

ИЕРАРХИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ РАБОТ ПО КОНТРОЛЮ НАДЕЖНОСТИ ИЗДЕЛИЙ СЛОЖНОЙ ТЕХНИЧЕСКОЙ АППАРАТУРЫ НА СТАДИИ РАЗРАБОТКИ

A MODEL OF THE WORK BREAKDOWN STRUCTURE ABOUT MONITORING THE DESIGN RELIABILITY FOR TECHNICAL EQUIPMENT

N. Fedorova

Summary. The main methods of monitoring the design reliability of technical equipment are given in the paper. An approach to the design reliability assessment is presented. A model of the work breakdown structure about monitoring the design reliability is developed. It shows hierarchical decomposition of the total scope of the work.

Keywords: reliability, monitoring reliability, technical equipment, censored data.

Федорова Надежда Юрьевна

Аспирант, АНО ДПО «НОЦ ВКО «Алмаз-Антей»
(г. Москва)

fedorova-21@internet.ru

Аннотация. В работе приведены основные методы контроля надежности изделий сложной технической аппаратуры на стадии разработки. Изложен подход к определению экспериментальной оценки надежности на стадии разработки. Разработана иерархическая модель работ по контролю надежности на стадии разработки, которая отражает весь объем работ и определяет структурную декомпозицию процесса.

Ключевые слова: надежность, контроль надежности, сложная техническая аппаратура, цензурированные данные.

Сегодня для проектирования конкурентоспособной продукции внедряют новые технологии цифрового проектирования и моделирования. Такие технологии являются начальным этапом создания и реализации цифровых высокотехнологичных производств [1]. Основа цифровых предприятий — информационная (электронная) модель предприятия, включающая в себя всю информации о всех жизненных циклах изделия и позволяющая проводить мониторинг текущего уровня качества и надежности. Для обеспечения работы предприятия на современном уровне необходимо разрабатывать и реализовать методы и средства непрерывного контроля надежности, направленные на постоянный обмен информации.

Для изделий сложной технической аппаратуры (СТА) контроль надежности на стадии разработки ограничен сложностью расчета экспериментальных оценок надежности. Это связано прежде всего с отсутствием проведения специальных испытаний на надежность, так как объем выпуска изделий СТА обычно ограничен, а процесс изготовления, отладки, проверки функционирования и доводки занимает слишком много времени. Показатели надежности изделий СТА экспериментально оцениваются по результатам либо совмещенных испытаний, либо наблюдений на этапе эксплуатации [2].

Однако на практике из-за малых партий выпускаемых изделий СТА и сокращения времени на разработку не всегда представляется возможным сформировать достаточное количество данных для применения классических методов математической статистики. Но, тем не менее, уже по данным ограниченного объема требуется оценить надежность изделий СТА на стадии разработки.

Сбор информации о надежности

Начальным этапом контроля надежности является сбор информации о надежности. В качестве исходной информации используется информация о структуре изделия и взаимодействии составных частей, экспериментальная информация о результатах функциональных и автономных испытаний изделия СТА, информация о результатах проверок технического состояния и функционирования как изделия СТА, так и составных частей [3].

Для сбора необходимой информации создается соответствующая система сбора информации о надежности, которая определяет формы сбора, ответственных за заполнение форм, порядок прохождения заполненных форм, сроки представления информации и порядок ее хранения.

Таблица 1. Классификация отказов по отношению к оцениваемым показателям надежности

Учитываемые	Неучитываемые
1. производственные и конструктивные отказы, по которым не приняты меры, исключающие причины их возникновения; 2. отказы, причины которых не определена; 3. отказы ПКИ иностранного и отечественного производства, в том числе без ответа поставщика ПКИ, не подтвержденные поставщиком, по вине поставщика; 4. отказы ПКИ по вине эксплуатирующей организации, по которым не проведены мероприятия, исключающие их повторное появление;	1. отказы, вызванные внешними воздействиями, не предусмотренными в технической документации на изделие; 2. отказы, вызванные нарушением инструкций по эксплуатации; 3. производственные и конструктивные отказы, по которым проведены необходимые мероприятия по исключению причин возникновения отказов; 4. зависимые отказы; 5. сбой; 6. отказы ПКИ по вине эксплуатирующей организации, по которым проведены корректирующие мероприятия.

В настоящее время для сбора и хранения информации о надежности на предприятиях используют автоматизированные базы данных SQL (Structured Query Language), в таблицах которых чаще всего содержится информация только об отказах изделий. Для создания непрерывного контроля надежности такая база данных отказов должна содержать информацию не только об отказах изделий, но и информацию о движении изделия в соответствии с этапами разработки, а также информацию о времени выявления отказа и наработке каждого изделия.

Таким образом, по каждому изготовленному в рамках отдельной разработки изделию в такой базе данных может содержаться информация, дополняемая при наступлении каждого значимого с точки зрения учета надежности события.

В рамках построения цифровых предприятий такие базы данных являются не чем иным, как частью общей информационной модели предприятия, которая направлена на сбор и управление данными.

Статистическая обработка информации о надежности

Следующим важным этапом контроля надежности является предварительная обработка и анализ информации о надежности. Основные задачи предварительной обработки состоят в объединении и классификации первичной информации о надежности. Предварительный анализ информации о надежности заключается в качественном анализе информации об отказах: причинно-факторном анализе, пространственном анализе, временном анализе. Причинно-факторный анализ направлен на выявление типовых проблем изделия, целью пространственного анализа является выявление недостатков конструкции и производства изделия, а временной анализ ориентирован на определение циклических закономерностей отказов.

Для причинно-факторного анализа первичную информацию о надежности классифицируют по причинам возникновения отказов. Для изделий СТА отказы подразделяются на:

- ◆ конструктивный отказ;
- ◆ производственный отказ;
- ◆ эксплуатационный отказ;
- ◆ отказ покупного комплектующего изделия;
- ◆ отказ, причина которого не определена;
- ◆ сбой (самоустранившийся или не подтвердившийся отказ).

Качественный анализ информации об отказах осуществляют с помощью гистограмм, диаграмм Парето и Исикавы. Такой анализ проводят для выявления недостатков в конструкции и производстве изделия и оценки эффективности корректирующих мероприятий.

С точки зрения задач экспериментальной оценки надежности одной из важных групп классификации является классификация отказов по отношению к оцениваемым показателям надежности. При такой классификации все отказы разделяются на «учитываемые» и «неучитываемые» по причинам возникновения отказов. Учитываемые отказы носят случайный характер. Неучитываемые отказы не влияют на оценки показателей надежности и не принимаются при расчетах [4]. В таблице 1 приведена классификация отказов по отношению к оцениваемым показателям надежности.

Экспериментальная оценка надежности по ограниченной информации

Количественный анализ информации о надежности СТА связан с двумя основными трудностями, возникающими при обработке информации, а именно, наличием цензурированных данных и ограниченным объемом этих данных. Явление, при котором для части контролируемых изделий отсутствуют сведения о моментах



Рис. 1. Иерархическая модель работ по контролю надежности для изделий сложной технической аппаратуры.

наступления отказа за период наблюдения, носит название цензурированных данных, а получаемые в результате выборки — цензурированных выборок [5].

Разработано достаточно много параметрических и непараметрических методов оценивания по цензурированным выборкам. Наиболее известны методы максимального правдоподобия, моментов, наименьших квадратов, Каплана-Мейера, Нельсона-Аалена, Джонсона, последовательного перехода к новой системе координат [6].

Применение параметрических методов для экспериментальной оценки показателей надежности требует предположения о виде закона распределения случайных величин. В случаях, когда объем статистических

данных мал, а вид закона распределения не очевиден, параметрические методы не позволяют адекватно описать реальный процесс. Поэтому для цензурированных выборок малого объема во многих случаях используют непараметрические методы.

Для улучшения точности и достоверности оценки известные непараметрические методы можно применять в совокупности с методами статистического моделирования. Такой подход позволит проводить точечное и интервальное оценивание показателей надежности.

Таким образом, непрерывный контроль надежности для изделий СТА должен включать в себя работы по сбору и обработке информации о надежности, в том числе качественный и количественный анализ

информации о надежности изделий. Проведение непрерывного контроля на стадии разработки позволит осуществлять мониторинг текущего уровня надежности изделий, своевременно выявлять конструктивные и технологические недостатки изделия, устанавливать ненадежные элементы и составные части изделий, обосновывать необходимость проведения мероприятий для совершенствования конструкции и технологии изготовления изделий, и оценивать эффективность таких мероприятий.

Для детализированного описания работ по контролю надежности была построена иерархическая модель работ (WBS) (рис. 1). Иерархическая модель работ демонстрирует весь объем работ, сформированный в виде иерархической структуры, т.е. представляет собой декомпозицию процедуры контроля. Иерархическая модель работ разработана с целью визуализации и лучшего понимания объема, и типа работ. Представ-

ленная модель может быть дополнена в соответствии с заданными целями проведения контроля.

Заключение

Представленная иерархическая модель работ по контролю надежности позволяет оценить объем работ и выделить способы обработки информации в соответствии с целями контроля. Предложенную модель можно использовать для обоснования необходимости во времени и ресурсах для проведения контроля.

В целом, процедуры контроля надежности интегрированные в процесс разработки изделия как часть информационной модели цифрового предприятия позволит сократить время достижения требуемых значений показателей надежности изделия и снизить затраты на доработку изделия за счет своевременного проведения контрольных процедур.

ЛИТЕРАТУРА

1. Григорьев С.Н. Принципы построения цифровых производств в машиностроении / С.Н. Григорьев, А.А. Кутин, В.А. Долгов // Вестник МГТУ «Станкин». — 2014. — № 4(31). — С. 10–15.
2. Надежность технических систем: Справочник / Ю.К. Беляев, В.А. Богатырев, В.В. Болотин и др.; Под ред. И.А. Ушакова. — М.: Радио и связь, 1985. — 608 с.
3. Животкевич И.Н. Надежность технических изделий / И.Н. Животкевич, А.П. Смирнов. — М.: Институт испытаний и сертификации вооружений и военной техники, 2004. — 472 с.
4. Гурьянов А.В. Алгоритм классификации учитываемых и неучитываемых отказов при оценке показателей надежности изделий авионики / А.В. Гурьянов, О.А. Кузнецова, А.В. Шукалов, И.О. Жаринов, В.А. Нечаев // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. — 2017. — т. 19, № 1 (2). — С. 341–345.
5. Скрипник В.М. Анализ надежности технических систем по цензурированным выборкам / В.М. Скрипник, А.Е. Назин, Ю.Г. Приходько, Ю.Н. Благовещенский. — М.: Радио и связь, 1988. — 184 с.
6. Буртаев Ю.Ф. Статистический анализ надежности объектов по ограниченной информации/ Ю.Ф. Буртаев, В.А. Острейковский. — М.: Энергоатомиздат, 1995. — 240 с.

© Федорова Надежда Юрьевна (fedorova-21@internet.ru).

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»