

*Коннова Надежда Юрьевна, аспирант,  
АНО ДПО «НОЦ ВКО «Алмаз – Антей»*

## **АНАЛИЗ МЕТОДОВ ОБЕСПЕЧЕНИЯ НАДЕЖНОСТИ СЛОЖНЫХ ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ НА ЭТАПЕ РАЗРАБОТКИ**

**Аннотация:** Работа посвящена обзору методов обеспечения надежности сложных технических систем на этапе разработки. Проведен краткий сравнительный анализ основных методов с точки зрения эффективности их применения на ранних стадиях разработки. Определено, что метод дерева неисправностей является наиболее подходящим. Приведено описание недостатков представленных методов. Представлено описание альтернативного метода КТАН. Показано, что эффективное обеспечение надежности на ранних стадиях разработки требует введения новых процедур и методов в дополнение к уже существующим методам анализа надежности.

**Ключевые слова:** надежность, методы обеспечения, сложные системы.

**Abstract:** The work is devoted to a review of methods for ensuring the reliability of complex technical systems at the design stage. A brief comparative analysis of the main methods in terms of the effectiveness of their application in the early design stages is carried out. The Fault tree analysis is the most suitable. The description of the disadvantages of the presented methods is given. A description is given of an alternative method of КТАН. It is shown that the effective provision of reliability at the early design stages requires the introduction of new procedures and methods in addition to the existing methods of reliability analysis.

**Key words:** reliability, support methods, complex systems.

В настоящее время развитие электроники тесно связано с усложнением радиоэлектронных изделий за счет увеличения количества используемых элементов и уменьшения их размеров. Работа сложных технических систем часто нуждается в расширении требований к условиям работы, повышению точности и эффективности выполнения заданных функций. Все это означает, что к сложным техническим системам предъявляют высокие требования к надежности.

Известно, что наиболее эффективный рост и обеспечение надежности может быть достигнут только на ранних этапах проектирования [1]. Реализация действенных мероприятий по обеспечению надежности на этапе разработки может существенно снизить потери и достичь требуемого высокого уровня надежности.

Существует ряд методов анализа надежности, позволяющих реализовать обеспечение надежности на ранних стадиях разработки. Такие методы способствуют преждевременному выявлению ненадежных мест конструкции и способствуют снижению как временных, так и финансовых затрат на разработку.

Описание методов анализа надежности и руководство по их применению приведено в ГОСТ Р 51901.5 [2]. Представленные в данном стандарте методы могут быть использованы для прогнозирования, исследования и улучшения надежности, работоспособности и ремонтпригодности технических систем. Однако в стандарте отсутствует описание логико-вероятностного метода, использование которого для сложных технических систем является перспективным направлением [3].

Для анализа надежности сложных технических систем подходят не все описанные в ГОСТ Р 51901.5 методы. В данной работе были рассмотрены методы, применение которых возможно на ранних этапах разработки сложных систем для анализа надежности с точки зрения выявления потенциальных отказов, их причин, ненадежных мест конструкции и выбора наилучшего конструкторско-технологического решения.

В таблице 1 представлены результаты сравнения семи наиболее распространенных и применяемых методов. В наибольшей степени подходящим поставленным задачам методом анализа надежности на ранних стадиях разработки является метод анализа дерева неисправностей. Данный метод позволяет определить возможные отказы, установить их причины, а также сравнить различные варианты конструкции для улучшения надежности системы [4].

Однако метод анализа дерева неисправностей имеет ряд недостатков. Данный метод учитывает только два состояния в системы, исправное и отказавшее и нет возможности учета частичного отказа элемента. Также метод описывают систему в установившемся режиме, поэтому отсутствует возможность исследования динамики происходящих в системе процессов.

Таблица 1, Анализ метода неисправностей

Метод анализа надежности	Подходит для сложных систем	Подходит для новых разработок	Позволяет выявлять возможные отказы	Позволяет выявлять причины отказы	Позволяет сравнивать различные варианты конструкций	Требует высокой квалификации персонала	Высокая возможность применения ПК
Анализ дерева неисправностей [2], [4]	+	+	+	+	+	-	+
Анализ дерева событий [2]	-	-	+	-	+	+	-
Анализ структурной схемы надежности [2], [5]	-	-	+	+	+	-	-
Марковский анализ [2], [6]	+	+	+	-	-	+	-
Анализ сети Петри [2]	+	+	+	-	-	+	-
Анализ видов и последствий отказов [2], [7]	-	-	+	+	-	-	+
Логико-вероятностный метод [8], [9]	+	+	+	-	-	+	+

Другие недостатки метода анализа дерева неисправности связаны с тем, что данный метод, как и остальные представленные в таблице методы, относятся к группе вероятностно-статистических методов. Такие методы опираются на результаты отказов, исследование их статистики и вероятности без учета их физических первопричин.

Методы вероятностно-статистического подхода часто не способны активно повлиять на повышение и обеспечение надежности на стадии разработки за счет того, что происходит оценка уже готовой конструкторской и технологической разработки. Некоторые из этих методов могут дать лишь рекомендации для повышения надежности завершенной конструкции, которые не всегда учитывают все стороны конструкторских и технических требований и возможностей разработки.

Кроме того, вероятностно-статистические методы не подходят для анализа надежности сложных уникальных и малосерийных технических систем во многом из-за отсутствия статистических данных об эксплуатации и соответственно, о вероятностных закономерностях возникновения отказов.

Автор работы [10] также отмечает ряд недостатков вероятностно-статистических методов и описывает метод конструкторско-технологического анализа надежности (КТАН). Автор отмечает, что применение конструкторско-технологических процедур на ранних стадиях жизненного цикла систем позволит достичь заданного уровня надежности инженерными средствами за счет повышения уровня конструкторско-технологических разработок.

Таким образом, эффективное обеспечение надежности на ранних стадиях разработки сложных систем требует введения новых процедур и методов в дополнение к уже существующим методам анализа надежности. Такие усовершенствования позволят существенно увеличить надежность сложной технической системы, а также снизить временные и финансовые затраты на разработку.

### **Библиографический список:**

1. Надежность и эффективность в технике: Справочник. В 10 т./Ред. Совет: В. С. Авдудевский и др. – М.: Машиностроение, 1988.
2. ГОСТ Р 51901.5–2005. Руководство по применению методов анализа надежности [Электронный ресурс]. Доступ из справ.-правовой системы «Техэксперт». URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200041156>.
3. Пятков А. Г. Золотарев В. В. Методы анализа надежности космических аппаратов // Актуальные проблемы авиации и космонавтики. 2015. Том 1. С. 500-502.
4. ГОСТ Р 27.302-2009. Надежность в технике. Анализ дерева неисправностей. [Электронный ресурс]. Доступ из справ.-правовой системы «Техэксперт». URL: <http://docs.cntd.ru/document/gost-r-27-302-2009>.
5. Мрыкин С. В., Вильчек М. И. Метод структурных схем и оценка безотказности системы. Электронные методические указания к лабораторной работе. – Самара, Самар. гос. аэрокос. ун-т, 2010. 27 с.
6. ГОСТ Р 51901.15-2005. Применение марковских методов [Электронный ресурс]. Доступ из справ.-правовой системы «Техэксперт». URL: <http://docs.cntd.ru/document/gost-r-51901-15-2005>.
7. ГОСТ 27.310-95 Надежность в технике. Анализ видов, последствий и критичности отказов [Электронный ресурс]. Доступ из справ.-правовой системы «Техэксперт». URL: <http://docs.cntd.ru/document/gost-27-310-95>.
8. Рябинин И. А. Надежность и безопасность структурно-сложных систем. – СПб.: Политехника, 2000. 248 с.
9. А. Строгонов, В. Жаднов. Обзор программных комплексов по расчету надежности сложных технических систем // Компоненты и технологии. 2007. №5. С.183-190.
10. Похабов Ю.П. Проблемы надёжности и пути их решения при создании уникальных высокоответственных систем // Надежность. 2019. №1. С. 10-17.