

МЕТОДИКА ПРОГНОЗИРОВАНИЯ НАДЕЖНОСТИ БОРТОВЫХ
РАДИОЭЛЕКТРОННЫХ СРЕДСТВ

Писецкий Юрий Валерьевич¹, Вотинин Кирилл Алексеевич², Холиков Абдор³

^{1,2,3} Ташкентский университет информационных технологий имени Мухаммада ал-Хоразмий

<https://doi.org/10.5281/zenodo.7858194>

Abstract. *This paper discusses a set of measures aimed at confirming the technical characteristics and reliability parameters of the product in conditions close to operational. In particular, the methodology is discussed, which is expressed in the introduction of operational failure rate coefficients into the mathematical model to account for operating modes, and the subsequent calculation of the time distribution to failure using exponential distribution..*

Keywords: *trouble-free operation of spacecraft, avionics, reliability of electronic component base.*

Необходимым условием для выполнения основных задач любого космического аппарата является обеспечение их бесперебойной и безотказной работы в течение всего срока активного существования. Работоспособность космических аппаратов в свою очередь зависит от качества и надежности бортовых систем, комплексов, блоков и установленных приборов, а также наземных систем, входящих в космический комплекс.

На сегодняшний день наиболее распространена концепция повышения надежности бортовых радиоэлектронных средств за счет повышения надежности электронной компонентной базы. Так как бортовая аппаратура фактически является необслуживаемой, то обеспечение надежности должно происходить на этапах проектирования и конструирования. В космическом пространстве бортовая аппаратура космических аппаратов подвергается интенсивным механическим, электрическим, радиационным, тепловым, электромагнитным и другим воздействиям, что провоцирует возникновение отказов в оборудовании, обладающем дефектами. Таким образом, одним из направлений эффективного решения задачи повышения качества бортовой аппаратуры является мониторинг стабильности параметров и функционирования бортовых радиоэлектронных средств.

Согласно данным, вычисленным Центром исследования надежности (Reliability Information Analysis Center), можно проследить, какие радиоэлектронные изделия наиболее часто подвергаются отказам и по каким причинам это происходит. По причине дефектов комплектующих изделий отказы аппаратуры снизились с 30 % до 22 % за последние 15-20 лет. Такая тенденция наблюдалась за счет возросшей надежности электронной компонентной базы вследствие повышения качества технологий и применения современных систем управления качеством. Однако, так как в 20 % случаев причину отказов установить не удалось, можно с достаточной долей уверенности утверждать, что за этими отказами стоит изначальная дефективность компонентов радиоэлектронной аппаратуры.

Отбраковка потенциально ненадежных компонентов радиоэлектронной аппаратуры является одним из перспективных способов повышения качества и надежности бортовых радиоэлектронных средств.

Безотказная и бесперебойная работа космических аппаратов полностью зависит от надежности, установленного на него бортового оборудования. Надежность любого изделия, в особенности точного радиоэлектронного оборудования, закладывается на этапе проектирования и конструирования, затем продолжает обеспечиваться на этапе изготовления и подтверждается на этапе испытаний и во время эксплуатации. Разработка бортовой аппаратуры представляет собой процесс поиска оптимального решения с точки зрения требуемого качества оборудования при соблюдении экономической целесообразности, поэтому этап проектирования имеет особую важность.

Требования по надежности указываются в техническом задании на разработку изделия. Важными параметрами в таком техническом задании является вероятность безотказной работы и срок эксплуатации, причем указанное значение вероятности безотказной работы должно полностью обеспечиваться на последний год эксплуатации изделия. Таким образом, назначенный ресурс бортовых радиоэлектронных средств должен быть больше срока активного существования космических аппаратов за счет срока сохраняемости аппаратуры, включающего в себя временные затраты на производство, испытания и хранение космического аппарата до его запуска на орбиту. Для бортовых радиоэлектронных средств основными показателями надежности являются:

- вероятность безотказной работы $p(t)$;
- средняя наработка до отказа $T_{ср}$;
- γ -процентный срок сохраняемости $T_{с\gamma}$;
- средний срок сохраняемости T_c .

При проектировании и разработке бортовой аппаратуры для обеспечения ее надежности используются следующие мероприятия:

- функциональный анализ;
- анализ видов, последствий и критичности отказов;
- анализ худшего случая;
- анализ безопасности;
- анализ электрических и тепловых нагрузок, комплектующих и мер по снижению этих нагрузок, ресурса и сохраняемости.

На этапе наземной экспериментальной отработки космических аппаратов проводится комплекс мероприятий, целью которого является подтверждение технических характеристик и параметров надежности оборудования в условиях, близких к эксплуатационным.

На этапе летных испытаний и штатной эксплуатации космических аппаратов проводится анализ результатов функционирования бортовой аппаратуры и уточнение параметров надежности с помощью программных комплексов.

Методика расчета основывается на следующих предположениях:

- Распределение времени до отказа описывается экспоненциальным распределением:

$$P(t) = \exp(-\lambda t),$$

где λ – интенсивность отказов элемента;

- учет режимов работы и другие особенности аппаратуры, выражаются во введении коэффициентов в математическую модель эксплуатационной интенсивности отказов, имеющей вид:

$$\lambda_{\text{э}} = \lambda_{\text{б.г.г.}} \cdot \prod_{i=1}^n K_i$$

где $\lambda_{\text{б.г.г.}}$ – базовая интенсивность отказов группы элементов, K_i – коэффициенты, учитывающие изменения эксплуатационной интенсивности отказов в зависимости от различных факторов;

- модели расчета эксплуатационной интенсивности отказов строятся с учетом постоянства интенсивности отказов по времени.

В результате исследования можно сделать вывод, что при реализации методов прогнозирования качества и надежности бортовых радиоэлектронных средств, можно реализовать систему индивидуального прогнозирования показателей качества и надежности с помощью вероятностных методов для конкретных партий изделий, входящих в состав бортовой аппаратуры.

Кроме того, требования к индивидуальным проектам в отношении качества и надёжности радиоэлектронных средств, предназначенных для монтажа бортовой аппаратуры космических аппаратов, а также точности, достоверности и эффективности прогнозирования, с каждым годом становятся все выше. Таким образом методика, представленная в статье может быть успешно применена для решения новых задач прогнозирования надежности бортовых радиоэлектронных средств, а также для их классификации по информативным параметрам. В качестве дополнительного метода контроля полученных результатов можно использовать метод экстраполяции.

REFERENCES

1. Мишанов Р.О. Индивидуальное прогнозирование показателей качества и надежности компонентов радиоэлектронных средств космических аппаратов. – диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук. – 2018 – с. 18-24.
2. Витвицкий, В.Г. Факторы повышения надежности и устойчивости работы полевых транзисторов с барьером Шоттки / В.Г. Витвицкий, Т.А. Гевондян, В.Н. Дианов // Надежность и качество – 2013: труды междунар. сипоз. В 2-х т. Под ред. Н.К. Юркова. – Пенза: Изд-во ПГУ, 2013. – Т. 2. – С. 124-126.
3. Rainal, A.I. Performance Limits of Electrical Interconnections to a High – Speed Chip / A.I. Rainal // IEEE Transactions on Components, Hybrids, and Manufacturing Technology. – 1988. – Vol. 11, Issue 3. – P. 260-266.
4. Надежность ЭРИ: Справочник. – М.: Изд-во ЦНИИ 22 МО, 2006. – 641 с..