

# ПРИНЦИПЫ ОБРАБОТКИ ИНФОРМАЦИИ ПО ОЦЕНКЕ НАДЁЖНОСТИ ОБОРУДОВАНИЯ ТРАНСПОРТА

**А.С. Поляков, доктор технических наук, профессор,  
заслуженный деятель науки РФ.**

**Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России.**

**Д.А. Скороходов, доктор технических наук, профессор.**

**Институт проблем транспорта им. Н.С. Соломенко**

**Российской академии наук**

Представлены принципы сбора статистических данных об отказах и ремонте оборудования транспортных средств, обеспечивающие возможность получения характеристик его надёжности во время эксплуатации. Рассмотрена математическая модель функционирования оборудования в процессе его эксплуатации, соответствующая реальной эксплуатации объекта, а также методика и подробный алгоритм оценки надёжности объекта транспортной системы при произвольных законах распределения составляющих элементов, который предполагает реализацию его в инженерной практике при необходимости минимальных знаний теоретической части предлагаемого метода.

*Ключевые слова:* модель, надёжность, оборудование, методика, объект, распределение, транспортная система

## PRINCIPLES OF INFORMATION PROCESSING EQUIPMENT RELIABILITY ASSESSMENT OF TRANSPORT

A.S. Poljakov. Saint-Petersburg university of State fire service of EMERCOM of Russia.

D.A. Skorohodov.

Institute of problems of transportation of N.S. Solomenko of the Russian academi of sciences

In article are considered principles of gathering of the statistical data on refusals and repair of the equipment of the vehicles, receptions of characteristics of its reliability providing an opportunity during operation. The mathematical model of functioning of the equipment is considered during its operation corresponding to real operation of object. The technique and detailed algorithm of an estimation of reliability of object of transport system is considered at any laws of distribution making it which assumes his realization in engineering practice if necessary the minimal knowledge of a theoretical part of an offered (a suggested) method.

*Keywords:* distribution, equipment, model, reliability, object, technique, transport system

В методических указаниях РД 50-204–87 определены общие требования к сбору и обработке информации о надёжности изделий в эксплуатации. При этом предполагается, что организации, занимающиеся данной работой, должны разработать структуру системы сбора и обработки информации и научно-методические руководства при решении задач планирования наблюдений.

Сбор статистических данных об отказах и ремонтах чаще всего выполняет обслуживающий персонал. Получить в этом случае объективную представительную статистику о надёжности техники в процессе ее эксплуатации чрезвычайно трудно, поскольку:

- отказы иногда возникают по вине обслуживающего персонала, поэтому статистика ведется небрежно, а факты отказов часто скрываются;
- в отрасли отсутствует единая система сбора и обработки информации о надежности техники, во многих случаях сбор статистических данных ведется неквалифицированно;
- полученные данные не дают возможности объективно судить о надежности техники, так как они не отражают физической сущности явлений а поэтому не поддаются математической обработке.

При сборе статистических данных об отказах необходимо иметь в виду, что случайной величиной при оценке надежности является время между отказами, а при оценке ремонтпригодности – длительность времени ремонта. Получить эти данные легко лишь в том случае, если техника работает непрерывно без выключения. Тогда достаточно фиксировать лишь дату отказа. На практике же техника, как правило, работает с перерывами, вызванными отсутствием необходимости ее использования, профилактическими мероприятиями, ремонтами, плохой организацией эксплуатации и другими причинами [1].

При сборе статистических данных об отказах в этих условиях необходимо фиксировать не только дату отказа, но также суммарное время работы между отказами, исключив время нерабочего состояния техники.

Сбор статистических данных об отказах усложняется еще тем обстоятельством, что сложные системы работают в режиме смены отказавших элементов. При таком режиме работы необходимо фиксировать не только время между отказами, но также учитывать возможность замены в прошлом отказавшего элемента. При этом для заполнения карточки отказов недостаточно указать вид отказов, их причину и дату. Необходимо в каждом случае отказа анализировать весь журнал эксплуатации данного устройства. Обслуживающий персонал при существующей организации эксплуатации и его квалификации не видит смысла в этой работе, рассматривает ее как работу дополнительную и ненужную, за которую можно получить выговор.

Сбор статистических данных о надежности в настоящее время ведется в большинстве случаев не с целью определения численных характеристик надежности техники. Преследуются иные, более узкие цели: предъявление рекламаций изготовителям, определение слабых мест техники с целью ее доработок, оправдание своих действий юридически в случае необходимости, обоснование необходимого объема запасных частей, продление технического ресурса и т.п.

Для этих целей нет надобности в строгой научно-обоснованной методике сбора статистических данных об отказах элементов, узлов, устройств и систем. Достаточно лишь указать дату, место и причину неисправности или отказа. Все это позволяет оценить технические средства исследуемого объекта по показателям надежности.

При анализе надежности необходимо, чтобы математическая модель функционирования оборудования в процессе его эксплуатации соответствовала реальной эксплуатации объекта. Математические модели в соответствии с теорией надежности строятся в предположении, что достоверно известно время между отказами каждого элемента сложной системы при условии их непрерывной работы. Тогда можно определить любой показатель надежности. Рассмотрим эту проблему на примере существующей методики определения интенсивностей отказов элементов по данным эксплуатации.

Интенсивность отказов элементов определяется по формуле [1]:

$$\lambda(\Delta t) = \frac{n(\Delta t)}{N_{cp} \Delta t}, \quad (1)$$

где  $n(\Delta t)$  – число отказавших элементов за время  $\Delta t$ ;  $N_{cp}$  – среднее число элементов, исправно работающих на участке  $\Delta t$ .

Интенсивность отказов характеризует надежность невосстанавливаемых устройств только до первого отказа. Поэтому для определения  $\lambda(\Delta t)$  необходимо проводить опыт «с выбрасыванием» отказавших элементов. Отказавшие элементы не должны заменяться исправными.

При отказе сложной системы из-за отказа элемента система не снимается с эксплуатации. Отказавший элемент заменяется исправным, и в опыте остается постоянное число элементов.

В этом случае среднее число исправно работающих элементов  $N_{cp}$  на участке  $\Delta t$  остается постоянным и равным первоначальному их количеству. Тогда обработка статистических данных по формуле (1) дает не интенсивность отказов элементов, а параметр потока отказов (среднюю частоту отказов)  $\omega(t)$ , являющийся характеристикой надежности восстанавливаемых систем.

Получив из эксплуатации недостоверные данные о надежности элементов, разработчик использует их для оценки надежности вновь проектируемой аналогичной техники. При этом, вычисляя показатели надежности сложной системы, он пользуется следующими формулами:

$$\lambda_c = \sum_{i=1}^n \lambda_i, \quad T_c = \frac{1}{\lambda_c}, \quad P_c(t) = e^{-\lambda_c t}, \quad K_z = \frac{T_c}{T_c + T_B},$$

где  $\lambda_c, T_c, P_c(t)$  – интенсивность отказов, наработка на отказ и вероятность безотказной работы системы;  $\lambda_i$  – интенсивность отказов  $i$ -го элемента, полученная из эксплуатации;  $T_B$  – среднее время восстановления системы;  $n$  – число элементов в системе.

Такие расчеты могут привести к большим ошибкам, особенно в случае анализа надежности сложных систем. Здесь три источника ошибок. Во-первых, не верны расчетные формулы, во-вторых, параметр потока отказов системы не равен сумме параметров потоков отказов элементов, в-третьих,  $\lambda_i(t) \neq \omega_i(t)$ .

Отсутствие обоснованных данных о надежности техники затрудняет планирование ее эксплуатации, не дает возможности оценить качество и эффективность сложных объектов, не позволяет выполнять расчеты надежности в процессе проектирования.

Поэтому создание единой системы сбора и обработки статистических данных об отказах техники является инженерной задачей большой важности [2]. Получаемые статистические данные об отказах:

- должны позволять подтвердить характеристики надежности технических устройств и систем, указанные разработчиком и изготовителем;
- должны дать возможность получить показатели надежности элементов, узлов, устройств для их использования в процессе проектирования и производства сложных технических систем;
- должны быть простыми, не требующими большой работы инженерно-технического персонала, занимающегося эксплуатацией техники, методиками, алгоритмами и программами сбора и обработки статистических данных об отказах.

Выполненный анализ критериев и показателей надежности технических средств объекта, а также сформулированные требования к статистическим данным об отказах и системе их сбора и обработки позволили разработать карту отказов (табл.), которую должен заполнять персонал, эксплуатирующий технические средства объекта.

Статистические данные этой карты позволяют получить все показатели надежности. Методики, алгоритмы и программы получения показателей надежности по данным карты отказов достаточно просты и основаны на методах математической статистики и зависимостях, известных в теории надежности.

Таблица. Карта отказов технических устройств

Тип отказавшего устройства	Из-за какого элемента произошел отказ	Время начала эксплуатации устройства	Дата отказа устройства	Общее время наработки отказавшего элемента от начала эксплуатации устройства	Время наработки устройства от момента последнего восстановления до данного отказа	Время восстановления
1	2	3	4	5	6	7

Комплекс методик позволяет учесть следующие факторы эксплуатации:

- восстановление отказавших элементов при техническом обслуживании в работоспособной системе;
- вид состояния резерва (нагруженный, облегченный, ненагруженный);
- наличие последствия отказов;
- ограниченное число ремонтных бригад;
- дисциплину обслуживания отказавших элементов;
- произвольные законы распределения времени безотказной работы и времени восстановления элементов.

Общими допущениями представленных методик являются:

- объект транспорта имеет два возможных состояния – работоспособное и неработоспособное;
- состояние объекта в каждый момент времени однозначно определяется набором состояний всех составляющих его частей;
- функционирование оборудования контролируется непрерывно, то есть момент отказа элемента (составной части оборудования) обнаруживается немедленно после его возникновения;
- восстановление элемента начинается немедленно после его отказа при наличии свободной ремонтной бригады, обслуживающей данный элемент; при отсутствии свободной ремонтной бригады отказавший элемент становится в очередь на обслуживание;
- ремонт элемента после отказа полностью восстанавливает его свойства по надёжности.

Помимо указанных ограничений и допущений, каждая конкретная методика имеет свои дополнительные ограничения и допущения.

Для решения задачи оценки надёжности необходимы следующие исходные данные:

- перечень элементов исследуемого объекта и структура их соединения в виде надёжно-функциональной схемы;
- характеристики безотказности и ремонтпригодности элементов;
- стратегия восстановления отказавших элементов (количество ремонтных бригад, приоритет обслуживания);
- начальное состояние процесса функционирования оборудования;
- время непрерывной работы оборудования.

Методики позволяют вычислять следующие показатели и характеристики надёжности объекта:

- вероятность безотказной работы за время  $[0, t]$ ;
- среднюю наработку до отказа  $T_I$ ;
- наработку на отказ  $T$ ;
- среднее время восстановления  $T_B$ ;
- коэффициент готовности  $K_r$ ;
- функцию готовности  $K_r(t)$  в момент времени  $t$ .

Методики и алгоритмы позволяют разработать программы для ПЭВМ, которые в качестве самостоятельных модулей могут быть включены в пакет прикладных программ оценки надежности объекта:

- методика и алгоритм расчета надежности по формулам;
- методика и алгоритм расчета надежности, основанные на интегральном представлении показателей надежности;
- методика и алгоритм основанные на теории марковских процессов;
- аналитико-статистическая методика и алгоритм оценки надежности систем с большим числом элементов;
- методика и алгоритм оценки надежности систем при произвольных законах распределения.

Известные в настоящее время методы расчета надежности технических систем не позволяют указать оценку погрешности, которая удовлетворила бы инженера-практика. Более того, при надлежащем выборе законов распределения показатели надежности, полученные, например, асимптотическими методами, могут совершенно исказить истинное значение даже при дополнительном условии быстрого восстановления элементов. Важным звеном анализа надежности объекта является разработка инженерных методов вычисления показателей надежности, имеющих достаточно высокую точность.

Основой таких методов служит возможность математического описания функционирования объекта с произвольными законами распределения элементов с помощью системы интегральных уравнений или эквивалентной системы дифференциальных уравнений в частных производных. Это описание может быть выполнено формальным путем, исходя из структурной схемы расчета надежности или ее словесной характеристики, понятия отказа системы, указания числа ремонтных органов и дисциплины обслуживания отказавших элементов. Методика позволяет также найти вероятность безотказной работы объекта на начальном и стационарном участках его функционирования.

### **Литература**

1. Скороходов Д.А. Интегрированные системы управления технических средств транспорта. СПб.: Элмор, 2001.
2. Рябинин И.А. Надежность, живучесть и безопасность корабельных электроэнергетических систем. СПб.: Военно-морская академия им. Н.Г. Кузнецова, 1997.