



Рыбалко В.В.

Основы эксплуатации, диагностирования и испытаний турбомашин и турбоустановок

Лекция

«Расчёт комплекта ЗИП для обеспечения
безотказной работы объектов энергетики»

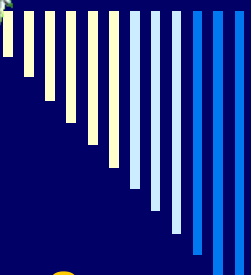
Вопросы лекции:

Введение

1. Методика расчёта одиночного комплекта деталей

Заключение





Введение.

Основные понятия определения

Запасная часть
назначенн
механизме

Одиночный

Д
там

Ремонт

ГОСТ 28

При эксплуатации объектов корабельной энергетики отсутствие запасных элементов увеличивает время восстановления работоспособности в 10 – 20 раз

сти низма, пред-
работающем

ест-
для под-
ыми ремон-

(детали) и
ения планово-

онта техники.
андарта СССР





1. Методика расчёта одиночного комплекта деталей

а) экспоненциальный закон надёжности

Исходная информация:

N – количество однотипных деталей; γ – вероятность безотказной работы объекта;
 t_{cp} – средняя наработка до отказа, ч; работы объекта;
 τ – планируемая наработка объекта, ч;

Основное уравнение расчёта

$$\gamma = \sum_{k=0}^{z_{\gamma}} \frac{n_{cp}^k}{k!} \exp\left(-\frac{n_{cp}}{t_{cp}}\right),$$

$$n_{cp} = \frac{N \cdot \tau}{t_{cp}}$$





Пример № 1. Расчёт одиночного комплекта деталей

(экспоненциальный закон надёжности)

Дано:

$$N = 20;$$

$$t_{\text{ср}} = 1600 \text{ ч};$$

$$\tau = 2000 \text{ ч};$$

$$\gamma = 0,99;$$

$$n_{\text{ср}} = 20 \cdot 2000 / 1600 = 25;$$

$$\rho = z_{\gamma} / n_{\text{ср}} = 1,47;$$

$$z_{\gamma} = \rho \cdot n_{\text{ср}} = 25 \cdot 1,47 = 37;$$

Ответ: Для обеспечения безотказной работы объекта с вероятностью $\gamma = 0,99$ требуется 37 запасных элементов



Пример № 2. Расчёт одиночного комплекта деталей

(экспоненциальный закон надёжности)

Дано:

$$N = 20;$$

$$t_{\text{ср}} = 1600 \text{ ч};$$

$$\tau = 2000 \text{ ч};$$

$$\gamma = 0,999;$$

$$n_{\text{ср}} = 20 \cdot 2000 / 1600 = 25;$$

$$\rho = z_{\gamma} / n_{\text{ср}} = 1,66;$$

$$z_{\gamma} = \rho \cdot n_{\text{ср}} = 25 \cdot 1,66 = 42;$$

Ответ: Для обеспечения безотказной работы объекта с вероятностью $\gamma = 0,999$ требуется 42 запасных элемента





б) нормальный закон надёжности

Исходная информация:

t_{cp} – средняя наработка до отказа;

σ – среднеквадратическое отклонение наработки до отказа;

γ – вероятность безотказной работы объекта;

τ – планируемая наработка объекта;

U_γ – квантиль уровня γ стандартного нормального распределения;

Расчётная зависимость:

$$z_\gamma = n_{cp} \cdot r - 1, \text{ где } r = 1 + s + 0.5s^2;$$

$$s = U_\gamma \cdot v / \sqrt{n_{cp}};$$

$$n_{cp} = \tau / t_{cp}; v = t_{cp} / \sigma;$$




Пример № 3. Расчёт одиночного комплекта деталей

(нормальный закон надёжности)

Расчётная зав

исимость

Дано:

$$t_{\text{ср}} = 660 \text{ ч};$$

$$\sigma = 210 \text{ ч};$$

$$\tau = 2640 \text{ ч};$$

$$\gamma = 0,995;$$

$$z_{\gamma} = \frac{\tau}{t_{\text{ср}}} + U_{1-\gamma} \sqrt{\frac{\sigma^2 \tau}{t_{\text{ср}}^3}}$$

где τ – планируемая наработка; $t_{\text{ср}}$ – средняя наработка до отказа;

$U_{1-\gamma}$ – квантиль стандартного нормального распределения уровня $1-\gamma$;

σ – стандартное отклонение наработки до отказа.

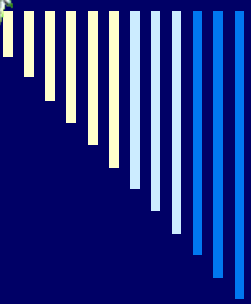
Решение

$$z_{\gamma=0,995} = \frac{2640}{660} + U_{1-0,995} \sqrt{\frac{210^2 \cdot 2640}{660^3}} = 6,$$

где $U_{1-0,995} = 2,576$.

Ответ: Для обеспечения безотказной работы объекта с вероятностью $\gamma = 0,995$ в течение запланированной наработки 2640 ч требуется 6 запасных элементов





Пример № 4. Расчёт одиночного комплекта деталей

(нормальный закон надёжности)

Дано:

$$t_{cp} = 660 \text{ ч};$$

$$\sigma = 210 \text{ ч};$$

$$\tau = 2640 \text{ ч};$$

$$n_{\gamma} = 4;$$

$$n_{cp} = \tau / t_{cp} = 2640 / 660 = 4;$$

$$\nu = \sigma / t_{cp} = 210 / 660 = 0,32;$$

$$r = \frac{(n_{\gamma} + 1)}{n_{cp}} = \frac{(4 + 1)}{4} = 1,25;$$

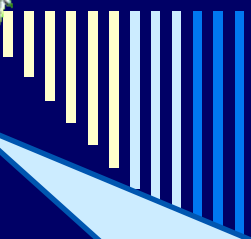
$$z(r) = 0,225; \text{ (см. Приложение №6 Учебного пособия)}$$

$$U_{\gamma} = z \cdot \sqrt{n_{cp}} = 0,225 \frac{2}{0,318} = 1,415;$$

$$\gamma = 0,92 \text{ (см. Приложение №6 Учебного пособия)}$$

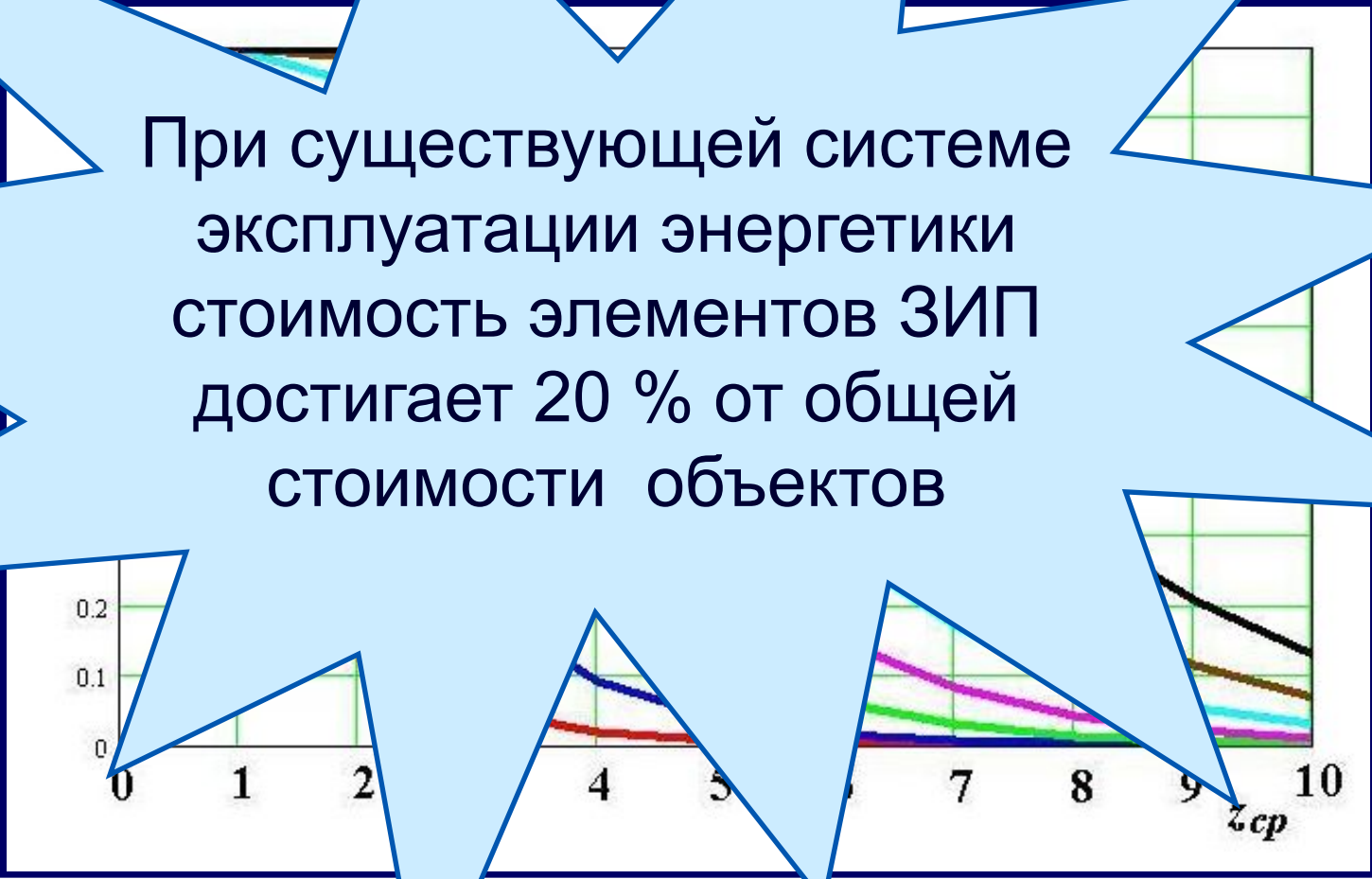
Ответ: При наличии 4-х запасных элементов может быть обеспечена безотказная работа объекта в течение запланированной наработки 2640 ч с вероятностью $\gamma = 0,92$





Зависимость вероятности безотказного функционирования объекта от наличия элементов ЗИП

При существующей системе эксплуатации энергетики стоимость элементов ЗИП достигает 20 % от общей стоимости объектов



z_{cp} - среднее количество запасных элементов, ед.;

z_{γ} - количество запасных элементов, обеспечивающих работу с вероятностью γ ;

Эксплуатационное количество запасных частей

$$z_{\text{э}} = z_{\text{г}} + z_{\text{пр}} + z_{\text{хр}},$$

где $z_{\text{пр}}$ – количество заменяемых элементов при профилактике на складе;

$$z_{\text{хр}} = K_{\text{э}} + \lambda_{\text{хр}} \cdot N \cdot t_{\text{хр}};$$

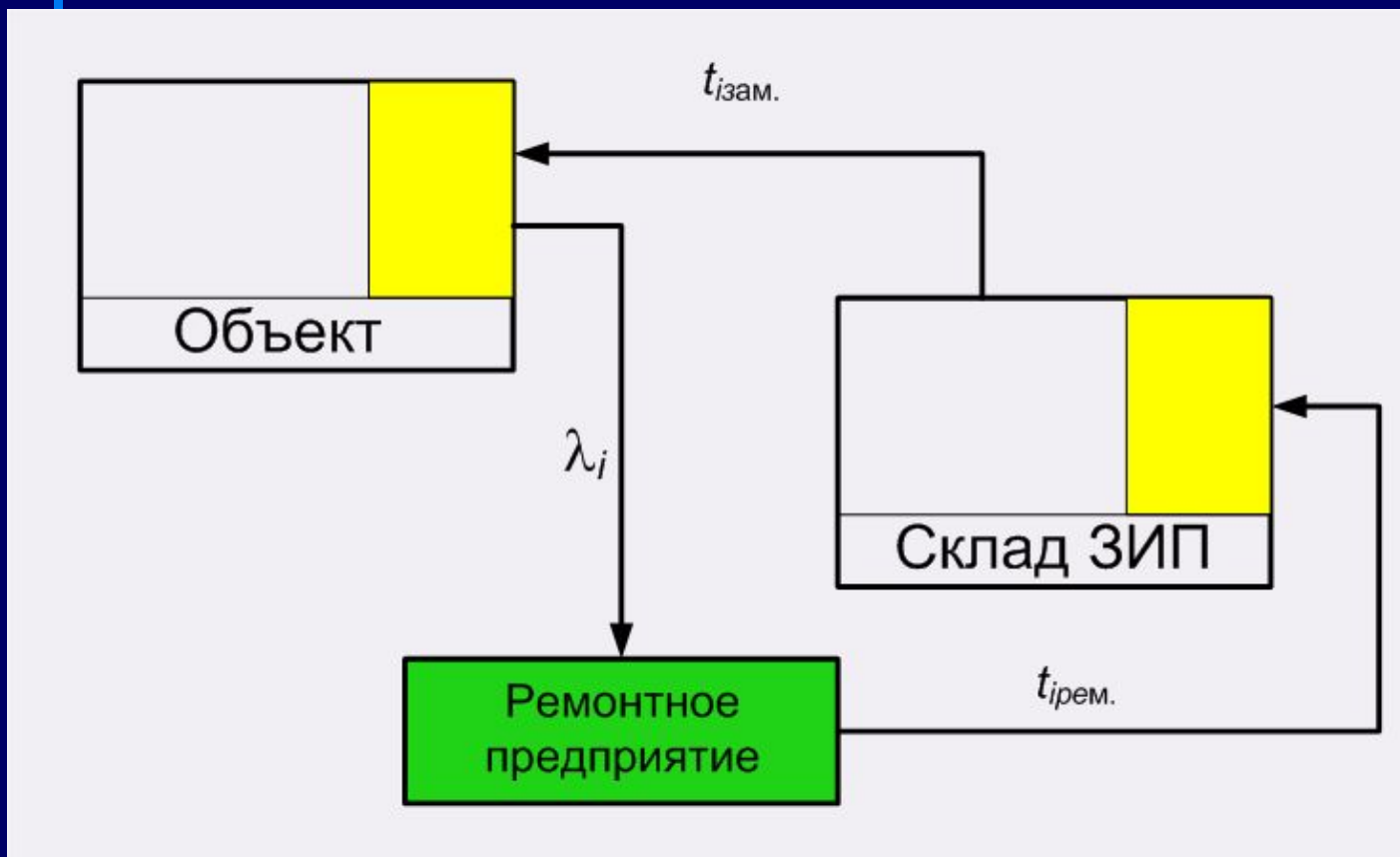
N – количество хранящихся элементов;

$\lambda_{\text{хр}}$ – интенсивность отказов при хранении;

$t_{\text{хр}}$ – время хранения.



Схема обеспечения объекта ЗИП с восстановлением элементов



λ_j - интенсивность отказа i -го элемента, 1/ч;

$t_{i\text{рем}}$ - среднее время ремонта i -го элемента, ч;

$t_{i\text{зам}}$ - среднее время замены i -го элемента, ч;



Заключение

- Для обеспечения безотказной работы энергетических объектов необходимо иметь комплект запасных элементов.
- Расчёт потребного количества запасных элементов следует выполнять на основе заранее установленных законов надёжности объектов.
- При расчёте потребного количества ЗИП необходимо задаваться вероятностью безотказного функционирования и интервалом планируемой наработки объекта.





Литература

1. Червоный А.А., Лукьященко В.И., Котин Л.В. Надёжность сложных систем. Изд.2-е, перераб. и доп.- М.: Машиностроение, 1976. - 288 с.
2. Вопросы математической теории надёжности/ Е.Ю. Барзилович, Ю.К. Беляев, В.А. Каштанов и др.; под ред. Б.В. Гнеденко.- М.: Радио и связь, 1983.- 376 с.
3. Острейковский В.А. Теория надёжности: учебник для вузов. - М.: Высш. шк., 2003. - 463 с.





Благодарю за внимание!



THE END