



НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ

НАДЕЖНОСТЬ ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ И ТЕХНОГЕННЫЙ РИСК

МЕТОДЫ ОБЕСПЕЧЕНИЯ
НАДЕЖНОСТИ СЛОЖНЫХ
СИСТЕМ





Конструктивные способы обеспечения надежности

Пример

Техническое задание

- раздел, определяющий требования к надежности – указывают количественные показатели надежности, которые необходимо подтверждать на каждом этапе создания системы.

Эскизный и технический проект

- рациональное проектирование
- расчетно-экспериментальные методы оценки надежности

...

- ...
- ...



Подбор металла – надежность и долговечность изделия.

Для изделий, работающих в стационарных условиях, чаще всего используют обычные углеродистые стали

Для изделий, работающих в условиях переменных нагрузок с высокой интенсивностью – высоколегированные.



В зависимости от внешних воздействующих факторов и условий нагружения подбирают соответствующие материалы с определенными характеристиками.



Конструктивные методы

Предусматривают:

- создание запасов прочности металлоконструкций;
- облегчение режимов работы электроавтоматики,
- упрощение конструкции,
- использование стандартных деталей и узлов,
- обеспечение ремонтпригодности,
- обоснованное использование методов резервирования.



Вероятностные методы оценки надежности (на этапах эскизного и рабочего проектирования)

С целью определения количественных показателей надежности составляют функциональную схему и циклограмму работы системы во времени при ее эксплуатации.

Более полному пониманию работы системы способствует принципиальная схема, в которой подробно описывают соединение узлов и элементов, а также их назначение.

На основании функциональной и принципиальной схем работы системы составляют структурную схему надежности с указанием резервирования отдельных элементов, узлов и каналов.



На основании структурной схемы надежности составляют перечень элементов и узлов с указанием интенсивностей отказов, взятых из справочной литературы или полученных по результатам испытаний или эксплуатации.

Далее на основании исходных данных выполняют расчет проектной надежности системы.



Анализ и прогнозирование надежности на стадии проектирования дает необходимые данные для оценки конструкции.

Такой анализ проводят для каждого варианта конструкции, а также после внесения конструктивных изменений.

При обнаружении конструктивных недостатков, снижающих уровень надежности системы, проводят конструктивные изменения и корректируют техническую документацию.



Технологические способы обеспечения надежности изделий в процессе изготовления

Одним из основных мероприятий на стадии серийного производства, направленных на обеспечение надежности технических систем, является *стабильность технологических процессов*.

Научно обоснованные методы управления качеством продукции позволяют своевременно давать заключение о качестве выпускаемых изделий.

На предприятиях промышленности применяют два метода *статистического контроля качества*: текущий контроль технологического процесса и выборочный метод контроля.



Метод статистического контроля (регулирования) качества позволяет своевременно предупреждать брак в производстве и, таким образом, непосредственно вмешиваться в технологический процесс.

Выборочный метод контроля не оказывает непосредственного влияния на производство, так как он служит для контроля готовой продукции, позволяет выявить объем брака, причины его возникновения в технологическом процессе или же качественные недостатки материала.



Анализ точности и стабильности технологических процессов позволяет выявить и исключить факторы, отрицательно влияющие на качество изделия.

В общем случае, контроль стабильности технологических процессов можно проводить следующими методами:

- графоаналитическим с нанесением на диаграмму значений измеряемых параметров;
- расчетно-статистическим для количественной характеристики точности и стабильности технологических процессов;
- прогнозирования надежности технологических процессов на основе количественных характеристик приведенных отклонений.



Расчетно-статистическим методом определяют коэффициенты:

- точности (K_T)
- смещения (K_C).

Коэффициент точности характеризует соотношение полей допуска исследуемого параметра (размера) и величиной рассеяния размеров деталей в партии:

$$K_T = T / \omega$$

где T – допуск;

ω – поле рассеяния контролируемого параметра в соответствующей выборке.



Коэффициент смещения характеризует относительную величину смещения центра рассеяния размеров от середины поля допуска

$$K_c = (x - \Delta_0) / 2 ,$$

где x – среднее арифметическое значение центра рассеяния;

Δ_0 – координата середины поля допуска.

$$\Delta_0 = (T_n + T_v) / 2$$

где T_n и T_v – нижнее и верхнее предельные отклонения параметра.



В случае, если коэффициент:

- $K_T > 1$, то точность технологического процесса хорошая,
- $K_T = 0,95 \div 1$, то точность удовлетворительная,
- $K_T \leq 0,9 \div 0,7$, точность неудовлетворительная.



Обеспечение надежности сложных технических систем в условиях эксплуатации

Надежность технических систем в условиях эксплуатации определяется рядом эксплуатационных факторов:

- квалификация обслуживающего персонала,
- качество и количество проводимых работ по техническому обслуживанию
- наличие запасных частей, использование измерительной и проверочной аппаратуры,
- наличие технических описаний и инструкций по эксплуатации.



В процессе эксплуатации отказы системы принято подразделять на две основные категории

- внезапные отказы. *Внезапные отказы* связаны с наличием в изделии скрытых производственных дефектов, причинами конструктивного характера, ошибками обслуживающего персонала.
- постепенные отказы. *Постепенные отказы* системы обусловлены постепенными изменениями параметров. Такое изменение параметров в основном вызвано старением элементной базы системы.



В первом приближении можно принять, что все отказы, возникающие в процессе эксплуатации, являются *независимыми*.

Поэтому надежность всей системы при предположении независимости отказов равна:

$$P = P_1 \cdot P_2 \cdot P_3$$

где P_1 , P_2 , P_3 – вероятности безотказной работы системы соответственно по непрогнозируемым внезапным отказам, внезапным отказам, которые могут быть предотвращены при своевременном техническом обслуживании, и постепенным отказам.



Одной из причин отсутствия отказов элементов системы является качественное техническое обслуживание, которое направлено на предотвращение прогнозируемых внезапных отказов.

Вероятность безотказной работы системы, обусловленная качеством обслуживания, равна:

$$P_2 = \prod_{i=1}^n P_i$$

где P_i – вероятность безотказной работы i -го элемента, связанная с техническим обслуживанием.



По мере совершенствования обслуживания значение вероятности безотказной работы P_2 приближается к единице.

Замена элементов с возрастающей во времени интенсивностью отказов возможна во всех сложных технических системах.

С целью уменьшения во времени интенсивности отказов вводят техническое обслуживание системы, которое позволяет обеспечить поток отказов у сложных систем с конечной интенсивностью в течение заданного срока эксплуатации, т. е. сделать близким к постоянному.



В процессе эксплуатации при техническом обслуживании интенсивность отказов системы, с одной стороны, имеет тенденцию к увеличению, а с другой стороны, – тенденцию к уменьшению в зависимости от того, на каком уровне проведено обслуживание.

Если техническое обслуживание проведено качественно, то интенсивность отказов уменьшается, а если это обслуживание проведено плохо, то увеличивается.



Пути повышения надежности сложных технических систем при эксплуатации

Для повышения надежности сложных технических систем в условиях эксплуатации проводят ряд мероприятий, которые можно подразделить на следующие четыре группы:

- разработку научных методов эксплуатации;
- сбор, анализ и обобщение опыта эксплуатации;
- связь проектирования с производством изделий машиностроения;
- повышение квалификации обслуживающего персонала.



Научные методы эксплуатации

Включают в себя научно обоснованные методы:

- подготовки изделия к работе,
- проведения технического обслуживания,
- Ремонта
- других мероприятий по повышению надежности сложных технических систем в процессе их эксплуатации.

Порядок и технологию проведения этих мероприятий описывают в соответствующих руководствах и инструкциях по эксплуатации конкретных изделий.



Более качественное выполнение эксплуатационных мероприятий по обеспечению надежности изделий машиностроения обеспечивается результатами статистического исследования надежности этих изделий.

При эксплуатации изделий большую роль играет накопленный опыт.

Значительную часть опыта эксплуатации используют для решения частных организационно-технических мероприятий.

Однако накопленные данные необходимо использовать не только для решения задач сегодняшнего дня, но и для создания будущих изделий с высокой надежностью.



Большое значение имеет правильная организация сбора сведений об отказах.

Содержание мероприятий по сбору таких сведений определяется типом изделий и особенностями эксплуатации этих изделий.

Возможными источниками статистической информации могут быть сведения, полученные по результатам различных видов испытаний и эксплуатации, которые оформляются периодически в виде отчетов о техническом состоянии и надежности изделий.



Изучение особенностей их поведения дает возможность использовать накопленные данные для проектирования будущих изделий.

Таким образом, сбор и обобщение данных об отказах изделий – одна из важнейших задач, на которую должно быть обращено особое внимание.



Эффективность эксплуатационных мероприятий во многом зависит от *квалификации обслуживающего персонала.*

Однако влияние этого фактора неодинаково.

Так, например, при выполнении в процессе обслуживания довольно простых операций влияние высокой квалификации работника сказывается мало, и наоборот, квалификация обслуживающего персонала играет большую роль при выполнении сложных операций, связанных с принятием субъективных решений (например, при регулировании клапанов и систем зажигания в автомобилях, при ремонте телевизора и т. д.).