

*Лабовский В.М.*

*студент*

*Научный руководитель: Тихонов В.А., к.т.н*

*Филиал НИУ МЭИ в г. Смоленске*

## **СПОСОБ ОЦЕНКИ НАДЕЖНОСТИ ТЕЛЕМЕТРИЧЕСКОЙ АППАРАТУРЫ КОСМИЧЕСКИХ КОМПЛЕКСОВ**

*Аннотация: Говоря о таком понятии, как надежность, никому не требуется объяснять его значение. Это обусловлено тем фактом, что все знают – надежным называют человека либо устройство, которое никогда, либо практически никогда не подводят. В случае с агрегатами это говорит о том, что они постоянно и исправно функционируют без возникновения поломок.*

*Ключевые слова: надежность, оценка надежности, показатели надежности.*

*Labovsky V. M.*

*student*

*Scientific supervisor: Tikhonov V. A., k.t.s*

*Branch of NRU MEI in Smolensk*

## **METHOD FOR EVALUATING THE RELIABILITY OF TELEMETRY EQUIPMENT OF SPACE COMPLEXES**

*Abstract: when Talking about such a concept as reliability, no one needs to explain its meaning. This is due to the fact that everyone knows that a reliable person is called either a device that never, or almost never fails. In the case of aggregates, this means that they are constantly and properly functioning without any breakdowns.*

*Keywords: reliability, reliability assessment, reliability indicators.*

Рассматривая космические комплексы, к которым относят системы связи, ракеты-носители или космические аппараты, используют как общетехнические показатели надежности сложных технических систем, так и иные, специфичные для отрасли показатели. Говоря о комплексных показателях надежности технических систем в космической отрасли, выделяют обобщенные, основные и дополнительные показатели надежности.

Обобщенные показатели надежности демонстрируют надежность комплекса, системы или объекта в целом на всех этапах его функционирования при некоторых заданных методиках, а также условиях его использования.

Основной показатель надежности демонстрирует уровень надежности комплекса, системы или объекта, проецируемый на некоторый временной интервал его функционирования.

Дополнительные показатели надежности применяются при решении частных задач по обеспечению необходимого уровня надежности комплекса или системы, а также последующего контроля данного уровня надежности.

Общая структура всех существующих показателей надежности технических систем в структуре космического комплекса представлена на рисунке 1.

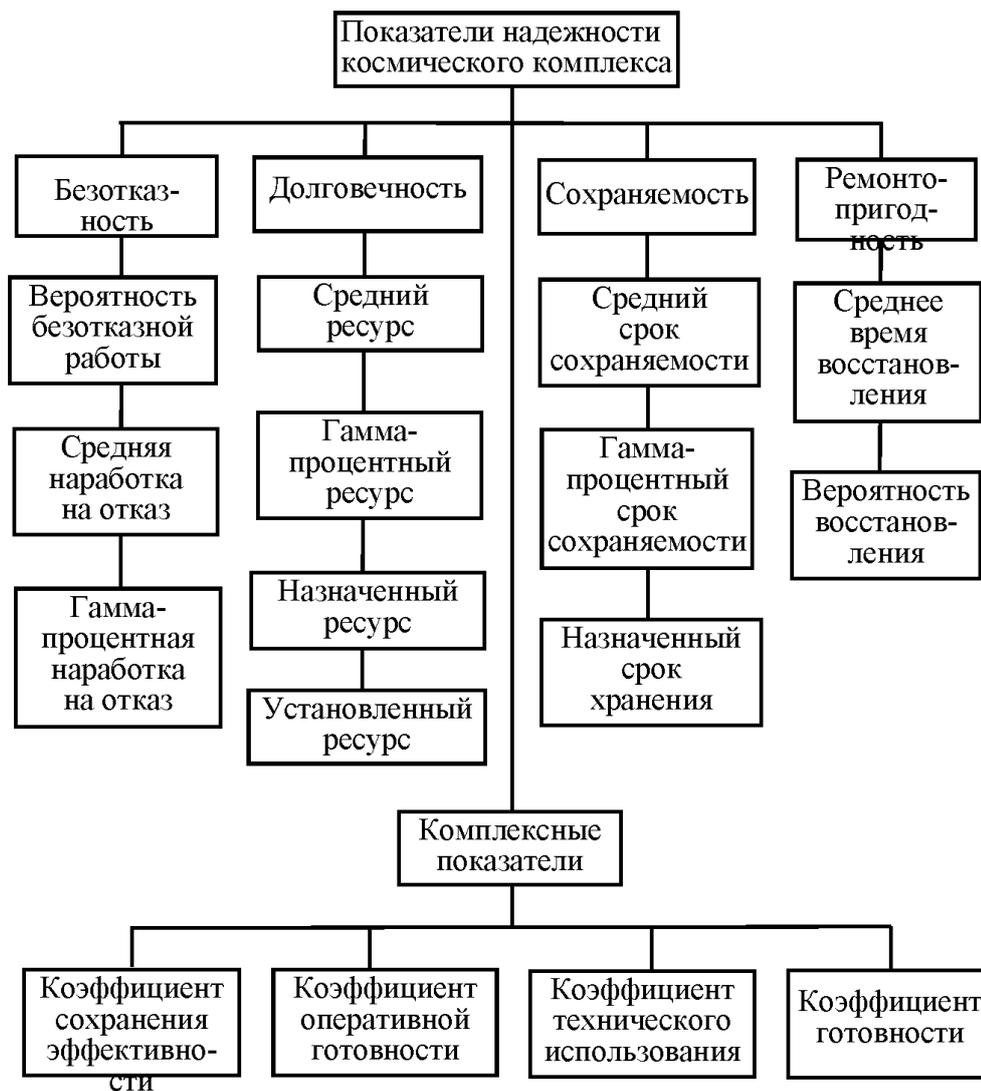


Рисунок 1 – Структура показателей надежности телеметрической аппаратуры

Для обеспечения надежности бортовой аппаратуры проводятся функциональный анализ, анализ (расчет) надежности, видов последствий и критичности отказов, анализ худшего случая, анализ электрических и тепловых нагрузок комплектующих и мер по снижению этих нагрузок, ресурса и сохраняемости; анализ безопасности [1].

Основной показатель надежности бортовой аппаратуры – безотказность в течение требуемого срока активного существования. При анализе вероятности безотказной работы конкретной бортовой аппаратуры рассматривают структурные схемы надежности (ССН), образованные из конечного набора последовательных и параллельных ССН определенного

типа. Таким образом, характер бортовой аппаратуры с параллельными структурами определяется способом и схемой включения резерва [2].

В роли одного из наиболее распространенных методов снижения уровня отказов используется резервирование элементов и каналов связи. Это позволяет добиться увеличения показателей живучести и отказоустойчивости аппаратуры.

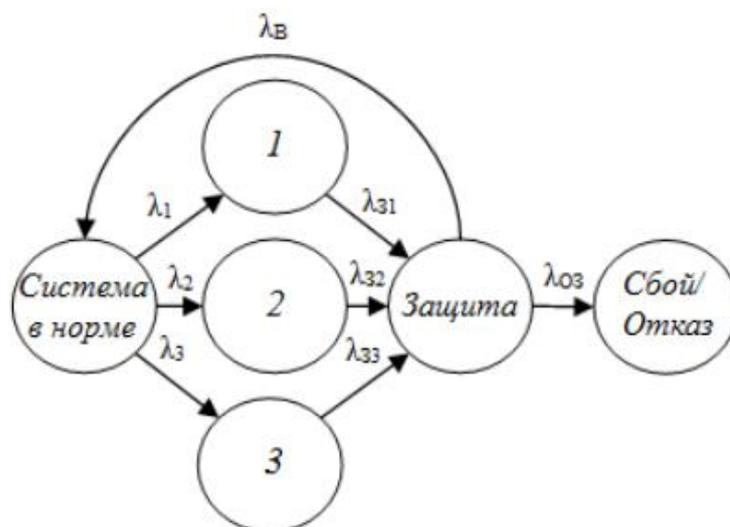


Рисунок 2 – Описание функционирования системы

Расчет характеристик надежности технической системы с использованием структурной схемы надежности основывается на моделировании процессов изменения вероятностей безотказной работы  $P$  или отказа  $Q$  системы в зависимости от времени  $t$ . Исходными данными являются параметры, определяющие характер изменения вероятностей безотказной работы  $P$  или отказа  $Q$  отдельных элементов системы. Все остальные характеристики системы (например, средняя наработка на отказ, количество исправных систем и подсистем в заданный момент времени и другие) являются производными от величин  $P$  или  $Q$ . Так как величины  $P$  и  $Q$  связаны очевидным соотношением  $P + Q = 1$ , то в настоящей статье целью моделирования будет считаться определение вероятности  $P(t)$ , как вероятности безотказной работы системы до момента времени  $t$ .

В случае параметрической оценки надежности элемента системы для расчета вероятности безотказной работы элемента  $P_r = P_r(t)$  используются формулы, формируемые исходя из используемого закона распределения. Для оценки надежности наиболее часто используют следующие распределения: экспоненциальное, нормальное, равномерное, логарифмически нормальное, биномиальное, Вейбулла и Пуассона, гамма-распределение и другие. Могут использоваться их композиции, а также многомерные распределения.

В качестве примера представим метод формирования блоков с нормальным законом распределения вероятности безотказной работы элемента системы (блока).

В случае нормального закона распределения вероятность безотказной работы элемента определяется известным выражением [3]:

$$P_i(t) = 1 - \Phi\left(\frac{t - \bar{t}}{\sigma_t}\right) \quad (1)$$

где  $t$  - текущее значение времени в масштабе задаваемого параметра (например, наработки до отказа);  $\bar{t}$  - математическое ожидание наработки до отказа - параметр места нормального распределения;  $\sigma_t$  - среднее квадратичное отклонение наработки до отказа - параметр формы нормального распределения;  $\Phi\left(\frac{t - \bar{t}}{\sigma_t}\right)$  - функция Лапласа, определяемая выражением:

$$\Phi\left(\frac{t - \bar{t}}{\sigma_t}\right) = \int_0^t \frac{1}{\sigma_t \sqrt{2\pi}} \exp\left(-\frac{(t - \bar{t})^2}{2\sigma_t^2}\right) dt. \quad (2)$$

Расчет вероятности безотказной работы элементов, образующих типовые схемные соединения. Основой анализа структурной схемы надежности системы является группировка элементов по типовым соединениям и расчет вероятности безотказной работы элементов в составе групп. Основными типовыми соединениями элементов являются: последовательное соединение элементов (в случае, если отказ одного

элемента приводит к полному отказу всей группы элементов); параллельное соединение двух и баз ее элементов (в случае, если отказ одного элемента не приводит к отказу всей системы); мостиковая схема соединения элементов; схемы с переключателем и др.

Допустим, что все отказы, характерные для какого-либо элемента системы можно условно разделить на группы по физическим причинам и, соответственно, по приближениям к каким-либо законам распределения плотности вероятности безотказной работы или отказа. Как правило, вполне определенные физические причины отказов принято описывать вполне определенными законами распределения с известными априори характеристиками.

Например, отказы по причине износа элементов системы с высокой степенью достоверности могут быть описаны нормальным законом распределения. На основе такого подхода вводятся понятия - назначенный ресурс и срок службы изделия. Параметры надежности в этом случае определяются по результатам испытаний и опытной эксплуатации.

Другая группа – внезапные отказы, возникающие по широкому спектру трудно идентифицируемых причин. Обычно эти причины связывают с качеством изготовления и полнотой производственного испытания системы. В этом случае вероятность безотказной работы системы обычно аппроксимируют с помощью экспоненциального закона распределения плотности вероятности безотказной работы или отказа. Характеристики надежности определяются экспериментально в процессе эксплуатации или на основе аналогии (опыта эксплуатации прототипа или аналога) с использованием понятий частоты появления отказов и наработки на отказ.

Могут, естественно, выделяться и другие группы отказов элемента структурной схемы надежности с известными или заданными характеристиками.

Сделаем допущение об отсутствии зависимости между фактами появления отказов различных групп между собой. В соответствии с этим подходом считаем, что вероятность появления отказов одной группы не зависит от появления или характеристик законов распределения отказов других групп.

В этом случае, на структурной схеме надежности рассматриваемый элемент системы может быть представлен в виде последовательного соединения условных элементов, каждый из которых определяет вероятность возникновения отказа  $P_{G1}(t)$  и  $P_{G2}(t)$  первой и второй групп соответственно. Таким образом, постулируется, что элемент системы (например, элемент 1) является отказавшим, если возникает отказ любой группы данного элемента:

$$P_1(t) = P_{G1}(t)P_{G2}(t) \quad (3)$$

Предложенный способ является работоспособным и позволяет выполнить объективную оценку надежности и степени готовности телекоммуникационной аппаратуры.

### **Использованные источники**

1. Проведение анализов по обеспечению надежности оборудования, систем и космических аппаратов. Железногорск: НПО ПМ, 2001. - 35 с.
2. Надежность электрорадиоизделий: Справочник. - М.: Изд-во 22 ЦЕНТРАЛЬНЫЙ НАУЧН.-ИССЛЕД. ИСПЫТ. ИНСТИТУТ МО РФ, 2002. – 210 с.
3. Надежность технологического оборудования: учебное пособие / А.М. Климов, К.В. Брянкин. – 2-е изд., стер. – Тамбов : Изд-во Тамб. гос. техн. ун-та, 2008. – 104 с.