

A stack of white papers or documents, slightly fanned out, set against a light blue background.A blurred image of a round clock face with black hands, set against a light blue background.

Надежность автоматизированных систем

Лекция №1
ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ ТЕОРИИ НАДЕЖНОСТИ





Для успешного развития общества на современном этапе возникает создание сложных технических систем (ТС) и устройств с высоким уровнем автоматизации, выполняющих функции управления различных отраслей промышленности и транспорта. В условиях современной экономики автоматизация является одним из основных направлений технического прогресса.

Улучшение эффективности и качества проектируемых автоматизированных систем управления, систем автоматического управления и т.д., требует повышения надежности технических средств управления.

Таким образом, это является первой причиной возрастания фактора надежности в современных условиях развития техники и, в частности, проектировании ТС различного назначения.



Развитие теории надёжности явилось следствием как усложнения и дороговизны современных изделий, так и тяжести последствий ненадёжности.



Создание ЭВМ первых поколений, включающих тысячи радиоламп, десятки тысяч радиоэлементов и сотни тысяч спаек, показало, что объекты столь высокой сложности просто не могут функционировать без специальных мероприятий, направленных на обеспечение их надёжности





Освоение космоса, увеличение численности пассажиров современных самолётов поставили вопросы надёжности как главнейшие во всём комплексе работ по созданию изделий.

Ядерное и водородное оружие, системы защит, блокировок и транспортирования при недостаточной надёжности могут поставить под угрозу всю цивилизацию даже в мирное время

История возникновения

- Теория надёжности - молодая наука. Дату её рождения, с рядом оговорок, можно отнести к началу пятидесятих годов ХХ века. Развитие учения о надёжности прошло 3 основных этапа.
- На первом этапе была обоснована необходимость работ по надёжности и сформулированы основные требования к надёжности



Второй этап развития теории надёжности (математический)

- Второй этап характеризуется использованием методов прикладной математики для определения и прогнозирования показателей надёжности. Поэтому этот этап -математический. Здесь, в основном, использовался вероятностно-статистический подход. Сама надёжность рассматривалась как вероятность отсутствия отказов. Но корень опроса состоит не в том, каким методом рассчитывать уровень надёжности, а в том, как сделать изделие надёжным. Получение значений вероятностей отказов и разрушений не гарантирует надёжность. При таком подходе всегда остаётся открытым вопрос о назначении безопасных пределов.



Второй этап развития теории надежности (математический)

- Уровень надёжности конкретных изделий (или отдельных его элементов) характеризуется рядом количественных показателей, среди которых наиболее часто используется вероятность безотказной работы $p(t)$ т.е. вероятность того, что в заданном интервале времени t и в 14 пределах заданной наработки не возникнет отказ изделия. В технике приняты показатели надёжности $P=0,9; 0,95; 0,99; 0,999; 0,9999$.
- Однако, когда речь идёт об изделиях, обеспечивающих жизнь людей, сохранение окружающей среды, возможность самого существования человеческой цивилизации, такой подход уже недостаточен. Для уровня надёжности $0,9999$ из 10000 событий только одно в среднем может быть неблагоприятным. Но теория вероятностей не отвечает на вопрос о сроке проявления этого неблагоприятного события. При постоянной интенсивности отказов оно может наступить практически в любое время.
- Поэтому для изделий, которые должны обладать практически абсолютной надёжностью, основанные на аппарате теории вероятностей цифровые характеристики будут иметь только сравнительное значение



Третий этап развития теории надежности (физический)

- Теория вероятностей и математическая статистика опираются на массовость событий. Поэтому чем выше требуется расчётное значение надёжности, тем больший объём статистического материала необходим для достоверного заключения.
- Для изделий авиационной и ракетной техники, требующих высокую надёжность, но являющихся уникальными, это требование выполнить очень трудно.
- Отмеченные факторы предопределили необходимость переходы к **третьему этапу развития учения о надёжности** - физическому. В настоящее время этот этап становится доминирующим. Он характеризуется установлением зависимостей основных показателей надёжности от физических свойств и параметров материалов и элементов, а также от эксплуатационных воздействий. Изучение закономерностей изменения свойств и параметров элементов, кинетики физико-химических процессов, вызывающих эти изменения, представляется особенно важным, так как существо проблемы надёжности заключается, в конечном счёте, в изменении параметров и свойств во времени при заданных условиях эксплуатации



Третий этап развития теории надежности (физический)

- Оценка надёжности изделий, основанная на закономерностях изменения физических свойств материалов, характеристик элементов и воздействующих факторов, осуществляется с применением вероятностных и статистических методов, так как сами эти изменения в процессе работы изделия представляют собой обычно случайные функции.
- Понятно, что глубокое изучение физики поведения тысяч деталей современного автоматизированной системы невозможно из-за ограниченного срока создания изделия.
- Разрешение противоречия между объёмом необходимых исследований и предусмотренным заданием на разработку изделия ограниченным сроком происходит путём использования опыта создания подобных изделий и узлов, унификации элементов конструкции и основных принципов расчётного и конструкторского проектирования, а также повышения точности расчётных методов.
- Реализация физического этапа исследования надёжности изделий в эксплуатации проявляется в виде широкого развития методов и средств технической диагностики. На базе выявленных физических закономерностей определяются необратимые повреждения и прогнозируется поведение конструкции. Статистические данные об отказах и распределении их по сроку эксплуатации становятся вспомогательными сведениями, позволяющими сравнивать различные изделия между собой.





Под *надёжностью* понимают свойство изделия сохранять в течение заданного времени в пределах установленных норм значения функциональных параметров при определённых условиях (заданные режимы и условия эксплуатации, технического обслуживания, хранения и транспортирования).

В теории и практике надёжности технических изделий широко пользуются понятием *наработка*, под которой понимают продолжительность работы изделия, выраженную в часах, циклах переключения или других единиц в зависимости от вида и функционального назначения изделия.

Под *отказом* понимают полную или частичную потерю изделием работоспособности вследствие ухода одного или нескольких функциональных параметров за пределы установленных норм, указанных в технической документации.

Под *наработкой до отказа* понимают суммарную наработку изделия от момента вступления в работу (эксплуатацию) до возникновения первого отказа. Надёжность является комплексным свойством, которое в зависимости от назначения изделия и условий его применения может включать *безотказность, долговечность, ремонтпригодность и сохраняемость* или определенные сочетания этих свойств.

Безотказность – свойство изделия непрерывно сохранять работоспособное состояние в течение некоторого времени или наработки

1.Классификация отказов

Внезапный отказ (ранее называемый также мгновенным) – это отказ, характеризующийся скачкообразным изменением значения одного или нескольких параметров изделия. Этот отказ обычно приводит к полной потере работоспособности изделия.

Под **постепенным** (ранее называемым также параметрическим) понимают отказ, возникающий в результате постепенного, обычно непрерывного и моно- тонного изменения значения одного или нескольких функциональных параметров изделия и ухода их за пределы норм, указанных в технической документации. С определением других видов отказов можно ознакомиться в [1, 2, 4].

Примерное распределение числа отказов РЭА: отказы из-за ошибок проектирования – 40...50 %, отказы из-за ошибок производства – 30...40 %, отказы из-за неправильных действий оператора – 20...30 %.

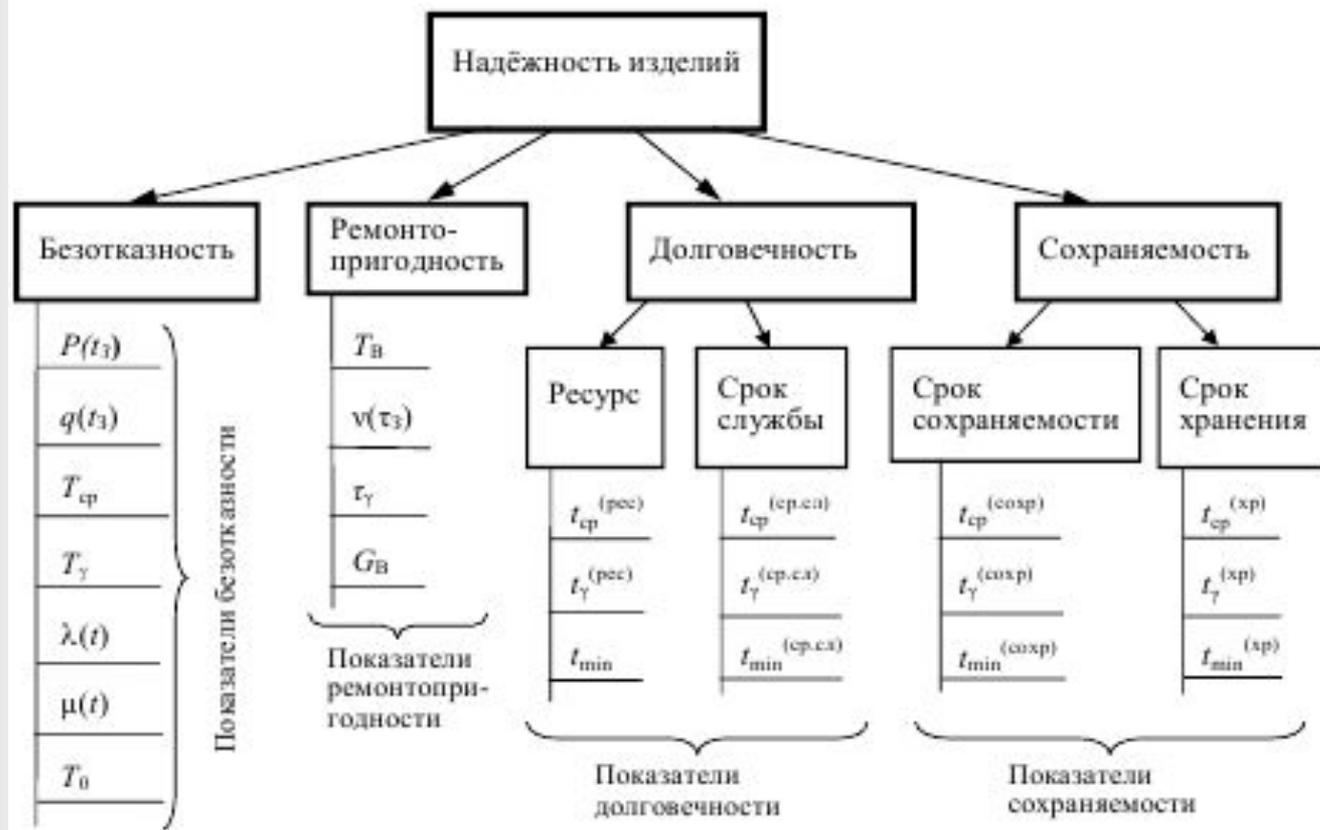


ПОКАЗАТЕЛИ НАДЁЖНОСТИ РЭА И ИХ ЭЛЕМЕНТОВ

- Надёжность является комплексным свойством изделия. Для описания различных сторон этого свойства на практике пользуются *показателями надёжности*, представляющими собой количественные характеристики одного или нескольких свойств, определяющих надёжность изделия.
- На практике используют пять групп показателей: показатели безотказности; показатели ремонтпригодности; показатели долговечности; показатели сохраняемости; комплексные показатели надёжности. Все показатели, кроме комплексных, относят к единичным показателям. Под *единичным* понимают такой показатель, который характеризует одно из свойств, составляющих надёжность изделия: или безотказность, или ремонтпригодность и т. д.



ОСНОВНЫЕ СОСТАВЛЯЮЩИЕ И ПОКАЗАТЕЛИ НАДЕЖНОСТИ



НЕОБХОДИМЫЕ СВЕДЕНИЯ ИЗ ТЕОРИИ ВЕРОЯТНОСТИ

Событие, которое при неоднократном воспроизведении одного и того же опыта или испытания в одних и тех же условиях протекает всякий раз несколько по иному и в различные моменты времени, называется **случайным**.

Вероятностью случайного события называется постоянное число, около которого группируется частота этого события, т.е. отношение числа испытаний, в которых появилось данное событие, к общему числу испытаний.

Вероятность появления события A лежит в пределах

$$0 \leq P(A) \leq 1.$$

Событие, вероятность которого равна 1, называется **достоверным событием** - $P(A) = 1$. Событие, вероятность которого равна 0, называется **невозможным событием** - $P(A) = 0$.

Показатели надежности невосстанавливаемых изделий

- Под **вероятностью безотказной работы** (ВБР) объекта понимается вероятность того, что в пределах заданной наработки отказ объекта не возникнет. ВБР является основной количественной характеристикой безотказности объекта на заданном временном интервале. Статистически (по результатам наблюдений) ВБР определяется:

$$P(t) = \lim_{\substack{\Delta t \rightarrow 0 \\ N_0 \rightarrow \infty}} \frac{N_0 - \sum_{i=1}^{t/\Delta t} n_i}{N_0} = \frac{N(t)}{N_0},$$

- где N_0 — число объектов в начале испытания, n_i — число отказавших объектов в интервале времени $\Delta t i$; t — время, для которого определяется ВБР; $N(t)$ — число объектов, исправно работающих на интервале $[0, t]$.
- Статистически **вероятность отказа** вычисляется как

$$Q(t) = \lim_{\substack{\Delta t \rightarrow 0 \\ N_0 \rightarrow \infty}} \frac{\sum_{i=1}^{t/\Delta t} n_i}{N_0},$$

Показатели надежности невосстанавливаемых изделий

- Плотность вероятности $f(t)$ (частота отказов) статистически

$$f(\Delta t) = \frac{\Delta n(\Delta t)}{N_0 \Delta t},$$

где $\Delta n(\Delta t)$ — число отказов за интервал времени Δt .

Средняя наработка до отказа — это математическое ожидание наработки до первого отказа $m_1(T)$. Обозначают T_{cp} и называют иногда средним временем безотказной работы

Статистическая средняя наработка до отказа однотипных объектов равна

$$T_{cp} = \frac{1}{N_0} \sum_{j=1}^{N_0} t_j, \quad (1.4)$$

где t_j — время исправной работы j -го объекта.

Интенсивность отказов — это отношение числа отказавших объектов в единицу времени к среднему числу объектов, продолжающих исправно работать в данный интервал времени

$$\lambda(t) = \frac{\Delta n(\Delta t)}{N(t) \Delta t}, \quad (1.5)$$

где $\Delta n(\Delta t)$ — число отказов объекта за промежуток времени Δt

$$N(t) = \frac{N_{i-1} + N_i}{2}$$

N_{i-1} — число исправно работающих объектов в начале интервала времени Δt ,

N_i — число исправно работающих объектов в конце интервала времени Δt .

Интенсивность отказов часто называют λ -характеристикой, она показывает, какая часть объектов выходит из строя в единицу времени по отношению к среднему числу исправно работающих объектов.













