

Лекция 4. Получение и обработка статистических данных об отказах.
Испытания систем на надежность.

Получение и обработка статистических данных об отказах

В недалеком прошлом многие системы обработки данных об отказах оказывались неэффективными. Попытки разработать систему, которая обслуживала бы несколько организаций, приводили к компромиссным вариантам системы, неспособной удовлетворять требованиям ни одной организации. Для службы надежности требуется механическая система, которая будет точно объединять и накапливать соответствующие данные об отказах. Такая система должна быть способной выполнять специальные программы по временному графику. Это значит, что в течение нескольких минут после поступления несложных запросов система должна выдавать ответы в отпечатанном виде. Примером такого запроса может быть запрос на суммарный перечень всех отказов конкретного узла, который был применен в конструкции.

В диагностировании по требованию предполагается активное участие персонала с использованием измерительных приборов, технической документации и инструкций. Предусматривается в случае необходимости обмен информацией между обслуживающим персоналом потребителя и изготовителем оборудования и проведение углубленного диагностирования изготовителем, использующим банк данных и программное обеспечение. Периодическое диагностирование (ежегодное и раз в полгода) включает подробный профилактический осмотр, обработку эталонных деталей, измерение геометрических, кинематических и динамических параметров с использованием малых ЭВМ. Рассматривается также возможность применения автоматических систем, использующих микропроцессоры оборудования и внешние ЭВМ, измерительные приборы, анализаторы, записывающие и запоминающие устройства. При постановке диагноза применяется логический анализ (дерево дефектов), используются статистические данные об отказах. Большая сложность решаемых задач

требует децентрализации диагностической системы и применения периферийных устройств дисплеев, перфораторов, магнитных дисков, печатающих и считывающих устройств и др.

Из сказанного можно сделать вывод о необходимости создания системы сбора данных по надежности, представляющей разработчику полные данные об отказах, их причинах и эффективности ранее принятых корректировочных мер. Эта система должна также обеспечивать руководство на всех уровнях сведениями о всех мерах по устранению нарушений в системах, изделиях, устройствах и элементах, проводимых поставщиками, и т. д. Чтобы существование такой системы было оправдано, она должна работать экономично. Это значит, что система должна быть такой, чтобы ее можно было расширять или сокращать в зависимости от объема работы службы надежности по конкретному изделию она должна допускать применение устройств автоматической обработки информации, если объем поступающих данных требует этого, давать возможность выполнения обобщений, которые могут охватить вопросы организации и быть распространены на различные проекты с целью использования выводов, полученных на основе анализа большого количества экспериментальных данных. Система должна быстро выдавать ответы на все запросы и в то же время постоянно сохранять способность непрерывно регистрировать все первичные данные о нарушениях работоспособности.

Запись данных на магнитную ленту является другим способом, позволяющим ускорить обработку сообщений об отказах. Это имеет особенно важное значение, когда объем данных становится очень большим. Так же, как и в большинстве автоматических информационно-поисковых систем, операторы тратят на подготовку задачи значительно больше времени, чем требуется машине для ее решения. Но и машинное время является важным фактором, так как устройство считывания с ленты должно просмотреть рулон ленты длиной 800 м для поиска требуемой информации о надежности знак за

знаком. Вполне возможно, что в будущем данные о надежности будут записываться на гибких магнитных картах для использования в запоминающих устройствах вычислительных машин с произвольной выборкой. Такие карты помещаются в кассетах, позволяющих производить поиск и считывание за несколько секунд.

Определение качественных и количественных характеристик надежности базируется на статистических данных об отказах и неисправностях машин, выявленных в процессе эксплуатации и в различных состояниях технического обслуживания и ремонта. В сборе, обработке и анализе этой информации принимают участие:

- эксплуатационные подразделения
- ремонтные цеха
- научно-исследовательские структуры (в том числе и внешние)

Сообщения об отказах. Вполне естественно, что степень обязательной стандартизации будет изменяться в зависимости от объема сообщений, подлежащих обработке. Небольшое количество данных может быть сведено в таблицы, а анализ и изучение тенденций можно выполнить, используя ручные методы и первичные описания. При увеличении количества сообщений возрастает необходимость удобного кодирования и применения определенных терминов, если обработка информации должна производиться по всему массиву сообщений. Машинный поиск возможен только в том случае, когда в каждой части или блоке сообщения (являющихся объектом поиска) будут применяться только строго обусловленные термины или цифры. Выявленные таким образом тенденции, конечно, требуют дальнейшей квалифицированной инженерной оценки.

Основой расчета критериев надежности аппаратов и технологических линий является статистическая обработка результатов наблюдений за распределениями отказов и времени ремонта n аппаратов одного вида, условия эксплуатации которых приблизительно одинаковы (температура, давление,

среда, квалификация обслуживающего персонала и т. д.). Получение данных о n аппаратах или технологических линий, где n — достаточно большое число, чрезвычайно трудно. Зачастую мы располагаем статистическими данными об эксплуатации отдельных аппаратов и технологических линий, по которым необходимо определить вероятностные характеристики работы аппарата или технологической линии.

Обработка эксплуатационной информации об отказах позволила определить закономерности их распределений для систем и агрегатов автопогрузчиков.

Сведения по этим вопросам объединяются в группы для удобства заполнения и обработки карточки (паспорта). Например, информация о месте неисправности включает сведения о номере изделия, заводе-изготовителе, объекте, на котором эксплуатируется изделие, о типе и номере сборочной единицы, в которой обнаружена неисправность, о типе и номере элемента, по вине которого отказало изделие, и месте этого элемента в сборочной единице данного типа. Информация о времени обнаружения неисправности содержит сведения о дате и времени обнаружения неисправности, наработке изделия, количестве включений с начала изготовления. Информация об условиях, в которых произошла неисправность, включает данные о признаках и причинах появления неисправности, о режиме работы изделия при обнаружении неисправности.

Испытания систем на надежность

Оценка и контроль показателей надежности объектов и их элементов осуществляется по результатам испытаний или наблюдений в процессе эксплуатации. Целью испытаний на надежность является установление уровня надежности. Основная задача испытаний на надежность — получение информации о работоспособности объектов в конкретных условиях эксплуатации, применения или использования.

В зависимости от целей и характера получаемой информации технические объекты подвергаются функциональным испытаниям и испытаниям на надежность. Функциональные испытания проводятся с целью проверки способности объекта выполнять работу, для которой оно предназначено. Испытания на надежность проводятся для определения или оценке показателей надежности, таких как безотказность, долговечность, ремонтпригодность и сохраняемость.

В зависимости от исследуемых свойств надежности испытания делят на:

1) Испытания на долговечность (ресурсные испытания): по целям и видам испытаний (доводочные, предварительные, приемочные, определительные, контрольные, исследовательские, эксплуатационные), по объектам испытаний (испытания деталей, элементов, узлов, агрегатов, объекта и системы в целом), по темпам и срокам проведения (нормальные и ускоренные), по способу проведения испытаний (стендовые, эксплуатационные, полигонные), по критериям предельного состояния (до полного отказа, до изменения параметров).

2) Испытания на безотказность – направленные ресурсные испытания, проводимые по специальной методике при специально подобранных режимах с целью вызвать отказы определенного вида.

3) Испытания на ремонтпригодность проводятся с целью определения показателей ремонтпригодности по трем основным направлениям: техническому обслуживанию, текущему и капитальному ремонтам.

По каждому направлению оцениваются трудоемкость, продолжительность и стоимость операций. Задача решается двумя путями: имитацией и наблюдениями при испытаниях и эксплуатации.

4) Испытания на сохраняемость проводятся с целью определения показателей сохраняемости.

В зависимости от целей и характера получаемой информации испытания на надежность делятся на определительные и контрольные.

Определительные испытания на надежность

Цель определительных испытаний на надежность – определение количественных численных значений показателей надежности.

По методам и стратегии проведения и способам обработки результатов нормировано 16 планов испытаний, которые определены в ГОСТ 27.410-87.

Распространенными планами определительных испытаний являются:

План 1. На испытание ставятся N изделий. Отказавшие изделия не восстанавливаются. Испытания продолжаются до отказа всех изделий. В качестве статистического среднего значения времени работы до отказа:

$$T = \frac{\sum_{i=1}^N t_i}{N},$$

где t_i – время работы каждого изделия до отказа.

Недостаток рассмотренного плана испытаний – значительная длительность времени испытаний и необходимость поставить на испытание большое количество изделий.

План 2. На испытание ставятся N изделий. Отказавшие изделия не восстанавливаются. Испытания продолжаются либо до заданного времени t , либо до получения заданного числа отказов n .

План 3. На испытание ставятся N изделий. Отказавшие изделия восстанавливаются. Испытания продолжаются либо до заданного времени t , либо до получения заданного числа отказов n . К таким испытаниям предъявляется требование стабильности показателей надежности до первого и последующего отказов.

Контрольные испытания на надежность

Контрольные испытания на надежность служат средством контроля надежности изделий по некоторому заданному косвенному признаку. Такими косвенными признаками могут быть:

- отсутствие отказов при проведении испытаний на протяжении заданного времени. В этом случае контрольные испытания называются испытаниями на числе допустимых отказов равных нулю;

- предельное число допустимых и недопустимых отказов для последовательных интервалов времени. В этом случае контрольные испытания называются испытаниями, основанными на последовательном анализе.

Целью контрольных испытаний на надежность является проверка соответствия фактического уровня надежности партии изделий требованиям, которые установлены в нормативно-технической документации. По результатам испытаний партия изделий объявляется либо годной для приемки, либо браком. В ходе испытаний проверяют и выбирают одну из двух взаимоисключающих гипотез:

- прямая гипотеза – надежность партии соответствует установленным требованиям;

- обратная гипотеза – надежность партии не соответствует установленным требованиям.

Третий возможный исход «допустимая партия» в зависимости от условий испытаний может быть присоединен к любому из ранее приведенных гипотез.

Испытания, основанные на числе допустимых отказов равных нулю

На испытания продолжительностью $t_{\text{и}}$ часов ставятся N изделий. Если при испытаниях продолжительностью $t_{\text{и}}$ не было отказов $n = 0$, то изделия считаются удовлетворяющими требованиям надежности.

Расчетом определяются либо продолжительность испытаний при заданном числе испытываемых изделий, либо число испытываемых изделий при заданном времени испытаний:

$$t_{\text{и}} = \frac{t_p}{N}, \quad N = \frac{t_p}{t_{\text{и}}},$$

здесь t_p – общая наработка изделий в период испытаний.

Величину требуемой наработки, если имеет место χ^2 – распределение определяют из выражения:

$$t_p = 0,5 \cdot T_{\text{н}} \cdot \chi^2_{\text{в}}, \quad \text{при } k = 2; \gamma_{\text{н}} = 1 - \gamma,$$

здесь $T_{\text{н}}$ – нижнее значение наработки, которое подтверждается испытаниями при отсутствии отказов; χ^2 – значение, соответствующее доверительной вероятности при числе отказов, равном нулю, k – число степеней свободы, γ – доверительная вероятность.

Недостатком рассмотренного метода является длительность проведения испытаний, а также необходимость ставить на испытания большое количество однотипных изделий для получения достоверных результатов

Испытания, основанные на последовательном анализе

Этот метод позволяет сократить время на проведение контрольных испытаний, если использовать следующий подход к планированию:

1. Не планировать заранее продолжительность испытаний, а разбить их на ряд последовательных этапов. На каждом этапе проводить анализ полученных результатов и принимать одно из трех решений:

- прекратить испытания, так как есть основания считать, что изделия удовлетворяют требованиям надежности;
- прекратить испытания, так как есть основания считать, что изделия не удовлетворяют требованиям надежности;
- продолжить испытания, так как нет оснований для вывода о надежности изделий.

2. В ходе обработки результатов испытаний в конце каждого этапа проверять гипотезу о принадлежности изделий к той или иной группе по уровню надежности.

При испытаниях на надежность рекомендуется устанавливать две группы изделий по уровню надежности. **Первая.** К ней относят изделия, браковка которых может быть произведена с вероятностью α . Эта вероятность получила название ошибки первого рода или риска поставщика. Ошибка первого рода имеет место тогда, когда хорошая партия, изделия которой имеют уровень надежности равный или лучше заданного, бракуется по результатам испытаний. **Вторая.** К ней относят изделия, принятие которых может быть допущено с вероятностью β . Эта вероятность получила название ошибки второго рода или риска потребителя. Ошибка второго рода имеет место тогда, когда плохая партия, изделия которой имеют уровень надежности хуже заданного, принимается по результатам испытаний.

Риски α и β назначаются достаточно малыми (от 0,001 до 0,2) по договоренности между изготовителем и заказчиком.

В ходе подготовки испытаний в качестве верхнего уровня надежности принимается уровень, заданный в технических условиях, в качестве нижнего

уровня – такой уровень, с которым можно принимать изделия с заданными вероятностями α и β , а также значения нижней T_H и верхней T_B границы доверительного интервала.

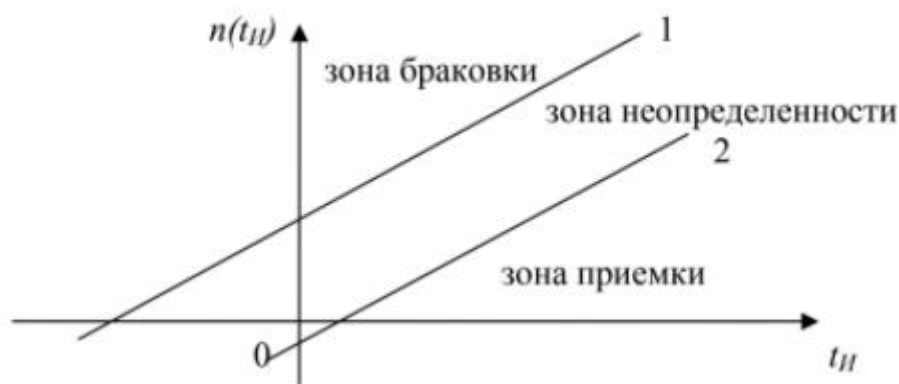


Рисунок 1 – График

Исходя из заданных исходных данных, осуществляется построение графика как функция $n(t_H)$ (рисунок 1). Линия 1 на графике носит название линии браковки, линия 2 – линии приемки.

Для построения графика используют следующие уравнения

- для линии приемки

$$n_{\text{пр}} \leq \frac{\ln[\beta/(1-\alpha)]}{\ln(T_B/T_H)} + \frac{1/T_H - 1/T_B}{\ln(T_B/T_H)} \cdot t_H,$$

- для линии браковки

$$n_{\text{бр}} \geq \frac{\ln[(1-\beta)/\alpha]}{\ln(T_B/T_H)} + \frac{1/T_H - 1/T_B}{\ln(T_B/T_H)} \cdot t_H.$$

В ходе испытаний на график наносят точки, соответствующие количеству отказов n за время t_H . Если точка располагается в зоне браковки, испытания прекращаются, выносится решение о несоответствии изделия заданным требованиям надежности. Если точка располагается в зоне приемки, испытания прекращаются, выносится решение о соответствии изделия требованиям надежности. При расположении точек в зоне неопределенности

испытания продолжаются. Но при этом назначается предельная продолжительность испытаний.

Ускоренные испытания

Продолжительность испытаний на надежность для получения достоверных результатов должна быть не менее наработки изделий и, следовательно, для некоторых из них может достигать нескольких лет. Поэтому в настоящее время широко применяются методы ускоренных испытаний, позволяющие получать сведения о надежности изделий за время, существенно меньшее их наработки до отказа (наработки на отказ).

Наибольшее распространение получили методы ускоренных испытаний: метод линейного возрастания нагружения, метод экстраполяции, метод одноступенчатого нагружения, метод интенсификации приработки, метод эквивалентных испытаний и др.

Метод линейного возрастания нагружения используется при испытаниях объектов с постоянной скоростью деградиационных процессов в нормальных условиях эксплуатации. Ускорение испытаний достигается при линейном увеличении нагрузки во времени.

Метод экстраполяции основан на использовании зависимости параметров распределения наработки от нагрузки. Метод предполагает проведение испытаний при нескольких повышенных уровнях нагрузки и экстраполяцию их результатов для нормальных значений нагрузки.

В методе одноступенчатого нагружения используется принцип суммирования повреждений. Объект после периода приработки сначала подвергается обычной нагрузке, а затем повышенной.

Метод интенсификации приработки используется для ускорения исследований объектов с большим периодом приработки.

Метод эквивалентных испытаний строится по принципу ускоренного истощения ресурса объекта на основании анализа зависимостей между нагрузкой и характеристиками надежности по каждому виду нагружения.

Ускорение получения информации о надежности достигается за счет проведения испытаний в наиболее тяжелых эксплуатационных режимах.

Форсированные ускоренные испытания можно рассматривать как разновидность физического моделирования, позволяющего оценить надежность при сжатом масштабе времени. Их возможность определена зависимостью надежности от величины внешних эксплуатационных факторов.