

**Цель:** ознакомление с примерами показателей надежности

### **Основные теоретические сведения**

Все ТС характеризуются определенным уровнем надежности, при этом возможны их отказы и необходимо их техническое обслуживание (кроме необслуживаемых объектов).

Критерии выполнения требуемых функций могут быть установлены заданием для каждой функции набора параметров, характеризующих способность ее выполнения, и допустимых пределов изменения значений этих параметров в заданных режимах и условиях применения, технического обслуживания, хранения и транспортирования.

Свойства объекта:

- безотказность – свойство объекта непрерывно сохранять способность выполнять требуемые функции в течение некоторого времени или наработки в заданных режимах и условиях применения;
- долговечность – свойство объекта, заключающееся в его способности выполнять требуемые функции в заданных режимах и условиях использования, технического обслуживания и ремонта до достижения предельного состояния;
- ремонтпригодность – свойство объекта, заключающееся в его приспособленности к поддержанию и восстановлению состояния, в котором объект способен выполнять требуемые функции, путем технического обслуживания и ремонта;
- сохраняемость – свойство объекта сохранять способность к выполнению требуемых функций после хранения и (или) транспортирования при заданных сроках и условиях хранения и (или) транспортирования;
- готовность – свойство объекта, заключающееся в его способности находиться в состоянии, в котором он может выполнять требуемые функции в заданных режимах и условиях применения, технического обслуживания и ремонта в предположении, что все необходимые внешние ресурсы обеспечены.

Показатели надежности, выбираемые для нормативных документов и конструкторской документации, должны быть связаны с видом и назначением изделий, предусмотренным применением и важностью требуемых функций.

Выбор номенклатуры показателей надежности осуществляют на основе классификации объектов по признакам, характеризующим их назначение, последствия отказов и достижения предельного состояния, особенности режимов применения и др.

Для выбора основного показателя надежности или номенклатуры задаваемых показателей можно воспользоваться рекомендациями и методикой, изложенными в ГОСТ 27.003-2016.

Данная методика основана на выборе показателей надежности по типу объекта согласно их классификационным признакам, основными из которых являются:

- определенность назначения объекта:
  - объекты конкретного назначения, имеющие один основной вариант применения по назначению;
  - объекты общего назначения, имеющие несколько вариантов применения;
- число возможных (учитываемых) состояний объектов по работоспособности в процессе эксплуатации:
  - объекты, находящиеся в работоспособном состоянии;
  - объекты, находящиеся в неработоспособном состоянии;
- режим функционирования:
  - объекты непрерывного длительного применения;
  - объекты многократного циклического применения;
  - объекты однократного применения (с предшествующим периодом ожидания применения и хранения);
- возможные последствия отказов и/или достижения предельного состояния при применении и/или последствия отказов при хранении и транспортировании:

— объекты, отказы или переход в предельное состояние которых приводят к последствиям катастрофического (критического) характера (к угрозе для жизни и здоровья людей, значительным экономическим потерям и т.п.);

— объекты, отказы или переход в предельное состояние которых не приводят к последствиям катастрофического (критического) характера (к угрозе для жизни и здоровья людей, значительным экономическим потерям и т.п.);

- возможность восстановления работоспособного состояния после отказа:
  - на восстанавливаемые;
  - невосстанавливаемые;
- характер основных процессов, определяющих переход объекта в предельное состояние;
  - стареющие (теряющие свойства из-за накопления усталости под механическим воздействием, коррозии, теплового, электромагнитного или радиационного воздействия);
  - изнашиваемые (вследствие механического воздействия);
  - стареющие и изнашиваемые одновременно;
- возможность и способ восстановления ресурса (срока службы):
  - неремонтируемые;
  - ремонтируемые обезличенным способом;
  - ремонтируемые не обезличенным способом;
- возможность и необходимость технического обслуживания:
  - обслуживаемые;
  - необслуживаемые;
- возможность и необходимость контроля перед применением;
  - контролируемые перед применением;
  - не контролируемые перед применением.

Фрагмент обобщенной схемы выбора номенклатуры показателей безотказности, ремонтпригодности или комплексных показателей объектов приведен в таблице 1. Полная информация приведена в ГОСТ 27.003-2016.

Таблица 1

Классификация изделий по признакам, определяющим показатели надежности				
Назначение объекта	По режиму функционирования	По возможности восстановления и обслуживания		
		Восстанавливаемые		Невосстанавливаемые
		обслуживаемые	необслуживаемые	Обслуживаемые и необслуживаемые
Конкретное	Объекты непрерывного длительного применения	$K_{Г}^{**}$ или $K_{Т.и}$ ; $T_{о}; T_{в}^{*}$	$K_{Г}; T_{о}; T_{в}^{*}$	$P(t_{б,р})^{**}$ или $T_{ср}$
	Объекты многократного циклического применения	$= K_{Г} \cdot P(t_{б,р}); T_{в}$		$P_{0(вкл)}$ и $T_{ср}$
	Объекты однократного применения (с предшествующим периодом ожидания)	$K_{Т.и.ож}; P(t_{б,р}); T_{в.ож}^{*}$	$K_{Г.и.ож}; P(t_{б,р}); T_{в.ож}^{*}$	$P(t_{ож}); P(t_{б,р})$
Общее	Объекты непрерывного длительного и объекты многократного циклического применения	$K_{Т.и}; T_{о}; T_{в}^{*}$	$K_{Г}; T_{о}; T_{в}^{*}$	$T_{γ}$ или $T_{ср}$
	Объекты однократного применения	—	—	$P_{0(вкл)}$
Конкретное	При наличии частично неработоспособного состояния	$K_{эф}; T_{в.с.ч}$		$K_{эф}$
Общее		$K_{Т.и.с.ч}; T_{о.с.ч}$	$K_{Г.с.ч}; T_{о.с.ч}$	$T_{в.с.ч}^{**}$ или $T_{ср.с.ч}$

\*Задают дополнительно  $K_{Г}$  или  $K_{Т.и}$  при наличии ограничений на продолжительность восстановления.  
 \*\*Задают для изделий, выполняющих ответственные функции, в противном случае задают второй показатель.  
 $K_{Г}, K_{Т.и}, K_{эф}, K_{о.г}, K_{Т.и.с.ч}$ ; — коэффициенты готовности, технического использования, сохранения эффективности, оперативной готовности, технического использования составной части;  
 $T_{о}, T_{в}, T_{ср}, T_{в.с.ч}, T_{ср.с.ч}, T_{о.с.ч}, T_{в.ож}$  — средняя наработка на отказ, среднее время восстановления, средняя наработка до отказа, среднее время восстановления составной части объекта, средняя наработка до отказа составной части объекта, средняя наработка на отказ составной части объекта, среднее время восстановления в режиме ожидания  
 $P(t_{б,р}), P_{0(вкл)}, P(t_{ож})$  — вероятности безотказной работы при наработке  $t_{б,р}$ , безотказного срабатывания (включения), безотказного ожидания применения по назначению

Рассмотрим пример выбора показателей надежности для одного из объектов конкретного назначения непрерывного длительного применения, который является восстанавливаемым и обслуживаемым. Эффективность работы объекта данного типа напрямую зависит от количества отказов, временем работы между отказами и среднее временем восстановления  $T_{в}$ .

Таким образом, в качестве показателей надежности применяются следующие показатели – среднее время наработки на отказ  $T_o$  и среднее время восстановления  $T_{в}$ ; комплексные показатели – коэффициент готовности  $T_{г}$  или коэффициент технического использования  $T_{т.и.}$

**Примеры показателей надежности по таблице 1 (статистическая оценка)**

Вероятность безотказной работы при наработке  $t_{бр}$

$$P(t_{бр}) = 1 - \frac{n(t_{бр})}{N}$$

где  $n(t)$  – число отказавших к моменту времени  $t$  изделий;  $N$  – число изделий, поставленных на испытания.

Средняя наработка до отказа (для невосстанавливаемого объекта)

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

где  $N$  – число работоспособных однотипных невосстанавливаемых объектов при  $t = 0$  (в начале испытания);  $t_i$  – наработка до отказа  $i$ -го объекта.

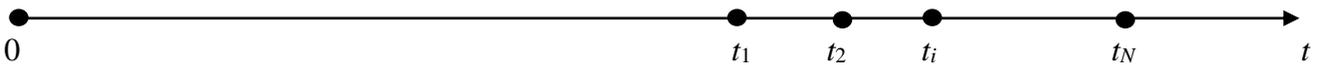


Рис. 1. Гипотетическая схема времени отказов:  
 $t_1, t_2, t_i, t_N$  – время отказов первого, второго,  $i$ -го и  $N$ -го объекта

Средняя наработка на отказ (для восстанавливаемого объекта)

$$T_o = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n t_i,$$

где  $t_i$  – наработка между  $i-1$  и  $i$ -м отказами,  $n(t)$  – суммарное число отказов за время  $t$ .



Рис. 2. Гипотетическая схема времени отказов первого объекта:  
 $t_{11}, t_{12}, t_{1i}, t_{1N}$  – время первого, второго,  $i$ -го и  $N$ -го отказов первого объекта

Среднее время восстановления

$$T_{в} = \frac{1}{m} \sum_{i=1}^m t_{вi},$$

$m$  – число отказов, последствия которых устранены;  $t_{вi}$  – время восстановления работоспособного состояния после  $i$ -го отказа.

Коэффициент готовности

Вероятность того, что изделие будет работоспособно в произвольный момент времени, кроме периодов, когда применение изделия по назначению исключено

$$K_{г} = \frac{T_o}{T_o + T_{в}}$$

Коэффициент технического использования

Характеризует долю времени нахождения элемента в работоспособном состоянии относительно рассматриваемой продолжительности эксплуатации

$$K_{\text{ти}} = \frac{T_{\text{н}}}{T_{\text{н}} + T_{\text{в}} + T_{\text{р}} + T_{\text{то}}},$$

где  $T_{\text{н}}$  – суммарная наработка изделия в рассматриваемый промежуток времени;  
 $T_{\text{в}}$ ,  $T_{\text{р}}$  и  $T_{\text{то}}$  – суммарное время, затраченное на восстановление, ремонт и ТО изделия за тот же период.

Другие коэффициенты:

$K_{\text{эф}}$ ,  $K_{\text{ог}}$ ,  $K_{\text{т.и.с.ч}}$ ; – коэффициенты сохранения эффективности, оперативной готовности, технического использования составной части;

$T_{\text{в.с.ч}}$ ,  $T_{\text{р.с.ч}}$ ,  $T_{\text{о.с.ч}}$ ,  $T_{\text{в.ож}}$  – среднее время восстановления составной части объекта, средняя наработка до отказа составной части объекта, средняя наработка на отказ составной части объекта, среднее время восстановления в режиме ожидания

### Задание

1. Ознакомиться с содержанием разделов 1-5 [ГОСТ 27.003-2016 «Надежность в технике \(ССНТ\). Состав и общие правила задания требований по надежности»](#)
2. Проанализировать раздел 6 нормативного документа. Рассмотреть классификацию объектов и представить в отчете пояснения к фрагменту классификации:
  - определенность назначения объекта :
    - объекты конкретного назначения...;
    - объекты общего назначения...;
  - возможность восстановления работоспособного состояния после отказа:
    - на восстанавливаемые – ...;
    - невосстанавливаемые – ...;
  - возможность и способ восстановления ресурса (срока службы):
    - неремонтируемые – ...;
    - ремонтируемые – ...;
  - возможность и необходимость технического обслуживания:
    - обслуживаемые – ...;
    - необслуживаемые – ...

Не имеющуюся информацию найти в ГОСТ Р 27 102-2021.
3. Составить алгоритм (инструкцию) выбора номенклатуры (перечня) показателей надежности.
4. Назначить показатели надежности на мышку, компьютер, транспортное средство конкретного назначения. Перечислить необходимые данные для расчета.
5. Определить показатели надежности по приведенным данным:
  - число отказавших к моменту времени  $t$  изделий  $n(t)=10$ ;
  - число изделий, поставленных на испытания,  $N=1000$ ;
  - число работоспособных однотипных невосстанавливаемых объектов (при  $t = 0$ )  $n=5$ ;
  - наработка до отказа  $i$ -го объекта  $t_i$ , ч: 958, 966, 977, 1012, 808;
  - наработка между  $i-1$  и  $i$ -м отказами  $t_i$ , ч: 1011, 999, 957;
  - суммарное число отказов за время  $t$   $n(t)=3$ .