

УДК 681.3

## ПРОБЛЕМЫ И МЕТОДЫ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ПОКАЗАТЕЛЕЙ НАДЕЖНОСТИ РАДИО-ЭЛЕКТРОННОЙ АППАРАТУРЫ

Кутарева Е.А. (Санкт-Петербургский государственный университет телекоммуникаций им. проф. М.А. Бонч-Бруевича), Николаев К.С. (Санкт-Петербургский государственный университет телекоммуникаций им. проф. М.А. Бонч-Бруевича)

**Научный руководитель – к.т.н., доцент Бондаренко И.Б.**

(Санкт-Петербургский государственный университет телекоммуникаций им. проф. М.А. Бонч-Бруевича)

В настоящее время, несмотря на развитие математических методов, определение и прогнозирование показателей надежности сложных электронных устройств, особенно при ускоренных испытаниях, затруднительно по ряду причин. Это и сложная структура, и разнообразие видов отказов, и многообразие физико-химических процессов, развивающихся в материалах. С другой стороны, использование высоконадежной элементной базы и методов резервирования, позволяет повысить надежность электронных узлов и всей аппаратуры до такого уровня, что при ускоренных испытаниях отказов может вообще не наблюдаться. Вместе с тем прогнозирование остаточного ресурса при эксплуатации в тяжелых условиях также проблематично из-за сложности их учета.

**Введение.** Развитие технологий для производства электронной базы приводит к увеличению надежности как электрорадиоэлементов, так и устройств в целом. Но сокращение размеров элементов ведет как к усилению эффектов, так и возникновению новых физико-химических процессов, приводящих в конечном итоге к их отказу. Это и изменение коэффициента усиления, увеличение обратного тока, утечка заряда, развитие дефектов в кристаллической решетке. Причем отказы могут стать проявлением как медленных процессов деградации в полупроводниках, так и стремительно развивающихся из-за нарушения изоляции между элементами. Поэтому испытания на надежность теоретически должны выявлять все внезапные отказы радио-электронной аппаратуры до поставки ее заказчику. Но так как предприятия не заинтересованы в длительных испытаниях, все чаще используется их ускоренные аналоги. В этом случае развитие отказов сложно предсказать, используя известные распределения. Еще одна проблема – за время испытаний небольшой выборки высоконадежных элементов, например, используемых в военной технике, отказов может быть не зафиксировано вовсе. В последнем случае расчеты показателей надежности становятся невыполнимыми. Решением данных проблем при определении показателей надежности могут служить предложенные методы прогнозирования.

**Основная часть.** Переход от испытаний в нормальных условиях к ускоренным требует пересмотра закона распределения наработки до отказа из-за возрастания ошибки. Так при расчете надежности электронной аппаратуры с использованием экспоненциального закона, происходит занижение оценки средней наработки до отказа системы в корень квадратный из числа элементов (при условии их последовательного соединения). Более достоверную оценку показателей надежности при испытании небольшой выборки можно обеспечить, имея дополнительную априорную информацию, например, значение коэффициента вариации. Установлено, что коэффициент вариации распределения отказов при диффузионном распределении совпадает с коэффициентом деградации, а последний может быть определен на основе исследования как процессов разрушения (прочности, усталости, изнашивания и др.), так и статистических данных об отказах при испытаниях и эксплуатации изделий-аналогов. Для радиоэлектронной аппаратуры коэффициент вариации изменяется в диапазоне 0,5...1,2. Для прогнозирования отказов в работе предполагается использовать один из методов, множество которых в настоящее время образует целые кластеры: от простейших экстраполяционных до сложных многошаговых процедур экспертных опросов. Методы

прогнозирования классифицируются по характеру исходных данных, по используемому подходу к прогнозированию и по способу обработки, анализа исходных данных и формированию прогноза.

**Выводы.** В ходе работы, исходя из выбранного метода, разработана программа для прогнозирования показателей надежности электронного устройства с использованием априорных данных испытаний и применением уточненных законов распределения отказов, учитывающих деградиационные процессы в материалах. Это позволит решить вышеописанные проблемы определения показателей надежности электронной аппаратуры, в том числе и при проведении ускоренных испытаний.

Кутарева Е.А.

Бондаренко И.Б.