

Расчёт комплексных показателей надёжности для заданной статистической совокупности объектов

1.3.2. Комплексные показатели надежности

Каждый из описанных выше показателей позволяет оценить лишь одно из свойств надежности изделия. Для более полной оценки надежности используют комплексные показатели, позволяющие одновременно оценить несколько важнейших свойств изделия.

Номенклатура комплексных показателей надежности включает в себя пять коэффициентов (коэффициенты готовности, оперативной готовности, технического использования, планируемого применения и сохранения эффективности), которые могут служить как групповыми, так и индивидуальными показателями надежности.

Наиболее часто применяемыми на практике комплексными показателями являются коэффициент готовности K_G и коэффициент технического использования $K_{т.и.}$

Коэффициент готовности – это вероятность того, что объект окажется в работоспособном состоянии в произвольный момент времени, кроме планируемых периодов, в течение которых использование объекта по назначению не предусматривается. При системе обслуживания, предусматривающей немедленное начало восстановления после отказа, данная величина определяется по формуле:

$$K_G = \bar{T}_0 / (\bar{T}_0 + \bar{T}_в), \quad (1.49)$$

где \bar{T}_0 – средняя наработка на отказ;

$\bar{T}_в$ – среднее время восстановления работоспособного состояния.

Коэффициент готовности характеризует готовность объекта к функционированию (применение по назначению) только в отношении его работоспособности и, следовательно, означает вероятность застать объект в работоспособном состоянии в произвольный момент времени. Причем этот момент времени не может быть выбран в тех интервалах, где применение объекта исключено.

Под планируемыми периодами, в течение которых применение объекта по назначению не предусматривается, имеют в виду простой машины на плановых технических обслуживаниях, ремонте, хранении и транспортировке.

При расчете коэффициента готовности учитывают только оперативное время устранения отказа. Простой по организационным причинам (вызов ремонтной бригады, поиск и доставка запасных частей и др.) не учитывают.

Коэффициент оперативной готовности – вероятность того, что объект окажется в работоспособном состоянии в произвольный момент времени, кроме планируемых периодов, в течение которых использование объекта по назначению не предусматривается, и, начиная с этого момента, будет работать безотказно в течение заданного интервала времени.

Коэффициент оперативной готовности характеризует надежность объектов, необходимость применения которых возникает в произвольный момент времени, после чего требуется определенная безотказная работа. До этого момента времени такие объекты могут находиться как в режиме полных или облегченных нагрузок, но без выполнения заданных рабочих функций, так и в режиме применения – для выполнения других рабочих функций (задач, работ и т.д.). В обоих режимах могут возникнуть отказы, а затем восстановить работоспособность объекта.

Коэффициент оперативной готовности

$$K_{о.г.} = K_G \cdot P(t_0, t_1), \quad (1.50)$$

где $P(t_0, t_1)$ – вероятность безотказной работы объекта в интервале (t_0, t_1) [здесь t_0 – момент времени, с которого возникает необходимость применения объекта по назначению; t_1 – момент времени, когда применение объекта по назначению прекращается].

Кроме того, иногда коэффициент оперативной готовности определяют так:

$$K_{o.g.} = \bar{T}_0 / (\bar{T}_0 + \bar{T}_в + \bar{T}_{орг}), \quad (1.51)$$

где $\bar{T}_{орг}$ – среднее время простоев по организационным причинам.

Выражение (1.50) используют для определения коэффициента оперативной готовности объектов. Необходимость их использования возникает в произвольный момент времени, после которого объекты должны работать без отказов.

Коэффициент технического использования – это отношение математического ожидания суммарного времени пребывания объекта в работоспособном состоянии за некоторый период эксплуатации к математическому ожиданию суммарного времени пребывания объекта в работоспособном состоянии и простоев, обусловленных техническим обслуживанием и ремонтом за тот же период.

Коэффициент технического использования:

$$K_{т.и} = \bar{T}_{сум} / (\bar{T}_{сум} + \bar{T}_{то} + \bar{T}_{рем}), \quad (1.52)$$

где $\bar{T}_{сум}$ – математическое ожидание суммарного времени пребывания объекта в работоспособном состоянии за некоторый период эксплуатации;

$\bar{T}_{то}$, $\bar{T}_{рем}$ – математическое ожидание суммарного времени пребывания объекта в техническом обслуживании и ремонте за тот же период эксплуатации.

Коэффициент технического использования характеризует долю времени нахождения объекта в рабочем состоянии с учетом простоя в техническом обслуживании, ремонте и устранении отказов.

Так как коэффициент технического использования $K_{т.и}$ учитывает простой машин, как в неплановых, так и в плановых технических обслуживаниях и ремонтах, то он всегда меньше коэффициента готовности K_g . Если в суммарное время простоев из-за плановых и неплановых ремонтов включают время капи-

тального ремонта, то в данном случае величина, рассчитанная по формуле (1.49), часто называется коэффициентом технической готовности.

Из выражений (1.49) и (1.52) следует, что чем меньше среднее время восстановления $\bar{T}_в$ и суммарные простои, связанные с техническим обслуживанием и ремонтом, тем выше коэффициенты готовности K_g и технического использования $K_{т.и}$.

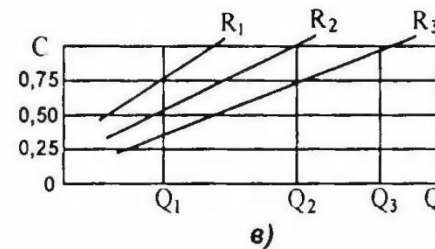
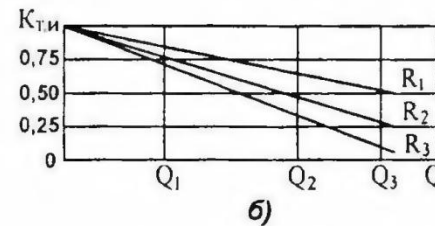
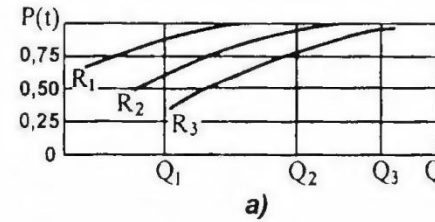


Рис.1.12. Зависимость вероятности безотказной работы $P(t)$ (а), коэффициента технического использования $K_{т.и}$ (б) и эксплуатационных расходов C (в) от объемов ТО и ремонтов Q и уровня ремонтпригодности R

Объемы технического обслуживания и ремонта Q , определяемые исходя из обеспечения требуемого уровня безотказности, существенно влияют на показатель $K_{т.и}$ технического использования и эксплуатационные расходы C (рис.1.12). Вместе с тем показатели $K_{т.и}$ и C в значительной степени зависят от уровня R ремонтпригодности конструкции машины.

Коэффициент планируемого применения – доля периода эксплуатации, в течение которой объект не должен находиться на плановом техническом обслуживании и ремонте.

Коэффициент планируемого применения – отношение разности заданной продолжительности эксплуатации и математического ожидания суммарной продолжительности плановых технических обслуживаний и ремонтов за этот же период эксплуатации к значению этого периода.

Коэффициент сохранения эффективности ($K_{с.э}$) – отношение значения показателя эффективности использования объекта по назначению за определенную продолжительность эксплуатации к номинальному значению этого показателя, вычисленному при условии, что отказы объекта в течение того же периода эксплуатации не возникают.

Коэффициент сохранения эффективности характеризует степень влияния отказов элементов объекта на эффективность его применения по назначению, а также учитывает изменение эффективности в зависимости от продолжительности эксплуатации изделия.

Рассмотрим некоторые примеры определения комплексных показателей надежности в статистической форме.

Пример 1.11. За наблюдаемый период автогрейдер ДЗ-98А отказал 2 раза. Причем первая наработка на отказ составила 500 часов, вторая – 700 часов. Первый внеплановый ремонт составил 5 часов, а второй – 15 часов. Требуется определить коэффициент готовности.

Решение:

1. Находим среднюю наработку на отказ:

$$\bar{T}_0 = \frac{700 + 500}{2} = 600 \text{ часов.}$$

2. Рассчитываем среднее время восстановления работоспособного состояния автогрейдера:

$$\bar{T}_в = \frac{5 + 15}{2} = 10 \text{ часов.}$$

3. По формуле (1.49) определяем коэффициент готовности:

$$K_r = \frac{600}{600 + 10} = 0,98.$$

Пример 1.12. Для условий примера 1.11. необходимо определить коэффициент технического использования, если продолжительность простоев машин в плановых технических обслуживаниях и ремонтах за тот же период составила 20 часов.

Решение:

1. Определим суммарную наработку автогрейдера за наблюдаемый период эксплуатации:

$$\bar{T}_{\text{сум}} = 500 + 700 = 1200 \text{ часов.}$$

2. Суммарная продолжительность простоев автогрейдера:

$$\bar{T}_{\text{то}} + \bar{T}_{\text{рем}} = 5 + 15 + 20 = 40 \text{ часов.}$$

3. По формуле (1.52) находим:

$$K_{т.и} = \frac{1200}{1200 + 40} = 0,96.$$

Таким образом, надежность машин закладывается при их проектировании и доводке опытного образца, обеспечивается в процессе серийного или массового производства и как одно из важнейших свойств проявляется и поддерживается в процессе эксплуатации.