

Ордена Трудового Красного Знамени федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования “Московский технический университет связи и информатики” (МТУСИ)

ХII Международная отраслевая  
научно-техническая конференция  
"ТЕХНОЛОГИИ ИНФОРМАЦИОННОГО  
ОБЩЕСТВА"

# СБОРНИК ТРУДОВ

*14-15 марта 2018 г.*

## Том 1



**Сборник трудов XII Международной научно-технической конференции «Технологии информационного общества».** Москва, Московский технический университет связи и информатики ( МТУСИ), 14-15 марта 2018 г. В 2-х томах. Том 1. М.: «ИД Медиа Паблшер», 2018. 400 с.

*Конференция направлена на объединение усилий научных организаций, ВУЗов, предприятий и операторов связи по развитию перспективных технологий связи и совершенствованию инфокоммуникационной инфраструктуры регионов России и стран СНГ. В ходе конференции обсуждаются проблемы развития науки и приоритетные направления научных исследований отрасли.*

**СБОРНИК ТРУДОВ СОДЕРЖИТ СТАТЬИ, В АВТОРСКОЙ РЕДАКЦИИ, ПО МАТЕРИАЛАМ ДОКЛАДОВ, ПРЕДСТАВЛЕННЫХ НА КОНФЕРЕНЦИИ «ТЕХНОЛОГИИ ИНФОРМАЦИОННОГО ОБЩЕСТВА» ПО СЛЕДУЮЩИМ НАПРАВЛЕНИЯМ:**

**I. СЕТИ И СИСТЕМЫ СВЯЗИ**

*(Сетевые технологии электросвязи следующего поколения, метрология и сертификация в инфокоммуникациях, технологии и компоненты оптических транспортных сетей и сетей доступа, направляющие среды и системы связи, проектирование и техническая эксплуатация современных цифровых транспортных систем).*

**Секция 1. Сети и системы связи.**

**Секция 2. Теория телетрафика и ее приложения.**

**II. РАДИО, ТЕЛЕВИДЕНИЕ И СИСТЕМЫ ПОДВИЖНОЙ СВЯЗИ**

*(Цифровое телерадиовещание и аудиовидеоинформатика, системы мобильной связи и радиодоступа, сети системы радиосвязи и телерадиовещания, обеспечение ЭМС, электродинамика полей и излучателей в системах связи и вещания, антенно-фидерные устройства, распространение радиоволн, устройства передачи, приема и обработки радиосигналов, системы спутниковой связи и вещания).*

**Секция 3. Цифровое телерадиовещание и аудиовидеоинформатика.**

**Секция 4. Системы мобильной связи и радиодоступа, спутниковой связи и вещания.**

**Секция 5. Устройства передачи, приема и обработки радиосигналов. Электронные компоненты, СВЧ-устройства и АФУ.**

**III. ИНФОРМАЦИОННО-ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ И УСЛУГИ**

*(Информационно-телекоммуникационные технологии и услуги информационного общества, качество инфокоммуникационных услуг, расчет и оптимизация систем связи, защита информации и защищенные системы связи, математическое моделирование систем и средств связи, информационные технологии на транспорте).*

**Секция 6. Инфокоммуникационные технологии и услуги информационного общества и защита информации.**

**Секция 7. Математическое моделирование систем и средств связи.**

**Секция 8. Функционирование инфокоммуникационных сетей и информационных систем.**

**IV. ЭКОНОМИКА И МЕНЕДЖМЕНТ ИНФОКОММУНИКАЦИЙ**

*(Экономика и менеджмент в телекоммуникации, политическая экономика и политология, информационные технологии в экономике и управлении).*

**Секция 9. Экономика и менеджмент инфокоммуникаций. Политическая экономия и политология.**

<b>Гришин Д.В., Курахтенков Л.В., Сподобаев А.М.</b> <b>СРЕДСТВА СВЯЗИ СОВРЕМЕННЫХ КОСМИЧЕСКИХ АППАРАТОВ</b>	<b>179</b>
<b>Гришин Д.В., Курахтенков Л.В., Кучумов А.А.</b> <b>ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗМОЖНОСТИ СИНХРОНИЗАЦИИ ВРЕМЕННЫХ МЕТОК БОРТОВОГО ОБОРУДОВАНИЯ КА НА ОРБИТАХ РАЗЛИЧНЫХ ТИПОВ ПО СИГНАЛАМ ГЛОНАСС/GPS</b>	<b>183</b>
<b>Жаднов В.В., Королев П.С., Серебрякова Ю.О.</b> <b>РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ РАСЧЕТА ПОКАЗАТЕЛЕЙ НАДЕЖНОСТИ СОСТАВНЫХ ЧАСТЕЙ СИСТЕМ МОБИЛЬНОЙ СВЯЗИ С УЧЕТОМ УТОЧНЕННОГО ЗНАЧЕНИЯ КОЭФФИЦИЕНТА ВАРИАЦИИ</b>	<b>185</b>
<b>Королев П.С., Седов К.Д., Соснин А.И.</b> <b>РАЗРАБОТКА ПРОГРАММНОГО КОМПЛЕКСА ДЛЯ РАСЧЕТА КОЛИЧЕСТВЕННЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ПОКАЗАТЕЛЕЙ НАДЕЖНОСТИ СОСТАВНЫХ ЧАСТЕЙ СИСТЕМ СПУТНИКОВОЙ СВЯЗИ</b>	<b>187</b>
<b>Михайлов В.Ю., Мазепа Р.Б.</b> <b>ПРИМЕНЕНИЕ ПРЕОБРАЗОВАНИЙ В ПОЛЯХ ГАЛУА ДЛЯ БЫСТРОГО ПОИСКА ПО ЗАДЕРЖКЕ ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТЕЙ ГОЛДА</b>	<b>189</b>
<b>Панкратов Д.Ю., Степанова А.Г.</b> <b>КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ММО ДЛЯ СИСТЕМ РАДИОСВЯЗИ</b>	<b>191</b>
<b>Рыбаков А.И.</b> <b>ВАРИАНТ РЕАЛИЗАЦИИ ДЕЙСТВУЮЩЕГО ПРОТОКОЛА ПЕРЕДАЧИ ДАННЫХ ДЛЯ ПРОГРАММНО-КОНФИГУРИРУЕМОГО РАДИОКАНАЛА (С ПРИМЕНЕНИЕМ МЕТЕОРНОЙ СВЯЗИ)</b>	<b>195</b>
<b>Самойлов А.Г., Самойлов С.А., Куракова Т.П.</b> <b>МОДЕЛИРОВАНИЕ РАДИОКАНАЛОВ МИЛЛИМЕТРОВОГО ДИАПАЗОНА ВОЛН</b>	<b>198</b>
<b>Тихомиров А.В., Омелянчук Е.В., Семенова А.Ю.</b> <b>ОЦЕНКА ВОЗМОЖНОСТЕЙ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ РЕКОМЕНДУЕМЫХ ДИАПАЗОНОВ ЧАСТОТ ПРИ ПЛАНИРОВАНИИ СИСТЕМ СВЯЗИ ПЯТОГО ПОКОЛЕНИЯ</b>	<b>202</b>
<b>Тихонов В.Ю., Шинаков Ю.С.</b> <b>СПОСОБ КОМПЕНСАЦИИ ИСКАЖЕНИЙ УЗКОПОЛОСНЫХ СИГНАЛОВ В НЕЛИНЕЙНЫХ ИНЕРЦИОННЫХ УСТРОЙСТВАХ</b>	<b>206</b>

# РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ РАСЧЕТА ПОКАЗАТЕЛЕЙ НАДЕЖНОСТИ СОСТАВНЫХ ЧАСТЕЙ СИСТЕМ МОБИЛЬНОЙ СВЯЗИ С УЧЕТОМ УТОЧНЕННОГО ЗНАЧЕНИЯ КОЭФФИЦИЕНТА ВАРИАЦИИ

**Жаднов Валерий Владимирович,**

*Национальный исследовательский университет «Высшая школа экономики»,  
профессор Департамента электронной инженерии, Москва, Россия,  
[vzhadnov@hse.ru](mailto:vzhadnov@hse.ru)*

**Королев Павел Сергеевич,**

*Национальный исследовательский университет «Высшая школа экономики»,  
аспирант 1 г.о. курса Департамента электронной инженерии, Москва, Россия,  
[pskorolev@hse.ru](mailto:pskorolev@hse.ru)*

**Серебрякова Юлия Олеговна,**

*Национальный исследовательский университет «Высшая школа экономики»,  
бакалавр 2 курса Департамента электронной инженерии, Москва, Россия,  
[yuoserebryakova@edu.hse.ru](mailto:yuoserebryakova@edu.hse.ru)*

Совершенствование систем мобильной связи приводит к развитию новых возможностей при приеме, обработке и передаче информации. В свою очередь, этот процесс не обходится стороной и усложнение составных частей систем мобильной связи. Одним из этапов проектирования упомянутых систем является этап обеспечения надежности, на котором задаются те требования к эксплуатации, в ходе которой объект должен исправно работать.

Вопросы обеспечения надежности радиоэлектронных средств (РЭС), входящих в состав систем мобильной связи не теряют актуальности на сегодняшний момент из-за повышающихся требований к их проектированию и дальнейшей эксплуатации в различных климатических условиях, где могут быть присущи механические, вибрационный и другие воздействия, негативно сказывающиеся на сроке службы.

Надежность характеризуется несколькими показателями [1], одним из которых является долговечность, которая учитывает множество внешних воздействующих факторов (температура, влажность, давление, вибрация и др.) на РЭС.

Долговечность – это свойство объекта сохранять работоспособность до наступления предельного состояния, т.е. наступления такого состояния, когда оно должно быть направлено либо в ремонт (средний или капитальный), либо изъято из эксплуатации.

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 действительности, предельным состоянием объекта является состояние, при котором его дальнейшая эксплуатация недопустима или нецелесообразна, либо восстановление его работоспособного состояния невозможно или нецелесообразно. Критерием этого состояния выступает признак или совокупность признаков предельного состояния объекта, установленные нормативно-технической и (или) конструкторской (проектной) документацией. Работоспособное состояние электронной компонентной базы РЭС определяется значением всех параметров, характеризующих способность выполнять заданные функции, когда они соответствуют требованиям нормативно-технической документации (или техническим условиям)

[2, 3].

К количественным характеристикам показателей долговечности относят вероятность безотказной работы, гамма-процентный ресурс, минимальная наработка, средний ресурс и т.д. [1].

Минимальная наработка показывает количество часов работающего изделия до первого отказа, т.е. определяет наработку (минимальную) приходящуюся на один отказ. Гамма-процентный ресурс – это суммарная наработка, в течение которой объект не достигнет предельного состояния с вероятностью, 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, 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 [4].

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).

Радиоэлектронное средство в большинстве своем, представляет собой корпус, в котором размещен печатный узел. Последний, в свою очередь, состоит из электрорадиоизделий (ЭРИ), которые относятся к конкретному классу, группе и подгруппе.

Расчет надежности РЭС заключается в оценке надежности печатного узла, с входящими в него ЭРИ. Суммарная надежность РЭС будет характеризоваться самым «ненадежным» электрорадиоизделием, т.е. тем ЭРИ, у которого будет самое высокое количественное значение интенсивности отказов в режиме эксплуатации или хранения.

При расчете показателей надежности, а, в частности, долговечности, особый вклад в количественные значения ее показателей вносит коэффициент вариации.

В ОСТ 4.012.013 [5] он принят равным 0,15 (постоянное значение). Однако, по результатам испытаний на надежность можно судить об обратном по количественным значениям минимальной наработки и гамма-процентным ресурсом. Результаты испытаний для конкретного ЭРИ приводятся в источнике «Справочник Надежность ЭРИ 2006» [6]. Также, в работе [7] доказано, что выражение, связывающее минимальную наработку с гамма-процентным ресурсом [5] не правдоподобно использовать в данном виде, из-за недостающих коэффициентов, отражающих внешние воздействующие факторы. Но, если использовать в данной форме, то можно показать вклад коэффициента вариации при расчете гамма процентного ресурса.

Для каждого электрорадиоизделия определяется техническое условие, из которого выбираются показатели надежности, а именно минимальная наработка и гамма-процентный ресурс. В большинстве случаев в технических условиях не указывают значение, поэтому возникает необходимость обращения к справочнику [6]. По виду и типу ЭРИ в таблице «Характеристика надежности и справочные данные отдельных типов электрорадиоизделий» проводится поиск значения гамма-процентного ресурса и уточняется минимальная наработка.

Рассматривая класс «Трансформаторы» группы «Импульсные», в частности «ТИМ», коэффициент вариации для данного ЭРИ равен 0,22 для квантиля нормального распределения при 95% вероятности. В свою очередь, квантили могут быть разными по значению для другого значения вероятности [5].

Неоднократно возникает ситуация, когда необходимое электрорадиоизделие, например, трансформатор, не оказывается в справочнике [6], тогда предлагается использовать среднее значение коэффициента вариации для всей группы (подгруппы). Например, для трансформаторов группы «Импульсные» для квантиля нормального распределения при 95% вероятности, он равен 0.218.

Уточненное значение коэффициента вариации для каждого класса, применительно к конкретной группе и подгруп-

пе электрорадиоизделий планируется внедрить в автоматизированную систему расчета надежности и качества (АСОНИКА-К-СЧ).

В заключении необходимо отметить, что важно уточнять коэффициент вариации для каждого конкретного ЭРИ, входящего в определенный класс, группу и подгруппу если оно указано в справочнике [6]. Если же нужно рассчитать гамма-процентный ресурс для новых (современных) электрорадиоизделий, отсутствующих в справочнике [6], то рекомендуется воспользоваться значением среднего коэффициента вариации для отдельной группы или подгруппы.

Уточненный расчет показателей надежности радиоэлектронных средств, а в частности долговечности с учетом предлагаемого подхода, применительно к коэффициенту вариации, позволит повысить правдоподобность получаемых численных значений современных систем мобильной связи.

## Литература

1. Животкевич И.Н., Смирнов А.П. Надежность технических изделий. М.: Институт испытаний и сертификации вооружений и военной техники, 2004. 472 с.
2. 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.
3. IEC 60050 (191):1990-12 «Dependability and quality of service», (NEQ). [Электронный ресурс]: URL: <http://www.electropedia.org/iev/iev.nsf/index?openform&part=191> (дата обращения 02.02.2018).
4. Каратузов М.А., Полесский С.Н., Иванов И.А., Королев П.С. Оценка показателей долговечности радиоэлектронных устройств // Т-Comm: Телекоммуникации и транспорт. 2015. Т. 9. № 7. С. 36-40.
5. ОСТ 4.012.013-84. Аппаратура радиоэлектронная. Определение показателей долговечности. [Дата введения 1985-07-01]. М.: Москва ВНИИ РФ, 1984. С. 8. (Руководящий документ).
6. Надежность ЭРИ: справочник. М.: МО РФ, 2006. С. 52.
7. Жаднов В.В. Расчетная оценка показателей долговечности электронных средств космических аппаратов и систем // Надежность и качество сложных систем. 2013. № 2. С. 65-73.