

СЕКЦИЯ 5

ВОПРОСЫ МЕТРОЛОГИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ И ИСПЫТАНИЙ ИЗДЕЛИЙ НАУКОЕМКОГО ПРИБОРОСТРОЕНИЯ

СПОСОБЫ УСКОРЕННЫХ РЕСУРСНЫХ ИСПЫТАНИЙ ВОЛОКОННО-ОПТИЧЕСКИХ ДАТЧИКОВ РАЗНОРОДНЫХ ФИЗИЧЕСКИХ ВЕЛИЧИН С ОТКРЫТЫМ ОПТИЧЕСКИМ КАНАЛОМ

Е. А. Полякова¹, Т. И. Мурашкина²

¹АО «НИИ физических измерений», г. Пенза

²Пензенский государственный университет, г. Пенза

Научный руководитель – Т. И. Мурашкина, д.т.н., профессор

В современной ракетно-космической технике (РКТ) крайне актуальна проблема повышения качества и надежности функционирования информационно-измерительных систем (ИИС). Качество функционирования ИИС обеспечивают такие требования, как повышенная точность измерения, искро-взрыво-пожароопасность, радиационная стойкость, работоспособность при воздействии электромагнитных помех повышенной интенсивности [1]. Добиться реализации данных требований позволяют волоконно-оптические ИИС (ВОИИС) на основе применения волоконно-оптических датчиков (ВОД) с открытым оптическим каналом, которые достигли необходимого уровня технологической готовности в телекоммуникациях и наземной инфраструктуре, что обусловлено целым рядом преимуществ:

- практически неограниченную полосу пропускания частот;
- невосприимчивость к электромагнитным помехам;
- малый вес и небольшие габариты;
- механическая гибкость;
- простую конструкцию;
- простую гальваническую развязку и др. [2, 3].

Одной из главных задач при создании ВОИИС и их компонентов является обеспечение их надежности. Требования по надежности, предъявляемые к ВОД в соответствии с техническим заданием, достигают в части долговечности 25...30 лет для изделий ракетно-космической и авиационной техники, 50...60 лет – для изделий атомной промышленности (АЭС) и должны подтверждаться на стадии разработки ВОД и ВОИИС экспериментальным способом в соответствии с требованиями нормативной документации [4]. При этом сроки, отведенные на освоение, разработку и серийное производство сильно ограничиваются заказчиком. Проведение испытаний по оценке показателей надежности традиционными способами оказываются нецелесообразными, так как требуют значительных материальных затрат и человеческих ресурсов и зачастую не могут быть выполнены. К тому же, в состав ВОИИС, как правило, входят ВОД разнородных физических величин, что гораздо повышает материальные затраты на изготовление образцов каждого конструктивного исполнения для проведения испытаний. При загруженности испытательного оборудования приходится проводить испытания каждого конструктивного исполнения поочередно, что так же увеличивает время получения результата.

В целях безусловного выполнения договорных обязательств и обеспечения качественными и высоконадежными изделиями заказывающие организации в указанные сроки задача сокращения затрат на проведения испытаний по подтверждению показателей надежности является актуальной.

Один из путей снижения затрат – сокращение времени на проведение испытаний. Возможность подтвердить высокие показатели долговечности в сжатые сроки, сократив при этом

затраты на проведение испытаний дают ускоренные ресурсные испытания, методы и условия проведения которых обеспечивают получение необходимого объема информации по надежности аппаратуры в более короткий срок, чем при нормальных испытаниях [5]. Исходя из этого стоит задача разработки новых способов проведения ускоренной оценки долговечности ВОД с открытым оптическим каналом.

В настоящее время существует множество методик ускоренных ресурсных испытаний, используемых для оценки ресурса аппаратуры на стадии разработки. Все методики руководствуются положениями нормативных документов. С целью поиска новых способов ускоренных испытаний на долговечность проведен анализ имеющейся нормативной документации. Исходя из анализа нормативных документов, устанавливающих требования к проведению ускоренных испытаний на надежность выделено два принципа ускоренной оценки показателей долговечности: в нормальном и форсированном режимах. Данные принципы применяются при разработке методов испытаний на надежность, которые включаются в конструкторские и нормативно-технические документы на конкретные виды изделий.

Испытания в нормальном режиме проходят в тех эксплуатационных условиях, в которых показатели надежности заданы в техническом задании и подразумевают последующее прогнозирование поведения выбранного параметра - критерия годности. Сокращение продолжительности испытаний при использовании методов прогнозирования обеспечивается возможностью оценить неизвестные коэффициенты модели прогнозирования за время, меньшее продолжительности неускоренных испытаний. На основе полученных оценок производится расчет искомых показателей безотказности или долговечности изделий.

Форсированные испытания основаны на интенсификации деградационных процессов, приводящих к отказу или к предельному состоянию изделия. Интенсификацию деградационных процессов в изделиях при испытаниях на долговечность или безотказность достигают повышением уровня внешних воздействующих факторов относительно нормального режима испытаний, исключением из циклограммы испытаний или сокращением длительности воздействия нагрузок, которые оказывают наименьшее или незначительное воздействие на надежность изделия и изменением скорости воздействия нагрузок. Может применяться комплексное воздействие вышеуказанных способов.

Ускорение испытаний основано на использовании априорных сведений о надежности объекта испытаний. Для получения этих сведений при испытаниях во всех режимах проводятся предварительные исследования. Так, цель предварительных испытаний при форсировании – выбрать эффективный и автомодельный режим испытаний и определить коэффициент ускорения, а при прогнозировании – выбрать модель прогнозирования, что порой достаточно сложно. Результаты, полученные при ускоренных испытаниях экстраполируют на нормальные условия испытаний. Цель всех ускоренных испытаний на долговечность заключается в том, чтобы старение ускорилось, а процесс деградации параметров происходил так же, как и при нормальной работе схемы [6].

Известные нормативные документы устанавливают основные принципы и нормы ускоренных испытаний на ресурс, которые необходимо применять при разработке программ ресурсных испытаний волоконно-оптических датчиков (ВОД), объединенных в волоконно-оптические ИИС с длительным сроком активного существования [7–9].

К основным методам ускорения испытаний в общем случае можно отнести:

- уплотнение рабочих циклов, а именно сокращение перерывов в работе, исключение холостых ходов, устранение простоев, сокращение времени на вспомогательные работы, исключение нерабочих климатических периодов;
- метод экстраполяции по наработке на основе моделей отказов;
- усечение спектра нагрузок;
- повышение скорости приложения нагрузок;

В качестве метода ускорения испытаний также используется принцип сравнения, который основан на использовании данных об аналогичных изделиях. В зависимости от имеющейся информации оценка надежности изделий производится следующими способами:

- сравнением показателей надежности двух видов изделий по результатам только форсированных испытаний;
- сравнением показателей надежности изделия в форсированном режиме с результатами испытаний в этом и нормальном режимах изделия-аналога;

– пересчетом результатов испытаний изделия в форсированном режиме к нормальному режиму по имеющейся зависимости показателей надежности от уровня нагрузки.

Представленные принципы являются универсальными для аппаратуры всех классов и распространяются на ИИС любого срока активного существования.

Однако, все известные стандарты распространяются на группу однородных изделий, что является их существенным недостатком. В стандартах отсутствуют принципы разработки методики ускоренных испытаний для новых ИИС, в состав которых входят унифицированные компоненты ВОД разнородных физических величин.

В связи с вышеизложенным актуальной задачей является разработка методики ускоренных ресурсных испытаний ВОД разнородных физических величин, входящих в состав волоконно-оптической ИИС. Такая методика будет востребована при подтверждении показателя долговечности ИИС в значительно короткие сроки не только за счет применения принципов ускорения в соответствии с нормативными документами, но и за счет распространения результатов испытания датчиков одной физической величины на ряд унифицированных датчиков разнородных физических величин, входящих в состав системы, что значительно сократит временные и материальные затраты на проведение испытаний и получения их результатов.

Библиографический список

1. Бадеева, Е. А. Требования к ВООД и разности давлений со стороны информационно-измерительных и управляющих систем ракетно-космической и авиационной техники / Е. А. Бадеева // Актуальные проблемы науки : материалы Междунар. науч.- практ. конф. – Вып. XI. Технические науки. – Кузнецк, 2016. – С. 213–220.
2. Мурашкина, Т. И. Амплитудные волоконно-оптические датчики автономных систем управления : монография / Т. И. Мурашкина, В. И. Волчихин. – Пенза : Изд-во ПГУ, 1999. – 188 с.
3. Фотонные технологии в космическом приборостроении / А. К. Пономарев, А. А. Романов, А. Е. Тюлин // Ракетно-космическое приборостроение и информационные системы. – 2016. – Т. 3. – Вып. 2. – С. 4–6.
4. Торгашин, С. И. Об оценке качества и надежности сейсмодатчиков систем аварийной защиты реакторных установок / С. И. Торгашин, А. А. Папко, Е. А. Полякова // Измерение. Мониторинг. Управление. Контроль. – 2017. – № 2 (20). – С. 6–13.
5. ГОСТ РВ 20.57.304–98 КСКК. Аппаратура, приборы, устройства и оборудование. Методы оценки соответствия требованиям к надежности. – М., 1998.
6. Строганов, А. В. Долговечность интегральных схем и производственные методы ее прогнозирования / А. В. Строганов. – URL: <http://www.chipinfo.ru/literature/chipnews/200206/8.html>
7. Мурашкина, Т. И. Теория, расчет и проектирование волоконно-оптических измерительных приборов и систем : учеб. пособие / Т. И. Мурашкина. – Пенза : Изд-во ПГУ, 1999. – 133 с.
8. ГОСТ Р 56526–2015 Требования надежности и безопасности космических систем, комплексов и автоматических космических аппаратов единичного (мелкосерийного) изготовления с длительными сроками активного существования. – М., 2015.
9. Кузнецов, В. А. Волоконно-оптические информационно-измерительные системы / В. А. Кузнецов, В. Н. Цуканов, М. Я. Яковлев. – М. : ЦНИТИ Техномаш-ВОС, 2009. – 8 с.