

Лекция № 8. Прогнозирование остаточного ресурса



Основные понятия и определения



- Ресурс – наработка объекта от начала эксплуатации до перехода объекта в предельное состояние;
- Остаточный ресурс - наработка от момента контроля до перехода объекта в предельное состояние;

ГОСТ 27.002-89. Надёжность в технике. Основные понятия и определения.

ГОСТ 27.302-86. Надёжность в технике. Методы определения допускаемого отклонения параметра технического состояния и прогнозирование остаточного ресурса составных частей агрегатов и машин.

Допущения и ограничения метода



1. Остаточный ресурс прогнозируется по скорости процессов изнашивания и других монотонных процессов ухудшения ТС узлов и агрегатов машин, выпускаемых серийно по единой технологии и эксплуатирующихся в примерно одинаковых условиях.
2. Показатели случайного процесса изменения параметров машин известны по результатам наблюдения за эксплуатацией объектов или по данным специальных исследований.
3. Прогнозирование остаточного ресурса имеет целью:
 - минимизацию на период прогноза экономических последствий (стоимости диагностирования, стоимости дополнительных регламентных работ и восстановлений после отказов);
 - обеспечение максимальной вероятности безотказной работы на период прогноза.



Математическая модель прогнозирования остаточного ресурса

Модель прогнозирования:

$$t_{cp}^{ост} = t_k \left[\left(\frac{U_n}{U_k} \right)^{1/\alpha} - 1 \right] k_t, \text{ где}$$

$$k_t = 1 + t_M^\alpha \left(\frac{U_k}{U_n t_k^\alpha} - \frac{1}{\sqrt{\alpha} T_{cp}^\alpha} \right) \sqrt{1 - \frac{U_k}{U_n}} (48\sigma_z - 0.5) \frac{1.4}{1 + \nu}.$$

Характеристика процесса изменения параметра:

$$U(t) = Vt^\alpha + z(t);$$

$$M[z(t)] = 0; D[z(t)] = \sigma_z^2; R[z(t), z(t + \Delta t)] = \rho_z(\Delta t);$$

$$f_z[z(t_k)] = \frac{1}{\sqrt{2\pi\sigma_z^2}} \exp\left[-\frac{z^2(t_k)}{2\sigma_z^2}\right].$$



Прогнозирование остаточного ресурса на основе расчёта эквивалентной наработки

- $t_{\text{ЭКВ}} = 5n_1 + 25n_2 + X + 4Y$, где
 - n_1 - число нормальных пусков;
 - n_2 - число ускоренных пусков;
 - X - время работы с нагрузкой от пиковой до максимальной;
 - Y - время работы с нагрузкой от базовой до пиковой.



Оценка остаточного ресурса по фактическому состоянию

Расчётная формула:

$$K_B = \frac{B_1 \cdot t_1 + B_2 \cdot t_2 + B_3 \cdot t_3 + B_4 \cdot t_4}{K_H \cdot T} = 1,0$$

Где t_i – наработка ГТД при i – м уровне вибропараметра;
 T – директивное время межремонтного срока, ч;
 B_i, K_H – коэффициенты, зависящие от уровня вибропараметра.

Значение коэффициентов

Вибросмещение, мкм	Коэффициенты V_i		Наработка, тыс. ч	Коэффициент K_n
0÷10	V_1	0,8	0÷20	0,8
10÷20	V_2	1,0	20÷50	1,0
20÷30	V_3	1,5	Более 50	0,9
30÷40	V_4	2,0		



Оценка остаточного ресурса с учётом фактической наработки объекта

$$K_n = \frac{A_1(n_{x.n} - n_H) + A_2n_{Г.} + A_3n_{A.O} + K_1 \cdot t_1 + K_2 \cdot t_2 + \dots + K_4 \cdot t_4}{K_H \cdot T} = 1,0$$

ГДЕ $K_H = 33 \div 37$ – допустимое количество пусков за межремонтный период;

A_i, K_i – коэффициенты уравнения, значения которых приведены ниже;

$n_{x.n}, n_H, n_{Г.п}, n_{A.O}$ - количество холодных, нормальных, горячих пусков и аварийных остановок;

T – директивное время межремонтного срока, ч;

t_i – наработка ГТД на i -м режиме, ч.

Значения коэффициентов

Коэффициент А		ГТ-700-5			ГТ-700-6			ГТ-10		
		$t_3, ^\circ\text{C}$	Значение		$t_3, ^\circ\text{C}$	Значение		$t_3, ^\circ\text{C}$	Значение	
Режим	Значение									
Холодный пуск	100	750	K_1	10	800	K_1	10	825	K_1	15
Горячий пуск	75	710	K_2	1,0	765	K_2	1,0	795	K_2	1,0
Аварийная остановка	100	675	K_3	0,3	725	K_3	0,2	740	K_3	0,2
		600	K_4	0,1	650	K_4	0,05	650	K_4	0,05



Заключение

- Оценка остаточного ресурса энергетических объектов по фактическому состоянию позволяет наиболее достоверно прогнозировать их долговечность.
- Для построения корректных уравнений расхода ресурса необходим большой статистический материал об отказах оборудования либо должны быть созданы соответствующие математические модели.

Благодарю за внимание!

