

Лекция №1

Основные понятия и показатели

При изучении надёжности технических систем рассматриваются самые разнообразные объекты: машины, сооружения, технологические блоки и установки и т.д. Для нашего курса наибольший интерес будут представлять такие системы, неисправность и отклонение параметров которых от определённых регламентом, могут вызвать образование источников, очагов поражающих факторов особенно крупного масштаба. К таким системам в первую очередь относятся высокоэнергетические блоки и установки, неисправность которых может вызвать взрыв или пожар (отличать от пожара просто в доме или взрыва устроенного террористами), а также установки, содержащие СДЯВ (сильно действующие ядовитые вещества). Каждая система характеризуется определёнными выходными параметрами. Выходные параметры могут характеризовать самые разнообразные свойства системы в зависимости от назначения и требований, которые к ним предъявляются. Нас в основном будут интересовать такие выходные параметры, выход которых за определённые пределы может привести к отказу системы с последующим развитием аварийного сценария.

Допустимые значения выходных параметров оговариваются в нормативных документах (стандартах, технических условиях, технических регламентах). Введём некоторые основные, необходимые понятия и определения.

Работоспособность – это состояние системы, при котором она способна выполнять заданные функции, сохраняя значения заданных параметров в пределах, установленных НТД. Техническая документация предусматривает уровень внешних воздействий, методы технического обслуживания, ремонта, нормы и допустимые отклонения от установленных параметров. Таким образом, работоспособность системы связана не только со способностью работать, т.е. выполнять необходимые функции, но и с тем, чтобы при этом выходные параметры системы находились в допустимых пределах.

Отказ – это событие, заключающееся в нарушении работоспособности системы. Примеры отказов: коррозионный износ трубопровода, искрение двигателя насоса во взрывоопасном помещении, нарушение герметичности резервуара, чрезмерная деформация конструкций.

Естественно, что различные отказы могут иметь и разные последствия – от незначительных отклонений в работе до аварийных ситуаций.

Любой отказ возникает или может возникнуть через некоторый промежуток времени, который является случайной величиной.

В зависимости от причин отказов следует по-разному оценивать и время работы изделия. Здесь имеются два основных случая.

Оценка длительности эксплуатации

<i>Исчисление времени работы</i>	<i>Время работы до отказа (случайная величина)</i>	<i>Регламентированное время работы изделия (детерминированная величина)</i>
<i>В отработанных часах (отработка)</i>	<i>T – наработка до отказа</i>	<i>Тр. - ресурс</i>
<i>В календарных часах (время работы)</i>	<i>T – срок службы до отказа</i>	<i>Тсл. – срок службы</i>

Первый – когда время оценивается календарной продолжительностью работы системы. Это характерно для таких постоянно действующих факторов: коррозия, внешняя температура и т.д. В этом случае время работы до отказа называется сроком службы до отказа. Однако для большинства систем основное значение для оценки потери работоспособности имеет не календарное время, а реальная продолжительность работы системы или соответствующий объём выполненной работы. Время работы до отказа в этом случае выраженное в часах (годах) называется наработкой до отказа (случайная величина). Система характеризуется, как правило, несколькими выходными параметрами, связанными с различными элементами. Срок службы или наработка системы до отказа – это время достижения предельного значения любым из его выходных параметров, которые могут привести к отказу системы с образованием аварийной ситуации.

Наработка или срок службы до определенного регламентированного, но не предельного состояния называется соответственно ресурсом или допустимым сроком службы. Пересчёт этих величин прост, если известен коэффициент загрузки системы.

Надёжность – это свойство системы сохранять во времени свою работоспособность.

Надёжность системы – это обобщённое свойство, которое включает в себя понятие безотказности долговечности.

Безотказность – это свойство системы непрерывно сохранять работоспособность в течение некоторого периода времени или наработки.

Долговечность – это свойство системы сохранять работоспособность до наступления предельного состояния, в течение всего периода эксплуатации, при установленном порядке технического обслуживания и ремонтов.

Основным показателем безотказности изделия (системы), является вероятность безотказной работы $P(t)$ (коэффициент надёжности) – вероятность того, что в заданном интервале времени $t=T$ (или в

пределах заданной наработки) не возникает отказа изделия. Значение $P(t)$, как всякой вероятности, может находиться в пределах $0 \leq P(t) \leq 1$. Например, если вероятность безотказной работы элемента в течение $T=1000$ часов равна 0,95, то это означает, что из большего количества элементов данного образца в среднем около 5% потеряют свою работоспособность раньше чем через 1000 часов работы.

Показатель $P(t)$ может быть применим и для оценки безотказности одного изделия (системы). В этом случае он как бы определяет шансы данного изделия проработать без отказов весь заданный период времени. Вероятность отказа $F(t)$ и коэффициент надёжности образуют полную группу событий. $P(t) + F(t) = 1$.

Допустимое значение $P(t)$ выбирается в зависимости от степени опасности. Например для крупной аварии это значение доходит до 0,9999. Следует иметь в виду, что применение $P(t)$ без указания периода времени $t=T$, в течение которого рассматривается работа, не имеет смысла. На рис.1 приведён пример функции безотказной работы изделия $P(t)$.

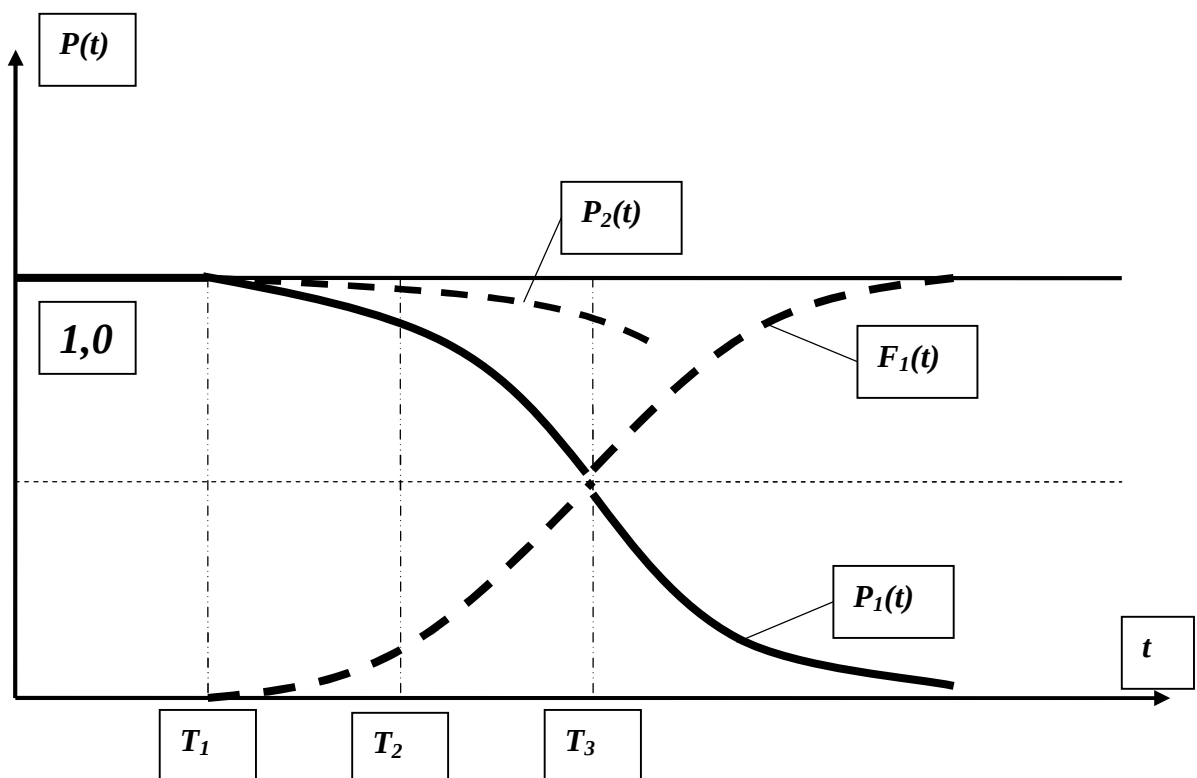


Рис.1. Зависимость вероятности безотказной работы изделия от времени.

$F_1(t)$ – вероятность отказа изделия в момент времени t .

Изделие №2 более надёжно, т.к. $P_2(t) > P_1(t)$

$P_1(t) = F_1(t) = 0,5$

$T_3 = T_m$ – медианный срок службы, наработки.

$P_1(T_1) \approx 1$, $P_2(T_2) = 0,98$, $P_1(T_1) = 0,9$.

Выбирая значение T можно для любого изделия обеспечить требуемое $P(t)$, то есть требуемую надёжность, так как T и $P(t)$ связаны соотношением:

$$P(t) = \int_T^{\infty} f(t) dt$$

$f(t)$ – плотность вероятности для срока службы (наработки) изделия.
Рис.2.

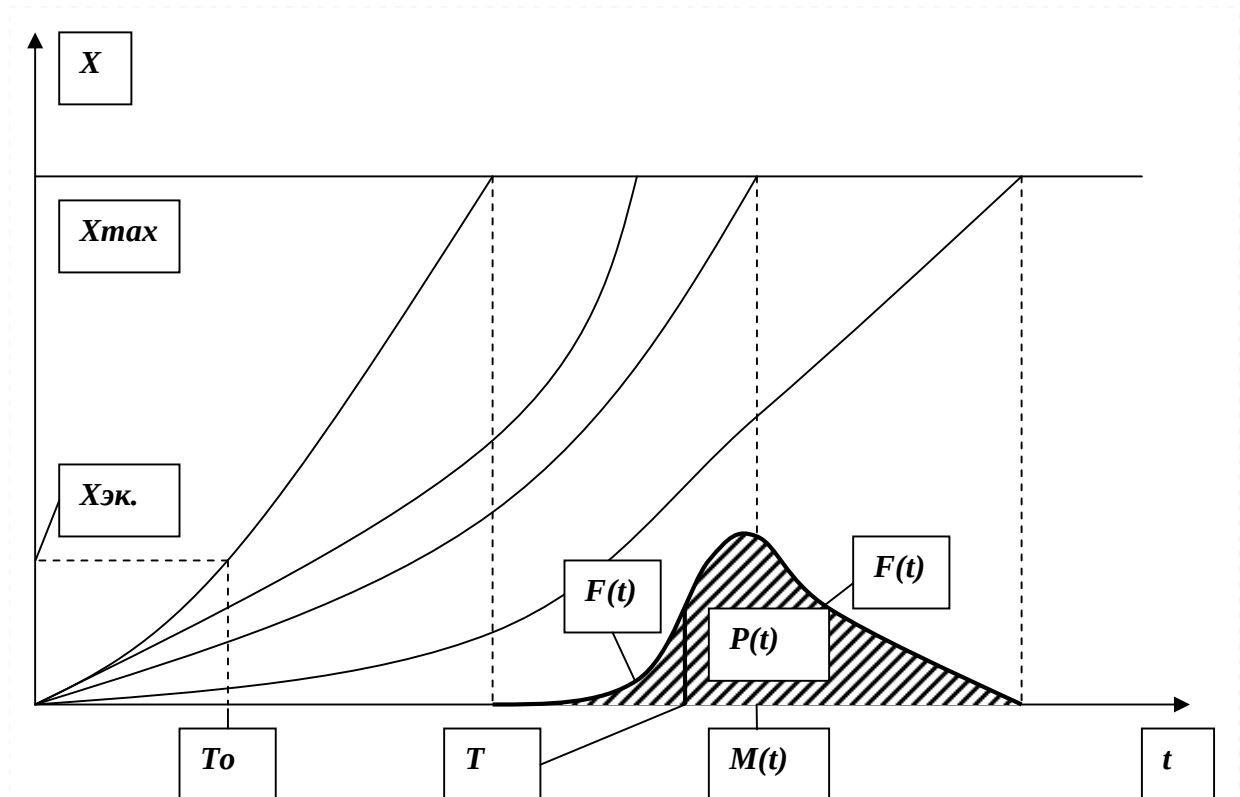


Рис.2. Формирование закона распределения времени безотказной работы.

При этом могут быть два способа выбора показателей:

- 1) При высоких требованиях к надёжности изделия задаются допустимым значением $P(t) = \gamma\%$ и определяют время работы $t = T_\gamma$, соответствующее данной регламентированной вероятности безотказной работы. Значение T_γ называется гамма-процентным ресурсом и по его значению судят о степени безотказности изделия.
- 2) При обычных требованиях к надёжности (отказ не приводит к катастрофе) можно задаться ресурсом изделия $t = T_r$ или сроком службы $T_{сл.}$, например, из условия необходимости проведения планового ремонта всей системы. В этом случае о безотказности судят непосредственно по величине $P(t)$. Возможно, когда для наглядности вводят другие показатели, для неотвественных изделий и легко устранимых отказов,

допускают отказы и тогда $P(t) \rightarrow 0$. В этом случае характеристикой безотказности может служить ведущая функция $\Omega(t)$ – среднее число отказов за время t или параметр потока отказов:

$$\omega(t) = d\Omega(t)/dt = 1/T_{\text{ср.}}$$

$T_{\text{ср.}}$ – средняя продолжительность безотказной работы изделия.

Другой крайний случай, когда $P(t) \rightarrow 1$. Создание высоконадёжных изделий с $P(t)=1$ возможно за счёт большой избыточности, т.е. при наличии запаса надёжности. Этот запас может быть определён, если оцениваются физические процессы, приводящие к отказу изделия, и для данных условий определяется максимально возможная скорость данного процесса.

Пусть за данный период времени $t=T_0$ параметр изделия X может принимать различные значения (X – случайная величина). Но его экстремальная величина за данный период $X_{\text{эк}}$. Это значение может быть определено из наиболее неблагоприятных условий работы (отсутствие смазки, максимальной интенсивности режим). Тогда если $X_{\text{мах}}$ – соответствует наступлению отказа, то при $X_{\text{т}} > X_{\text{эк}}$, запас надёжности будет:

$$K_{\text{н}} = X_{\text{мах}} / X_{\text{эк}} > 1$$

Запас надёжности может определяться и по значению параметра X_{γ} при котором с вероятностью γ параметр не выйдет за данные пределы:

$$K_{\text{н}} = X_{\text{мах}} / X_{\gamma}$$

Показатели безотказности работы изделия

Наличие отказов за рассматриваемый промежуток времени $t=T$	Значение $P(t)$	Основной показатель безотказности
Как правило, имеют место	$P(t) \rightarrow 0$	Ω – параметр поток отказов
Могут быть или нет (редкое событие)	$0 < P(t) < 1$	$P(t)$ – безотказность работы
Недопустимое	$P(t) \rightarrow 1$	$K_{\text{н}}$ – запас надёжности

При работе изделия происходит изменение его работоспособности и поэтому запас надёжности является функцией времени. Показателем надёжности может служить скорость изменения запаса надёжности:

$$\gamma_{\text{н}} = dK_{\text{н}} / dt$$

