

Надежность системы универсально–сборочных приспособлений. Критерии надежности

ХГНИИ технологии и машиностроения

Предложенные методы позволяют дать оценку надежности системы УСП в процессе эксплуатации с учетом факторов, являющихся определяющими критериями.

Ключевые слова: универсально-сборочное приспособление, надежность, критерии надежности, механическая обработка

1. Введение

Теоретическое исследование вопросов надежности и долговечности системы универсально-сборочных приспособлений (УСП) для изготовления корпусных деталей энергетического оборудования основывается на современных положениях и математических методах теории надежности, использовании статистических методов исследования и применении основ теории вероятности.

Система УСП для механической обработки деталей состоит из большого количества взаимосвязанных между собой элементов. Элементы УСП соединены между собой таким образом, чтобы получить единое целое (компоновку) и обеспечить выполнение одной или нескольких технологических операций.

Поскольку система УСП предназначена для эксплуатации в условиях индивидуального и мелкосерийного производства, то компоновки УСП работают относительно короткий промежуток времени, после чего разбираются на составные части для приспособлений новой конструкции.

Одновременно с их разборкой производится профилактическое обслуживание, во время которого детали проверяются на точность, а при необходимости элементы перешлифовываются.

Заявляемый период износа основных элементов УСП составляет 10–12 лет. Поэтому вопрос надежности и долговечности играет значительную роль в соответствии заявленным параметрам.

2. Критерии надежности системы УСП

Надежность системы УСП обуславливается безотказностью, долговечностью и ремонтпригодностью компоновок и входящих в них элементов, способностью обеспечить сохранение ее эксплуатационных показателей в заданных пределах.

Опыт эксплуатации УСП показал, что даже хорошо и правильно собранные компоновки, совершенная технология изготовления элементов, нормальные условия эксплуатации не исключают полностью возникновения отказов.

Для качественного определения надежности системы УСП необходимы критерии надежности. Критерии надежности – это признак, по которому оценивается надежность системы УСП.

В качестве количественных критериев надежности выбраны такие характеристики:

1. Безотказность работы;

2. Частота отказов;
3. Интенсивность отказов;
4. Среднее время безотказной работы;
5. Коэффициент готовности;
6. Коэффициент отказов;
7. Относительный коэффициент отказов элементов;
8. Коэффициент расхода элементов.

Безотказность работы системы УСП для механической обработки деталей определяется вероятностью того, что в определенных условиях эксплуатации в пределах заданной продолжительности работы отказов не последует.

Обозначим эту характеристику $P(\tau)$.

Время τ , в течение которого требуется определить безотказность работы системы УСП, обычно равно среднему времени работы одной компоновки УСП:

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

где N_0 — количество испытываемых компоновок;

$n(\tau)$ — число отказов за время τ .

В качестве характеристики надежности системы УСП можно использовать вероятность неисправной работы или вероятность отказов — $Q(\tau)$

$$Q(\tau) = 1 - P(\tau) = 1 - \frac{N_0 - n(\tau)}{N_0} = \frac{n(\tau)}{N_0}. \quad (2)$$

Вероятность безотказной работы $P(\tau)$ как количественная характеристика надежности, характеризует изменения надежности во времени.

Вместе с тем она характеризует надежность системы УСП только до первого отказа, а поэтому является достаточно полной характеристикой надежности только систем разового использования, т.е. компоновок УСП.

Безотказность работы $P(\tau)$ не позволяет определить зависимость между временными составляющими цикла эксплуатации. Это не дает возможности установить, будет ли готова система УСП к действию в данный момент.

Частотой отказов будем считать отношение к отказавшим компоновкам УСП в единицу времени к числу компоновок, первоначально участвующих в испытаниях при условии, что отказавшие компоновки УСП не ремонтируются или заменяются новыми:

$$a(\tau) = \frac{\Delta n(\tau)}{N_0 \cdot \Delta \tau}, \quad (3)$$

где $a(\tau)$ — частота отказов;

$\Delta \tau$ — интервал времени;

$\Delta n(\tau)$ — число компоновок отказавших в интервале

времени от $\left(\tau - \frac{\Delta \tau}{2}\right)$ до $\left(\tau + \frac{\Delta \tau}{2}\right)$.

Между частотой отказов, вероятностью безотказной работы и вероятностью отказов при любом законе распределения времени возникновения отказов существует такая зависимость:

$$P(\tau) = \int_{\tau}^{\infty} a(\tau) d\tau = 1 - \int_0^{\tau} a(\tau) d\tau \quad (4)$$

$$Q(\tau) = \int_0^{\tau} a(\tau) d\tau \quad (5)$$

Частота отказов наиболее полно характеризует такое случайное явление, как время возникновения отказов. В этом ее большое достоинство как характеристики надежности.

Интенсивность отказов – это отношение отказавших компоновок УСП в единицу времени и среднему числу компоновок, исправно работающих в данный отрезок времени при условии, что отказавшие компоновки не восстанавливались и не заменялись поправками:

$$\lambda(\tau) = \frac{\Delta n(\tau)}{N_{\text{ср}} \cdot \Delta \tau} \quad (6)$$

где $N_{\text{ср}} = \frac{N_i + N_{i+1}}{2}$ – среднее число исправно работающих компоновок УСП в интервале $\Delta \tau$;

N_i – число исправно работающих компоновок в начале интервала;

N_{i+1} – число неисправно работающих компоновок УСП в конце интервала;

Таким образом,

$$\lambda(\tau) = \frac{2 \Delta n(\tau)}{(N_i + N_{i+1}) \Delta \tau} \quad (7)$$

Зависимость между интенсивностью отказов, вероятностью безотказной работы и частотой отказов выражаем такой зависимостью:

$$P(\tau) = e^{-\int_0^{\tau} \lambda(\tau) d\tau} \quad (8)$$

$$a(\tau) = \lambda(\tau) e^{-\int_0^{\tau} \lambda(\tau) d\tau} \quad (9)$$

Выражение (9) является вероятностным определением интенсивности отказов.

Интенсивность отказов, являясь функцией времени, позволяет наглядно установить характерные участки работы компоновок УСП.

Среднее время безотказной работы определяется как математическое ожидание времени безотказной работы.

Как и всякое математическое ожидание случайной величины, среднее время безотказной работы определяется зависимостью

$$\tau_0 = \int_0^{\infty} \tau a(\tau) d(\tau) \quad (10)$$

Среднее время безотказной работы на статистических данных определяется по формуле

$$\tau_0 = \frac{\sum_{i=1}^{\frac{\tau_k}{\Delta \tau}} n_i \tau_i}{N_0}, \quad (11)$$

где n_i – число образцов, отказавших в i -м интервале;

$\tau_i = \frac{\tau_{i-1} + \tau_i}{2}$ – среднее время i -го интервала;

τ_k – время, в течение которого отказали все N_0 компоновок УСП;

$\Delta \tau$ – выбранная величина интервала времени.

Существует такая аналитическая зависимость между τ_0 и рассмотренными ниже количественными характеристиками надежности:

$$\tau_0 = \int_0^{\infty} P(\tau) d\tau. \quad (12)$$

Из этого выражения видно, что среднее время безотказной работы есть площадь под кривой вероятности безотказной работы.

Подставив в выражение (12) вместо $P(\tau)$ его значения, мы получили

$$\tau_0 = \int_0^{\infty} e^{-\lambda(\tau)} d\tau \cdot d\tau \quad (13)$$

Рассмотренные выше количественные характеристики дали возможность произвести оценку надежности системы УСП в процессе эксплуатации.

Однако они не учитывают временных составляющих цикла эксплуатации и, в частности, времени затрачиваемого на профилактические мероприятия и ремонты. Поэтому необходимы дополнительные показатели надежности.

Для этого вводим такие коэффициенты надежности.

Коэффициент готовности системы УСП определяется как отношение времени безотказной работы к сумме времени безотказной работы и восстановления, взятых за один и тот же период:

$$K_r = \frac{\tau_p}{\tau_p + \tau_{\Sigma}} \quad (14)$$

где K_r — коэффициент готовности;

τ_p — время безотказной работы компонентов УСП;

τ_{Σ} — время восстановления, т.е. время затраченное на профилактику и ремонт.

В τ_{Σ} не входит время, затраченное на сборку компонентов и ее хранение.

Из определения коэффициента готовности видно, что он зависит от времени эксплуатации, в течение которого определяется K_r .

Тогда $\tau_p = \tau_{p1} + \tau_{p2} + \dots + \tau_{pn} = \sum_{i=1}^n \tau_{pi}$

$$\tau_b = \tau_{b1} + \tau_{b2} + \dots + \tau_{bn} = \sum_{i=1}^n \tau_{bi}$$

$$K_r = \frac{\sum_{i=1}^n \tau_{pi}}{\sum_{i=1}^n \tau_{pi} + \sum_{i=1}^n \tau_{bi}} \quad (15)$$

Коэффициент отказов элементов системы УСП есть отношение числа отказов компонентов из-за выхода из строя элементов данного типа к общему числу отказов компонентов УСП, взятых за определенный период времени:

$$K_0 = \frac{n_i}{n} \quad (16)$$

где K_0 — коэффициент отказов элементов;

n_i — число отказов системы УСП из-за элементов данного типа за определенное время;

n — общее число отказов системы УСП за тот же период времени.

При испытании нескольких компонентов УСП формула (16) примет вид

$$K_0 = \frac{\sum_{i=1}^{N_0} n_{ij}}{\sum_{y=1}^{N_0} n_y} \quad (17)$$

где n_{ij} — число отказов в j -й компоненте, вызванных отказами элементов i -го типа за определенное время;

n_y — общее число отказов y -й компоненты за тот же период времени;

N_0 — общее число испытываемых компонентов.

Коэффициент отказов K_0 позволит определить, надежность каких элементов целесообразно повысить для повышения надежности системы УСП в целом.

В качестве количественной характеристики надежности системы УСП следует использовать относительный коэффициент отказа элементов.

Относительный коэффициент отказа элементов – это отношение процента отказов системы УСП из-за отказов элементов данного типа, взятых за определенный календарный срок, и процента этих элементов в комплекте:

$$K_{00} = \frac{\frac{n_i}{N}}{\frac{n_i}{N}} = \frac{n_i N}{N n_i}. \quad (18)$$

В противоположность коэффициентам K_0 , K_{00} учитывает количество элементов в комплекте УСП, а поэтому более полно характеризуют надежность системы в целом. Он не только характеризует надежность системы УСП, но и дает представление о структуре комплекта УСП.

Коэффициент расхода элементов определяется как отношение числа отказавших и изъятых в процессе профилактических осмотров и ремонтов элементов в единицу времени к общему числу данных элементов в системе УСП:

$$K_3 = \frac{n_i + n_{из, i}}{N_i \cdot \Delta t}, \quad (19)$$

где K_3 – коэффициент расхода элементов;

$n_{из, i}$ – число элементов i -20 изъятых за время Δt в процессе осмотров и ремонтов.

K_3 позволяет определить число элементов, необходимое для нормальной эксплуатации комплекта УСП в течение определенного промежутка времени.

Зная $K_3(\tau)$, можно научно обосновать необходимый состав комплекта УСП.

Выводы

Гибкое производство, как правило, используется для обработки широкой номенклатуры деталей в условиях часто меняющихся изделий. Приспособления, применяемые для оснащения данных производств, должны обладать высокой гибкостью. Этому требованию в наибольшей степени отвечают универсально-сборные приспособления.

Такие приспособления в отличие от специальных неразборных позволяют базировать и закреплять изделия различной формы и размеров. Однако возникает не менее важный фактор – надежность комплекта УСП.

Предложенные методы позволяют дать оценку надежности системы УСП в процессе эксплуатации с учетом факторов, являющихся определяющими критериями, а также возможность научно обосновать необходимый состав комплекта УСП предприятия.

Список литературы

1. Мовшович, А. Я. Обратимая технологическая оснастка для ГПС [Текст] / А. Я. Мовшович, Н. Д. Жолткевич, В. П. Горбулин и др. – К.: Техника, 1992 – 216 с.
2. Жолткевич Н. Д. Универсально-сборные приспособления с пазами 8, 12, 16 мм [Текст] / Н. Д. Жолткевич, А. Я. Мовшович, И. Ф. Приходько. – М.: ЦНИИинформации, 1982. – 68 с.

Рецензент: д-р техн. наук, проф. Г.И. Костюк, Национальный аэрокосмический университет им. Н.Е. Жуковского «ХАИ», Харьков

Стаття надійшла до редакції 11 червня 2013 р.

Надійність системи універсально-збірних пристосувань. Критерії надійності

Запропоновані методи дозволяють дати оцінку надійності системи УЗП у процесі експлуатації з урахуванням факторів, які є визначальними критеріями.

Ключові слова: універсально-збірні пристосування, надійність, критерії надійності, механічна обробка.

Reliability of modular fixture system. Reliability criteria

Authors proposed methods that allows to assess the reliability of the modular fixture system during the operating period based on criteria of reliability.

Keywords: modular fixture system, reliability, reliability criteria, machining.