

# 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!*

