

УДК 629

Оптимальный приемочный контроль надежности электронных систем космической техники по иерархии их производства

Насибулин Марат Шамильевич

info.niiks@khrunichev.ru

SPIN-код: 9628-7262

Рудаков Валерий Борисович^(*)

kodrian.es@khrunichev.ru

SPIN-код: 6423-3496

НИИ КС им. А.А. Максимова — филиал АО «ГКНПЦ им. М.В. Хруничева», Королев, Россия

Аннотация. Разработана математическая модель и алгоритм для проведения экономически оптимального приемочного контроля надежности электронных систем космической техники во взаимосвязанной трехуровневой иерархической структуре, соответствующей процессу контроля их в производстве.

Ключевые слова: космическая техника, достоверность, надежность, оптимизация, приемочный контроль, риски 1-го и 2-го рода, требования

Введение. Рассматриваются сложные электронные системы (ЭС) космической техники (КТ) и входящие в них изделия (элементы), к надежности которых задаются требования в виде допустимой интенсивности отказов. ЭС КТ относятся к классу систем, обладающих высокой конструктивной сложностью, состоят из различных электронных изделий, изготавливаются в единичных экземплярах, что связано с их высокой стоимостью и спецификой задач, выполняемых в космическом пространстве. Этап производства ЭС КТ является важнейшим этапом их создания, где обеспечение высокого качества и надежности систем КТ является одним из главных направлений [1].

Практическая реализация этого направления напрямую связана с проблемой совершенствования методологии рационального планирования и проведения приемочного контроля в части выполнения требуемых значений показателей надежности ЭС КТ, заданных в технической документации. Это совершенствование заключается в решении следующей задачи. С одной стороны, при проведении контроля необходимо подтвердить постоянно возрастающие требования к надежности систем КТ при минимуме экономических затрат на контроль и потерь, связанных с рисками принятия ошибочных решений о выполнении этих требований. При этом риски принятия ошибочных решений связаны с достоверностью контроля, носят вероятностный характер и вызваны ошибками, возникающими при контроле, обусловленными случайным характером возникновения отказов и ограниченным временем проведения контроля. Высокие значения этих рисков могут вызвать отказы ЭС КТ в космосе, аварии ракет космического назначения и т. д. С другой стороны, производство сложных систем КТ, создаваемых на предприятиях отрасли, является единичным, и условия производства характеризуются недостатком

статистической информации для достоверного подтверждения высоких требований, предъявляемых к их надежности.

Методы и материалы; результаты. Анализ показал, что в общем виде приемочный контроль надежности ЭС КТ в процессе производства носит выборочный характер и организован следующим образом. На первом этапе проводится приемочный контроль изделий, составляющих систему, на предприятиях-изготовителях; на втором этапе проводится входной приемочный контроль надежности совокупности разных изделий (включая и партии одинаковых изделий), поступающих на входной контроль сборочного предприятия для изготовления ЭС КТ в целом. После ее изготовления на сборочном предприятии проводится контроль надежности системы в целом — это третий этап.

Производство систем КТ идет по уровням иерархии их создания. При этом контроль низших уровней предшествует приемочному контролю более высоких уровней и системы в целом после ее изготовления, а результаты контроля низших уровней системы свидетельствуют не только о состоянии данного уровня, но и несут определенную долю информацию о состоянии надежности системы в целом. Эту информацию необходимо учитывать при планировании и проведении контроля готовой системы для достоверного подтверждения заданных требований. Такой подход к решению поставленной задачи позволяет рассматривать производство ЭС КТ как единый процесс, что соответствует практике их создания.

Разработана математическая модель и алгоритм для проведения экономически оптимального приемочного контроля надежности ЭС КТ во взаимосвязанной трехуровневой иерархической структуре, соответствующей процессу контроля их в производстве: — при приемочном контроле готовых электронных изделий КТ, составляющих систему КТ, после их изготовления на предприятиях-изготовителях; — при входном контроле надежности совокупности этих изделий, поступающих на сборочное предприятие для изготовления системы; — при контроле системы в целом после ее изготовления.

В исследовании использован аппарат алгебры событий, теория принятия решений, байесовский подход с учетом моделей объединения неоднородной статистической информации и теория сопряженных распределений [2–4].

Заключение. Практическое использование модели и алгоритма позволит снизить экономические затраты на контроль и потери, связанные с рисками принятия ошибочных решений, при подтверждении заданных требований к надежности ЭС КТ.

Список источников

- [1] РК–11. *Положение о порядке создания и серийного производства ракетных и космических комплексов*. Москва, РОП, 2010. 382 с.
- [2] Волков Л.И., Рудаков В.Б. *Статистический контроль иерархических систем*. Москва, Изд-во СИП РИА, 2002. 360 с.

-
- [3] Насибулин М.Ш. Взаимосвязь рисков принятия ошибочных решений при планировании и проведении оптимального контроля надежности иерархических систем космической техники в условиях мелкосерийного производства. *Вестник НПО им. С.А. Лавочкина*, 2024, №3, с. 25–31.
 - [4] Рудаков В.Б., Макаров М.И. Риски принятия ошибочных решений в задаче рационального планирования контроля надежности электронных изделий ракетно-космической техники. *Двойные технологии*, 2017, № 4, с. 21–30.