнет предельного состояния с вероятностью γ , выраженной в процентах. Средний ресурс – это математическое ожидание ресурса, где ресурс – это суммарная наработка РЭУ от начала его эксплуатации или ее возобновления после ремонта до перехода в предельное состояние. Гамма-процентный срок службы – это календарная продолжительность эксплуатации, в течение которой РЭУ не достигнет предельного состояния с вероятностью γ , выраженной в процентах. Средний срок службы – это математическое ожидание срока службы, где срок службы – это календарная продолжительность эксплуатации от начала эксплуатации РЭУ или ее возобновления после ремонта до перехода в предельное состояние. Показатели долговечности, отсчитываемые от ввода объекта в эксплуатацию до окончательного снятия с эксплуатации, называются гамма-процентный полный ресурс (срок службы), средний полный ресурс (срок службы).

Также существует нормативный документ, регламентирующий правила задания предельных состояний РЭУ и который гласит [8]:

а) Категории отказов и предельных состояний устанавливаются с целью однозначного понимания технического состояния РЭУ при задании требований по надежности, испытаниях и эксплуатации. Определения критериев отказов и предельных состояний должны быть четкими, конкретными, не допускающими неоднозначного толкования. Критерии предельных состояний должны содержать указания на следствия, наступающие после их обнаружения (отправку РЭУ в ремонт определенного вида или списание).

б) Критерии отказов и предельных состояний должны обеспечивать простоту обнаружения факта отказа или перехода в предельное состояние визуальным путем или с помощью предусмотренных средств технического диагностирования (контроля технического состояния).

в) Критерии отказов и предельных состояний должны устанавливаться в той документации, в которой приведены значения показателей надежности.

В таблице 1 приведены показатели, которые необходимо задавать при проектировании РЭУ, исходя из возможности ремонта и последствий достижения средствами своих предельных состояний.

при решении задач по оценке показателей долговечности расчетными методами.

Ниже представлена унифицированная методика прогнозирования показателей долговечности (ресурса) с учетом условий эксплуатации РЭУ (см. рис. 1).

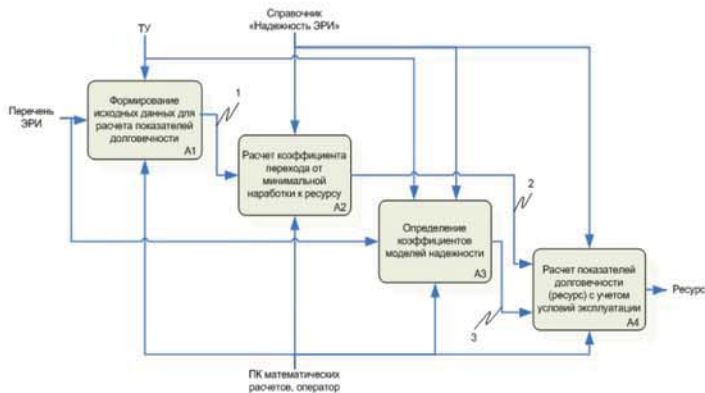


Рис. 1. Методика прогнозирования показателей долговечности (ресурса) РЭУ

На стадии проектирования основным расчетным методом, по которому проводится оценка выполнения требований к показателям долговечности РЭУ (см. рис. 1, блок А1), является сопоставление значений, требуемых и установленных для материалов, электронная компонентная база (ЭКБ), готовых комплектующих. Окончательная проверка выполнения требований по долговечности проводится по результатам соответствующих испытаний. Разработка рекомендаций по установлению количественных значений показателей долговечности может быть проведена расчетом с использованием либо экономического критерия, либо с использованием в качестве критерия ожидаемых значений по коэффициенту готовности для восстанавливаемых РЭУ или вероятности безотказной работы за время эксплуатации для невосстанавливаемых.

Расчет допустимых значений показателей долговечности может быть проведен по критерию безотказности, когда в процессе эксплуатации контролируемые составные части (электронная компонентная база) в случае их отказа могут быть восстановлены или возможна полная их замена на новые. В этом случае, в качестве одного из критериев для оценки возможности выполнения требований по долговечности применяется верхнее значение коэффициента готовности. Требуемое значение величины параметра ресурса для восстанавливаемых РЭУ (см. табл. 1 столбцы 4 и 5) определяется исходя из расчетов коэффициента готовности или на основании требований технического задания (ТЗ) (см. рис. 1, блок А1).

Например, для восстанавливаемых РЭУ в соответствии с [9], задают следующие требования по надежности: «Надежность РЭУ в условиях и режимах эксплуатации, установленных в ТЗ, характеризуется следующими показателями:

- коэффициентом готовности для всех уровней, равным 0,975;
- средним временем восстановления – не более 0,5 часа;
- средним ресурсом – не менее 50000 часов;
- средним сроком службы – не менее 5 лет;
- средним сроком сохраняемости – не менее 1,5 года»

Рассматривая приведенные в [3] выражения для количественной оценки показателей долговечности используем понятие уровня недостаточности ресурса – Y_{HP} , значение которого определяется по следующей формуле:

$$Y_{HP} = -\ln(K_r^{TP}), \quad (1)$$

где K_r^{TP} – требуемое значение коэффициента готовности.

По данным из выше приведенного примера, значение $Y_{HP} = 0,0253178$.

При условии постоянства интенсивности отказов ($\lambda = \text{const}$) и ряда математических преобразований [3], конечная формула Y_{HP} выглядит следующим образом:

$$Y_{HP} = \sum_{i=1}^m (1-\gamma) \cdot \lambda_i \cdot T_{pi} \quad (2)$$

где: m – тип ресурса в зависимости от условий эксплуатации; γ – коэффициент полноты контроля; T_{pi} – значения i -ого типа ресурса; λ_i – интенсивность отказов при использовании i -ого вида ресурса.

Следует отметить, что формула (2) справедлива при условии независимости скоростей расходования ресурса в различных условиях эксплуатации.

Для определенности примем, что имеется один ресурса в конкретных условиях эксплуатации, значение γ не превышает 0,5 и $\lambda_i = 20 \cdot 10^{-6}$ 1/ч. Тогда используя формулу (2) и значение Y_{HP} равно 0,0253178, получаем значение расчетного ресурса $T_{pi} = 2531,84$ ч, которое существенно ниже заданного в ТЗ значения. Выходом из этой ситуации является либо изменение коэффициента полноты контроля, либо уменьшение интенсивности отказов (т.е. увеличению уровня безотказности).

На рисунке 2 приведены результаты моделирования коэффициента полноты контроля при фиксированном значении λ_i . Анализ графика показал, что для обеспечения требуемого уровня среднего ресурса, равного 50000 ч, необходимо принять значение коэффициента полноты контроля РЭУ не менее 0,975.

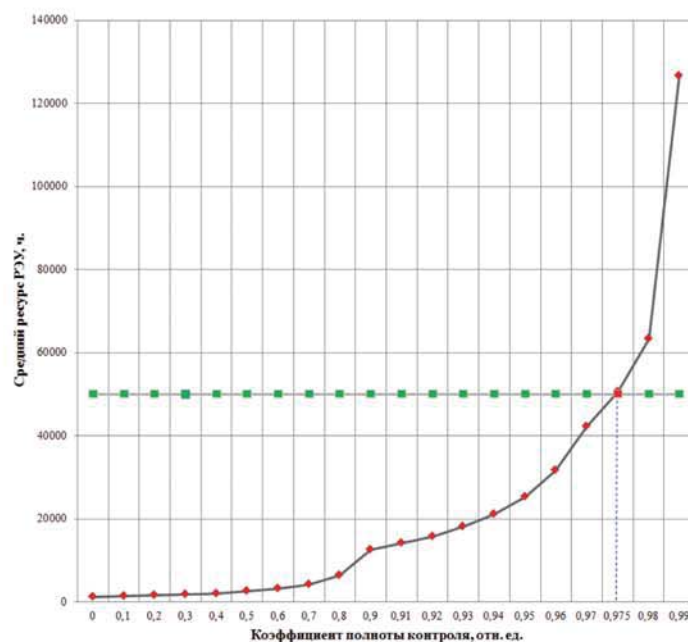


Рис. 2. График зависимости ресурса от изменения коэффициента полноты контроля при фиксированном значении интенсивности отказов

Аналогичным образом проводится исследование требований показателей долговечности для невозстанавливаемых РЭУ, но в качестве требуемого показателя безотказности используется вероятность безотказной работы за время эксплуатации [3].

При определении возможности установления тех или иных значений показателей долговечности используются данные, приведенные в паспортах или технических условиях на применяемые в составе РЭУ материалы, комплектующие элементы, готовые изделия, а также материалы по эксплуатации устройств-аналогов (см. рис. 1, блок А1).

К сожалению, некоторые значения, указываемые в технических условиях, не учитывают особенности эксплуатации РЭУ. Наглядным примером может послужить оценка гамма-процентного ресурса $T_{p,\gamma}$ элемента. Необходимо еще на этапе проектирования анализировать зависимость ресурса РЭУ от жесткости условий эксплуатации. Продемонстрируем данную зависимость на примере одного элемента, входящего в состав многих РЭУ, трансформатора.

Так как задача расчета ресурса ставится для конкретного перечня элементов, входящего в состав проектируемого РЭУ, то для каждого электрорадиоизделия (ЭРИ) определяется из технических условий (ТУ) показатели надежности, а именно минимальная наработка $T_{н.м}$ и (или) гамма-процентный ресурс $T_{p,\gamma}$. Часто в ТУ не указывают значение $T_{p,\gamma}$, поэтому возникает необходимость обращения к справочнику [7]. По виду и типу ЭРИ в таблице «Характеристика надежности и справочные данные отдельных типов электрорадиоизделий» проводится поиск значения $T_{p,\gamma}$ и уточняется минимальная наработка $T_{н.м}$.

Следующим этапом (см. рис. 1, блок А2) является расчет коэффициента перехода $K_{пер}$, который показывает зависимость минимальной наработки элемента $T_{н.м}$ от гамма-процентного ресурса $T_{p,\gamma}$:

$$K_{пер} = \frac{T_{p,\gamma}}{T_{н.м}} \quad (3)$$

Так как нас интересует расчет гамма-процентного ресурса с учетом особенностей условий эксплуатации элемента, то непосредственное влияние можно оценить за счет использования формулы оценки эксплуатационная интенсивность отказов λ_{γ} :

$$\lambda_{\gamma} = \lambda_0 \cdot K_t \cdot K_s \cdot K_{пр}, \quad (4)$$

где: λ_0 – интенсивность отказов, 1/ч.; K_t – коэффициент, учитывающий влияние изменение температуры окружающей среды (корпуса); K_s – коэффициент жесткости условий эксплуатации, $K_{пр}$ – коэффициент приемки (уровень качества изготовления элемента).

Для определения критических коэффициентов модель (4) рассмотрим более подробно (см. рис. 1, блок А3). Эксплуатационная интенсивность отказов λ_{γ} принимает разные значения в зависимости от группы эксплуатации (K_s). Справочные коэффициенты модели безотказности, такие как K_t и $K_{пр}$ принимают фиксированные значения, взятые из справочника «Надежность ЭРИ» [7]. Как показывает анализ, значительный вклад в значение λ_{γ} вносит коэффициент жесткости условий эксплуатации K_s – он не может быть постоянным в зависимости группы эксплуатации, поэтому берем значения для каждой группы индивидуальное [7].

Из выражения (3) нетрудно выразить $T_{p,\gamma}$:

$$T_{p,\gamma} = K_{пер} \cdot T_{н.м} \quad (5)$$

При этом согласно [2]:

$$T_{н.м} = \frac{0,001}{\lambda_{\gamma}} \quad (6)$$

Исходя из выражений (3) – (6) получим выражение для расчета показателей гамма-процентного ресурса (см. рис. 1, блок А4):

$$T_{p,\gamma} = \frac{0,001 \cdot K_{пер}}{\lambda_0 \cdot K_t \cdot K_s \cdot K_{пр}} \quad (7)$$

Формула (7) позволяет оценить гамма-процентный ресурс $T_{p,\gamma}$ ЭРИ от условий применения.

Переход от гамма-процентного ресурса $T_{p,\gamma}$ к сроку службы $T_{сж}$ имеет следующий вид:

$$T_{сж} = \frac{T_{p,\gamma}}{K_{из} \cdot 8760}, \quad (8)$$

где: $K_{из}$ – коэффициент интенсивности эксплуатации.

Для проверки достоверности методики и необходимости учета условий применения РЭУ и ЭКБ, был рассмотрен пример расчета гамма-процентного ресурса трансформатора импульсного типа «БТИ 1-5».

Согласно справочнику [7], $T_{н.м} = 15$ тыс. ч., а $T_{p,\gamma} = 33$ тыс. ч. с пометкой «», что означает подтверждение по результатам проведенных испытаний. Отсюда следует по выражению (3), что $K_{пер} = 2,2$.

Значения $T_{p,\gamma}$ для исследуемого класса ЭРИ, полученные по (7) приведены в табл. 2 (расчет проведен в предельных режимах: температура корпуса $t_m = 85$ °C, с учетом значения перегрева 95-105 °C).

Таблица 2

Зависимость гамма-процентного ресурса $T_{p,\gamma}$ от условий эксплуатации K_s

$T_{p,\gamma}$ [ч]	Группа эксплуатации	Соответствие оси абсцисс (см. рис. 3)	K_s
366400	1.1	1	1
183200	1.2	2	2
73280	1.3-1.10	3	5
73280	2.1.1, 2.1.2, 2.3.1, 2.3.2	4	5
61070	2.1.3, 2.3.3	5	6
52350	2.1.5, 2.3.5	6	7
40710	2.2, 2.4, 2.1.4, 2.3.4	7	9
24430	3.1	8	15
36640	3.2	9	10
16660	3.3, 3.4	10	22
14660	4.1-4.9 (в условиях запуска)	11	25
52350	4.1-4.9 (в условиях свободного полета)	12	7
36640	4.6 (в условиях бреющего полета)	13	10
366400	5.1, 5.2	14	1
91610	5.3, 5.4	15	4

График зависимости гамма-процентного ресурса $T_{p,\gamma}$ от коэффициента жесткости условий эксплуатации K_s для каждой группы показан на рис. 3.

Анализ табл. 2 и рис. 3 позволяет выявить недостаток справочных данных [7], а именно отсутствие данных о гамма-процентном ресурсе для каждой группы эксплуатации. Так для условий эксплуатации в герметизированном отсеке космического аппарата (точка 14, см. табл. 2 и

рис. 3) гамма-процентный ресурс отличается почти в 11,1 раза, что говорит о необходимости учета конкретных условий применения (температуры окружающей среды, коэффициента электрической нагрузки, атмосферном давлении и др.).

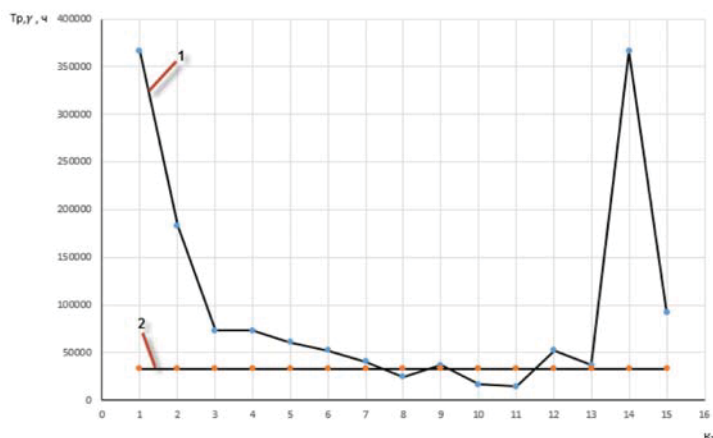


Рис. 3. График зависимости $T_{p,\gamma}$ от K_γ с учетом (1), без учета (2)

Это приводит к получению недостоверных данных о прогнозировании показателей долговечности всего РЭУ и необходимости принятия серьезных мер по обеспечению показателей надежности, такие как: выбора новой элементной базы; схемотехнические решения, уменьшения временного графика работы, использования высокого

уровня качества элементов и др. - это можно избежать, если использовать уточненный подход для оценки показателей долговечности (см. рис. 1).

Литература

1. Беляев Ю.К., Богатырев В.А., Болотин В.В. и др. Надежность технических систем: справочник под ред. И.А. Ушакова. - М.: Радио и связь, 1985. - 608 с.
2. Жаднов В.В. Расчетная оценка показателей долговечности электронных средств космических аппаратов и систем // Надежность и качество сложных систем. 2013. № 2. С. 65-73.
3. Животкевич И.Н., Смирнов А.П. Надежность технических изделий. - М.: Институт испытаний и сертификации вооружений и военной техники, 2004. - 472 с.
4. Закон Российской Федерации от 07.02.1992 "О защите прав потребителей", N 2300-1.
5. Закон Российской Федерации от 26.01.1996. "Гражданский кодекс Российской Федерации. Часть Вторая" N 14-ФЗ (в ред. Федеральных законов от 12.08.1996 N 110-ФЗ, от 24.10.1997 N 133-ФЗ, от 17.12.1999 N 213-ФЗ).
6. Острейковский В.А. Теория надежности: Учеб. для вузов/В.А. Острейковский. - М.: Высш. шк., 2003. - 463 с.
7. Справочник «Надежность ЭРИ». - М.: МО РФ, 2006. - 641 с.
8. Яхьяев Н.Я., Кораблин А.В. Основы теории надежности и диагностика: Учебник для студ. высш. учеб. заведений. - М.: Издательский центр Академия, 2009. - 256 с.
9. IEC 60050 (191):1990-12 «Dependability and quality of service», (NEQ). Дата обращения 24.02.2015. [Электронный ресурс]: URL: <http://www.electropedia.org/iev/iev.nsf/index?openform&part=191>.

ESTIMATION OF DURABILITY INDICES OF ELECTRONIC DEVICES

Karapuzov Mikhail Aleksandrovich, National Research University Higher School of Economics, graduate student of the 2nd year of study, Moscow, Russia, makarapuzov_1@edu.hse.ru

Polesskiy Sergey Nikolaevich, National Research University Higher School of Economics, associate professor, Ph.D., Moscow, Russia, spolessky@hse.ru

Ivanov Ilya Aleksandrovich, National Research University Higher School of Economics, senior lecturer, Ph.D., Moscow, Russia, i.ivanov@hse.ru

Korolev Pavel Sergeevich, National Research University Higher School of Economics, student, Moscow, Russia, domopavel@rambler.ru

Abstract. According to the present standards in the field of reliability, durability - is the total operating time of the object from the beginning of its operation or its resumption after repairs before moving to limit state. In turn, the ultimate state is the state of the object at which its continued operation is unacceptable or impractical, or restoration of its operating condition is impossible or impractical, and the criterion of this state stands feature or combination of features of the limit state of the object, set the technical and (or) design (design) documentation. Usable state electronic component base of radio-electronic devices is determined by the value of all parameters characterizing the ability to perform specified functions, when they meet the requirements of the technical documentation (or technical requirements). The paper dwells on the issues with the task durability indices, limit state criteria of electronic component base for recoverable and non-recoverable technical means in accordance with existing standards of reliability. The paper shows the analysis of principles of resource allocation. Also the report offers the prediction technique of electronic component base durability, which permits to form base requirements and to carry out calculation of gamma-percentile life of separate radio-electronic devices depending on maintenance conditions. Application of offered method allows to increase the reliability of calculated indices of durability due to the specification of basic data and taking into account individual features of using and exploitation both electronic means in whole and component parts, right up to the radio-electronic devices taken separately. This study (research grant No 15-05-0029) was supported by The National Research University-Higher School of Economics' Academic Fund Program in 2015.

Keywords: reliability, durability, radio-electronic device, electronic component base, gamma-percentile life, mean resource, service life.

References

1. Beljaev, Ju & Bogatyrev, V & Bolotin, V 1985, Nadezhnost tehnikeskikh sistem: spravochnik, Radio i svjaz', pp. 608. [in Russian]
2. Zhadnov, V 2013, Raschetnaja ocenka pokazatelej dolgovechnosti jelektronnyh sredstv kosmicheskikh apparatov i system, Nadezhnost' i kachestvo slozhnyh system. no. 2, pp. 65-73. [in Russian]
3. Zhivotkevich, I & Smirnov, A 2004, Nadezhnost' tehnikeskikh izdelij, Institut ispytaniy i sertifikacii vooruzhenij i voennoj tehniki, pp. 472. [in Russian]
4. Zakon Rossijskoj Federacii ot 07.02.1992 "O zashhite prav potrebitel'ej", N 2300-1. [in Russian]
5. Zakon Rossijskoj Federacii ot 26.01.1996. "Grazhdanskij kodeks Rossijskoj Federacii. Chast' Vtoraja" N 14-FZ (v red. Federal'nyh zakonov ot 12.08.1996 N 110-FZ, ot 24.10.1997 N 133-FZ, ot 17.12.1999 N 213-03). [in Russian]
6. Ostrejkovskij, V 2003, Teorija nadezhnosti: Ucheb. dlja vuzov, Vyssh. shk., p. 463. [in Russian]
7. Spravochnik "Nadezhnost' JeRI", MO RF, 2006, pp. 641. [in Russian]
8. Jah'jaev, N & Korablin, A 2009, Osnovy teorii nadezhnosti i diagnostika: Uchebnik dlja stud. vyssh. ucheb. zavedenij, Izdatel'skij centr Akademija, pp. 256. [in Russian]
9. IEC 60050 (191):1990-12 "Dependability and quality of service", (NEQ), viewed 24.02.2015, <http://www.electropedia.org/iev/iev.nsf/index?openform&part=191>.