

Практическая работа

ОСНОВНЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ НАДЕЖНОСТИ ИЗДЕЛИЯ

Цель работы: изучить основные показатели надежности изделия.

Основные сведения

К эксплуатационным показателям можно отнести: показатели назначения, показатели надежности, эргономические показатели, эстетические показатели, показатели транспортабельности, показатели безопасности, показатели экологичности, показатели патентно-правовые.

Одним из важнейших обобщающих свойств изделий является надежность.

Надежность – свойство объекта сохранять во времени в установленных пределах значения всех параметров, характеризующих способность выполнять требуемые функции в заданных режимах и условиях применения, технического обслуживания, хранения и транспортирования. К параметрам, характеризующим способность выполнять требуемые функции, относят кинематические и динамические параметры, параметры прочности, точности функционирования, производительности, скорости и. т.п. Например, отечественные заводы гарантируют бесперебойную работу в течение трех лет и т.д. Это значит, что в процессе наработки или в указанные периоды эксплуатации все показатели качества изделия должны находиться в пределах, указанных в гарантийных обязательствах.

Являясь комплексным свойством, надежность в зависимости от назначения объекта и условий его применения может включать безотказность, долговечность, ремонтпригодность и сохраняемость или определенные сочетания этих свойств.

Безотказность – свойство объекта непрерывно сохранять работоспособное состояние в течение некоторого времени или наработки. В машиностроении под **работоспособностью** понимают состояние изделия, при котором в данный момент времени его основные (рабочие) параметры находятся в пределах, установленных требованиями технической документации.

Безотказность характеризуется такими показателями как: вероятность безотказной работы $P(t)$; средняя наработка до отказа $T_{\text{ср}}$; средняя наработка на отказ $t_{\text{ср}}$; интенсивность отказов $\lambda(t)$; параметр

потока отказов $\omega(t)$; осредненный параметр потока отказов $\omega_{\text{оср}}(t)$; гамма-процентная наработка до отказа T_γ .

Отказ – событие, заключающееся в нарушении работоспособного состояния объекта. В зависимости от характерных особенностей отказы подразделяют на несколько типов: ресурсный отказ, независимый отказ, зависимый отказ, внезапный отказ, постепенный отказ, сбой, перемежающийся отказ, явный отказ, скрытый отказ, конструктивный отказ, производственный отказ, эксплуатационный отказ, деградационный отказ.

В зависимости от возможности или невозможности использования оборудования после отказа различают полные и частичные отказы. Для расчёта необходимого числа запасных сборочных единиц необходимо иметь данные, какие отказы устраняются без замены сборочных единиц (например, путём регулировки), а какие с заменой сборочных единиц. Отказы, связанные с заменой элементов, при анализе объединяют в отдельную группу.

Вероятность безотказной работы – это вероятность того, что в пределах заданной наработки или заданном интервале времени отказ образцов не возникает.

Согласно определению

$$P(t) = P(T > t),$$

где t – время, в течение которого определяется вероятность безотказной работы; T – время работы изделия от его включения до первого отказа.

Вероятность безотказной работы обратна вероятности отказа и вместе с интенсивностью отказов определяет безотказность образцов. Показатель вероятности безотказной работы по статистическим данным об отказах определяется по формуле:

$$P(t) = \frac{N_0 - n(t)}{N_0} = 1 - \frac{n(t)}{N_0},$$

где N_0 – число работоспособных образцов в начале испытаний, шт.; $n(t)$ – число образцов, отказавших за время t , шт.; во время испытаний отказавший образец не восстанавливается и не заменяется исправным. При большом числе изделий N_0 статистическая оценка практически совпадает с вероятностью безотказной работы $P(t)$.

Вероятность безотказной работы группы объектов равна произведению вероятностей безотказной работы каждого объекта в этой группе:

$$P(t) = P_1(t) \cdot P_2(t) \cdot \dots \cdot P_n(t) = \prod_{k=1}^n P_k(t),$$

где n – число объектов в группе.

Чем больше объектов в группе, тем ниже надежность всей группы, так как если $P_1(t) = P_2(t) = \dots = P_n(t)$, то тогда $P(t) = [P_1(t)]^n$.

Вероятность, рассматриваемую как функцию верхней границы отрезка времени, называют также **функцией надежности**.

Типичная кривая изменения вероятности безотказной работы показана на рис. 1.

Из графика видно, что:

- $P(t)$ – невозрастающая функция времени,
- $0 \leq P(t) \leq 1$,
- $P(0) = 1, P(\infty) = 0$.

Вероятность безотказной работы, характеристика являющаяся убывающей функцией времени, которая может принимать значение от 1 до 0.

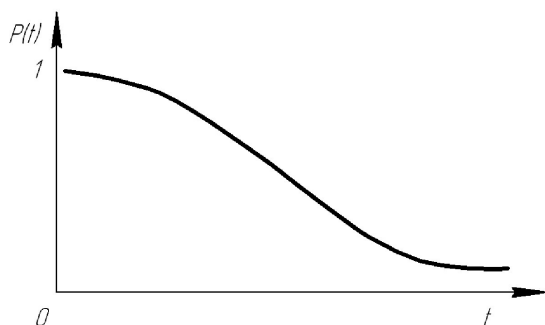


Рис. 1. Зависимость вероятности безотказной работы от наработки

Как видно из графика, функция $P(t)$ характеризует изменение надежности во времени и является достаточно наглядной оценкой.

На практике иногда более удобной характеристикой является *вероятность неисправной работы объекта* или *вероятность отказа*:

$$Q(t) = \frac{n(t)}{N_0}, \quad Q(t) = 1 - P(t),$$

где $n(t)$ – число отказавших объектов к первоначальному их числу N_0 .

2. Частота отказов – это отношение числа отказавших образцов в единицу времени к числу изделий первоначально установленных на испытание при условии, что отказавшие образцы не восстанавливаются и не заменяются исправными.

Частоту отказов определяют по формуле:

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

где $n(\Delta t)$ – число отказавших образцов в установленном интервале времени Δt ; N_0 – число образцов, первоначально установленных на испытание, шт.

Типичная кривая изменения частоты отказов показана на рис. 2.

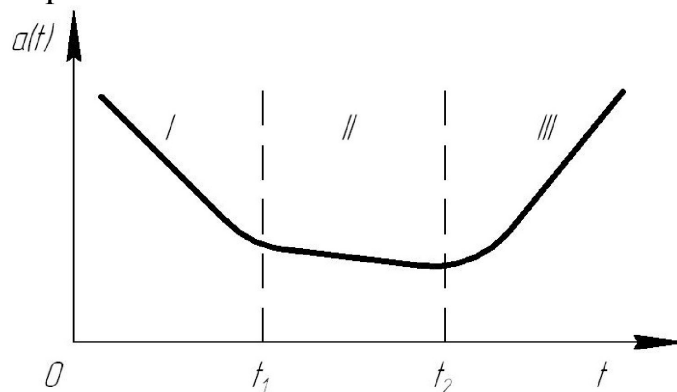


Рис. 2. Зависимость частоты отказов от времени:

$0-t_1$ – период приработки; t_1-t_2 – период нормальной эксплуатации; t_2-t – период старения

3. Интенсивность отказов – соотношение числа отказавших изделий в единицу времени к среднему числу объектов, исправно работающих в данный отрезок времени при условии, что отказавшие объекты не восстанавливаются и не заменяются исправными.

Статистическое определение интенсивности отказов производится по формуле:

$$\lambda(t) = \frac{n(\Delta t)}{N_{cp} \cdot \Delta t} = \frac{n(\Delta t)}{[N - n(t)] \cdot \Delta t},$$

где N – общее число рассматриваемых изделий;

$n(\Delta t)$ – число отказавших образцов в интервале времени от $t - \Delta t/2$ до $t + \Delta t/2$;

Δt – интервал времени;

N_{cp} – среднее число исправно работающих образцов в интервале Δt :

$$N_{cp} = \frac{N_i + N_{i+1}}{2},$$

где N_i – число образцов, исправно работающих в начале интервала Δt ;

N_{i+1} – число образцов, исправно работающих в конце интервала Δt .

Вероятностная оценка этой характеристики находится из выражения:

$$\lambda(t) = \frac{a(t)}{P(t)}.$$

Типичная кривая изменения интенсивности отказов показана на рис. 3.

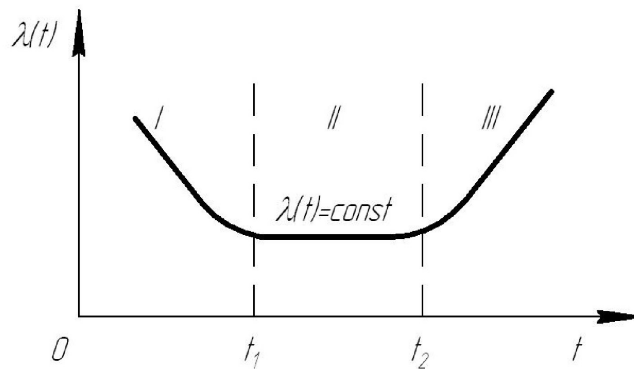


Рис. 3. Зависимость интенсивности отказов от времени:

$0-t_1$ – период приработки; t_1-t_2 – период нормальной эксплуатации; t_2-t – период старения

Ресурсные испытания и наблюдения над большими выборками объектов показывают, что в большинстве случаев интенсивность отказов изменяется во времени немонотонно.

Из кривой зависимости отказов от времени видно, что весь период работы объекта можно условно поделить на три периода.

I-й период – *приработка*. Прирабочные отказы являются, как правило, результатом наличия у объекта дефектов и дефектных элементов, надежность которых значительно ниже требуемого уровня. Чтобы повысить надежность объекта, учитывая возможность прирабочных отказов, нужно: проводить более строгую отбраковку элементов; проводить испытания объекта на режимах близких к эксплуатационным и использовать при сборке только элементы прошедшие испытания; повысить качество сборки и монтажа.

II-й период – *нормальная эксплуатация*. Данный период характеризуется тем, что прирабочные отказы уже закончились, а отказы, связанные с износом, еще не наступили. Этому периоду характерны исключительно внезапные отказы нормальных элементов, при этом наработка на отказ очень велика. Решить возникшие задачи можно при помощи изменения конструкции или облегчением режимов работы всего одного-двух элементов, а также повысив качество производства и даже чистоту производства и эксплуатацию.

III-й период – *износ*. Вероятность возникновения отказов из-за износов с приближением к сроку службы возрастает.

Зависимость между вероятностью безотказной работы, частотой и интенсивностью отказов, если $a(t)$ является невозрастающей функцией, можно описать соотношением $\omega(t) \geq \lambda(t) \geq a(t)$.

Долговечность – свойство объекта сохранять работоспособное состояние до наступления предельного состояния при установленной системе технического обслуживания и ремонта.

Понятию долговечности тождественно понятие ресурса машины (изделия), т. е. общее время работы в часах до первого капитального ремонта.

К показателям отражающим характеристики долговечности относят: гамма-процентный ресурс, средний ресурс, гамма-процентный срок службы, средний срок службы. При использовании показателей долговечности следует указывать начало отсчета и вид действий после наступления предельного состояния (например гамма-процентный ресурс от второго капитального ремонта до списания). Показатели долговечности, отсчитываемые от ввода объекта в эксплуатацию до окончательного снятия с эксплуатации, называются гамма-процентный полный ресурс (срок службы), средний полный ресурс (срок службы).

Ремонтопригодность – свойство объекта, заключающееся в приспособленности к поддержанию и восстановлению работоспособного состояния путем технического обслуживания и ремонта.

Ремонтопригодность характеризуют следующие показатели: вероятность восстановления, гамма-процентное время восстановления, среднее время восстановления, интенсивность восстановления, средняя трудоемкость восстановления. Затраты времени и труда на проведение технического обслуживания и ремонтов с учетом конструктивных особенностей объекта, его технического состояния и условий эксплуатации характеризуются оперативными показателями ремонтопригодности.

Сохраняемость – свойство объекта сохранять в заданных пределах значения параметров, характеризующих способности объекта выполнять требуемые функции, в течение и после хранения и (или) транспортирования.

Показателями сохраняемости являются: гамма-процентный срок сохраняемости и средний срок сохраняемости.

Порядок выполнения работы

1. Ознакомиться с теоретическими сведениями данной работы.
2. Вычислить характеристики надежности, выбрав исходные данные в соответствие со своим вариантом. При вычислении учитывать, что на испытании находилось N_0 неремонтируемых изделий; число отказов регистрировалось через Δt часов равномерных периодических срабатываний.

В таблице представлены значения для студента имеющего две последние цифры зачетной книжки «00». Для всех остальных

необходимо к числу отказов по каждому интервалу времени прибавлять две последние цифры своей зачетной книжки. Например, если две последние цифры «20», то исходные значения будут следующие: $51+20=71$ шт.; $42+20=62$ шт. и т.д. Значения параметра N_0 рассчитывается следующим образом: две последние цифры зачетной книжки умножаются на 10 и складываются с 1000 шт. Например, $20 \times 10 + 1000 = 1200$ шт..

Исходные данные

Интервал времени между равномерными периодическими срабатываниями радиоэлектронного оборудования Δt , час	Число отказов, $n(\Delta t)$, шт.	Интервал времени между равномерными периодическими срабатываниями радиоэлектронного оборудования Δt , час	Число отказов, $n(\Delta t)$, шт.	Интервал времени между равномерными периодическими срабатываниями радиоэлектронного оборудования Δt , час	Число отказов, $n(\Delta t)$, шт.
0-100	51	1000-1100	16	2000-2100	12
100-200	42	1100-1200	15	2100-2200	10
200-300	33	1200-1300	14	2200-2300	10
300-400	26	1300-1400	13	2300-2400	13
400-500	22	1400-1500	14	2400-2500	14
500-600	19	1500-1600	13	2500-2600	16
600-700	16	1600-1700	13	2600-2700	20
700-800	15	1700-1800	14	2700-2800	28
800-900	16	1800-1900	13	2800-2900	32
900-1000	16	1900-2000	13	2900-3000	45

Примечание: $N_0 = 1000$ штук

Пример 1. В эксплуатацию с ресурсом 300 ч. выпущена партия из 1000 объектов. Число снятых объектов после различной выработки характеризуется следующими данными:

Таблица 2.1

Результаты выработки объектов

Время наработки, ч	50	100	150	200	250	300
Общее число снятых объектов	20	24	30	34	40	50

Определить частоту отказов, интенсивность отказов в период времени от 0 до 50 ч. и от 200 до 250 ч. и вероятность безотказной работы за ресурс.

Решение. За первый период снято 20 объектов и частота отказов (для середины интервала – 25 ч.) составит

$$\alpha(25) = \frac{n(\Delta t)}{N_0 \cdot \Delta t} = \frac{20}{1000 \cdot 50} \approx 0,4 \cdot 10^{-3} \frac{1}{ч},$$

Интенсивность отказов (среднее число работающих объектов 990)

$$\lambda(25) = \frac{n(\Delta t)}{N_{cp} \cdot \Delta t} = \frac{n(\Delta t)}{[N - n(t)] \cdot \Delta t} = \frac{20}{990 \cdot 50} = 0,404 \frac{1}{ч}.$$

За период от 200 до 250 ч. снято 6 объектов.

Частота отказов составит

$$a(225) = \frac{6}{1000 \cdot 50} \approx 0,12 \cdot 10^{-3} \frac{1}{ч}.$$

Среднее число работающих объектов

$$1000 - \frac{34 + 40}{2} = 946.$$

Интенсивность отказов

$$\lambda(225) = \frac{6}{946 \cdot 50} = 0,13 \cdot 10^{-3} \frac{1}{ч}.$$

Вероятность безотказной работы

$$P(300) = 1 - \frac{50}{1000} = 0,95.$$

Пример 2. На испытание поставлено 500 изделий. За 2000 час отказало 200 изделий. За интервал времени равный 100 час, отказало 100 изделий. Требуется определить $P(2000)$, $P(2050)$, $P(2100)$, $a(2000)$, $a(2050)$, $a(2100)$, $\lambda(2000)$, $\lambda(2050)$, $\lambda(2100)$.

Решение. Рассчитаем вероятность безотказной работы:

$$P(2000) = \frac{500 - 200}{500} = 0,6;$$

$$P(2100) = \frac{500 - 300}{500} = 0,4.$$

Число изделий отказавших за время $t = 2050$ ч.

$$n(2050) = N_0 - N_{cp} = 500 - (200 + 100)/2 = 350 \text{ шт.}$$

$$P(2050) = \frac{500 - 350}{500} = 0,3.$$

Определим частоту отказов

$$a(2000) = \frac{200}{500 \cdot 2000} \approx 0,2 \cdot 10^{-3} \frac{1}{ч};$$

$$a(2100) = \frac{300}{500 \cdot 2100} \approx 2,86 \cdot 10^{-4} \frac{1}{ч};$$

$$a(2050) = \frac{350}{350 \cdot 2050} \approx 2,86 \cdot 10^{-4} \frac{1}{ч};$$

Полученные значения занести в отчет в соответствии с формой табл. 1.

Таблица 2.1

Результаты вычислений

$\Delta t_i, \text{ч}$	$P(t)$	$a(t) \cdot 10^{-3}, 1/\text{ч}$	$\lambda(t) \cdot 10^{-3}, 1/\text{ч}$
0-100			
...			

3. На основании расчетных данных построить графики зависимости характеристик P , a , λ от времени t (рис. 4).

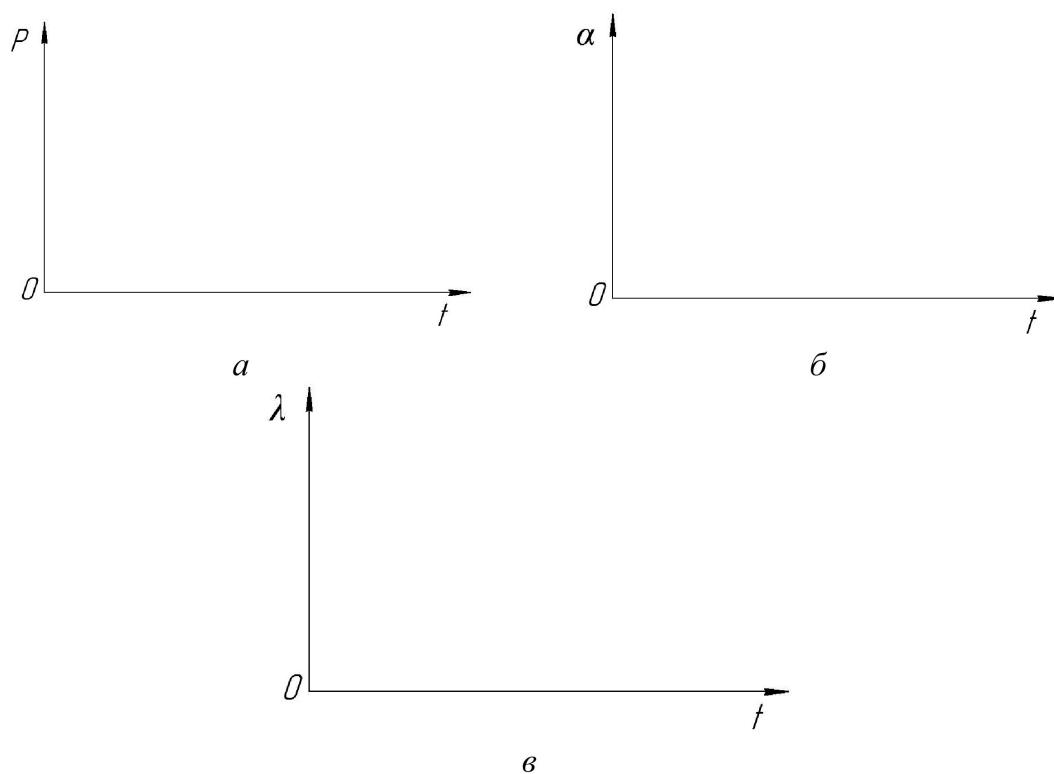


Рис. 4. Зависимость вероятности безотказной работы (a), частоты отказов (θ), интенсивности отказов (ϑ) от времени

4. Проанализировать полученные данные.
5. Сформулировать выводы по работе.
6. Составить отчет.
7. Ответить на контрольные вопросы.

Содержание отчета

1. Название работы,
2. Цель работы.

3. В отчете необходимо отразить определение основных показателей надежности изделия; расчет показателей надежности $P(t)$, $a(t)$, $\lambda(t)$.

4. Отобразить графические зависимости $P(t)$, $a(t)$, $\lambda(t)$.

5. По проделанной работе и полученным данным сделать выводы.