

ОЦЕНКА НАДЁЖНОСТИ СУДОВЫХ НАСОСОВ ПО ПОКАЗАТЕЛЯМ БЕЗОТКАЗНОСТИ ОТДЕЛЬНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ

Клименко Н.П., к.т.н., доц., Конюков В.Л., к.т.н., доц.,
Горбенко А.Н., к.т.н., доц.

Керченский государственный морской технологический университет

Предлагается способ для оценивания надёжности сложной системы, при наличии информации об уровне надёжности выборки её элементов.

Введение. Техническое состояние и уровень надёжности насоса влияют на изменение параметров работы двигателя и на эффективность работы его систем: системы охлаждения и др. Выход из строя насосов приведет к повышению теплонапряженности и снижению мощности двигателя. В итоге указанные негативные изменения приведут к снижению эффективности работы двигателя и экономических показателей работы судна.

Анализ публикаций. Исследованиями, связанными с проблемами надёжности, с методами оценки технического состояния и прогнозирования ресурса энергетических установок и вспомогательных систем занимались такие исследователи как Б.П. Башуров, Д.В. Гаскаров, М.И. Левин, А.А. Ломакин, Г.Ш. Розенберг и др. Анализ работ свидетельствует о том, что уровень надёжности насосов в значительной степени определяет эксплуатационную эффективность двигателя. Поэтому оценка и прогнозирование надёжности механизмов и систем судовых дизелей являются актуальными.

Цель исследования. На основании предыдущего опыта и статистической информации об уровне надёжности некоторой выборки элементов центробежного насоса, разработать рекомендации, направленные на прогнозирование надёжности насоса в целом.

Решение поставленной задачи. Методика оценки надёжности основана на анализе показателей надёжности основных узлов, от качества которых зависит безотказность и ресурс объекта (насоса) в целом. Вероятность безотказной работы системы $R_c(t)$ с последовательной структурой рекомендуют [1] определять по формуле:

$$R_c(t) = \prod_{i=1}^n R_i(t), \quad (1)$$

где $R_i(t)$ - вероятность безотказной работы i -го элемента.

Основной недостаток данного метода заключается в том, что для его реализации необходимо знать вероятности безотказной работы всех элементов, входящих в агрегат, что практически невозможно. На практике часто возникает задача оценки надёжности системы по известным показателям надёжности её отдельных элементов.

Оценку показателей безотказности насосов при наличии информации об уровне надёжности выборки из её элементов предлагается выполнить способом, приведенным в [2].

Оценим надёжность судового центробежного насоса (система охлаждения), имея значения средней наработки до отказа [3,4] по некоторым основным элементам (табл.1).

Вероятности безотказной работы R_i элементов для заданных значений наработки T (соответствующие периодичности ТО и капитального ремонта: 1 - 12000 час, 2 - 7000 час, 3 - 1000 час) определим по формуле:

$$R_i = \exp \left[- \left(\frac{T}{a_i} \right)^b \right], \quad (2)$$

где $b = 2,7$ и $a_i = \frac{\bar{T}_i}{\Gamma \left(1 + \frac{1}{b} \right)}$ - параметры формы и масштаба распределения Вейбулла.

Полученные значения вероятностей заносим в таблицу 1.

Полученные значения вероятностей заносим в таблицу 1.

Таблица 1. Вероятности безотказной работы элементов насоса

№ п/п	Наименование деталей	$R_{(12000)}$	$R_{(7000)}$	$R_{(1000)}$	Средняя наработка до отказа узлов \bar{T} , час
1	Вал	0,25	0,72	0,99	10700
2	Рабочее колесо	0,4	0,8	0,99	12300
3	Подшипник	0	0,001	0,94	2750
4	Уплотнение	0	0,001	0,87	2100
5	Корпус	0,94	0,98	0,99	33800

Выполнить оценку надёжности насоса можно с помощью распределения вероятностей безотказной работы её элементов, которое задаётся законом Вейбулла:

$$F(R) = 1 - \exp \left[- \left(\frac{R}{a_c} \right)^{b_c} \right], \quad (3)$$

где a_c и b_c - параметры закона распределения вероятностей безотказной работы.

Учитывая небольшой объём выборки данных ($n = 5$), при определении параметров эмпирической функции распределения использовали статистическую оценку вероятности, правдоподобную в среднем. Задавшись вероятностью безотказной работы для деталей насоса (R) можно получить функцию распределения вероятностей безотказной работы системы $F^* \left(\frac{R}{t} \right)$ для различных периодов наработки.

Нормированная функция распределения вероятностей имеет вид [1]:

$$F^* \left(\frac{R}{t} \right) = 1 - \exp \left[- \left(\frac{R}{a_c(t)} \right)^{b_c(t)} \right] / \left(1 - \exp \left[- (a_c(t))^{-b_c(t)} \right] \right), \quad 0 \leq R \leq 1, \quad (4)$$

где $a_c(t)$ и $b_c(t)$ – параметрические функции закона распределения вероятностей безотказной работы.

По полученным значениям нормированной функции $F^* \left(\frac{R}{t} \right)$ для каждой заданной наработки построены зависимости функции распределения вероятностей безотказной работы насоса (рис.1).

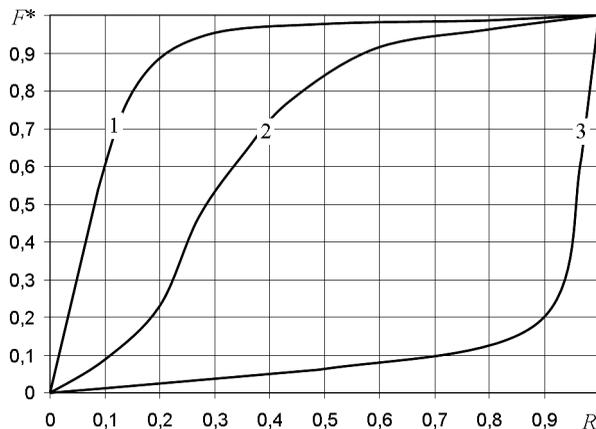


Рис.1. Нормированная функция распределения вероятностей безотказной работы элементов насоса: 1 - 12000 час, 2 - 7000 час, 3 - 1000 час.

Средние значения наработок до отказа элементов (табл.1.) определяют средний ресурс узла, агрегата. Следует учесть, что при оценке надежности необходимо рассматривать детали, несущие основную нагрузку в узле, а также имеющие недостаточный ресурс.

Для более наглядного примера распределение полученных вероятностей безотказной работы элементов насоса отображено на рис.2.

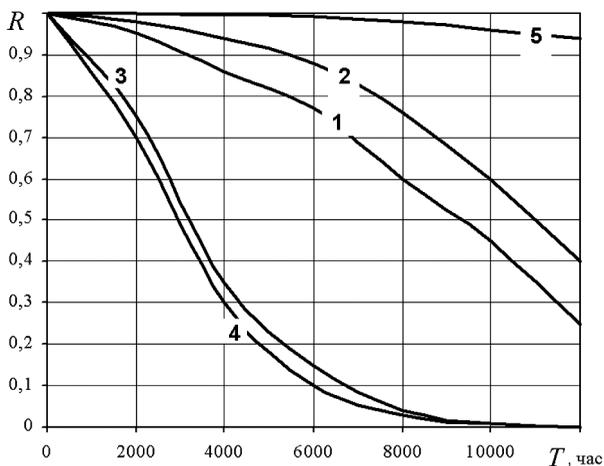


Рис.2. Распределение вероятностей безотказной работы деталей к средней наработке: 1...5 – номера деталей в таблице 1.

Вывод. На основании предыдущего опыта и статистической информации об уровне надежности выборки элементов центробежного насоса определили показатель, характеризующий надежность насоса в среднем. Преимущество данного показателя состоит в том, что реализуется возможность, обладая информацией об уровне надежности ограниченного количества деталей, выполнить оценку надёжности системы (насоса) в целом.

Список использованных источников

1. Надежность машин в задачах и примерах / В.Я. Анилович, А.С. Гринченко, В.Л. Литвиненко; Под ред. В.Я. Аниловича. – Харьков, Торнадо, 2001. – 320с.
2. Анилович В.Я. Способ оценки надёжности системы по выборочным данным о надёжности элементов [Текст] / В.Я. Анилович, А.С. Гринченко, Н.П. Клименко // Новые решения в современных технологиях: сб. науч. тр. / Вестник ХГПУ. Харьков, 1999. – Вып. №66. - С.102-106.

3. Тормашев Д.С. Анализ причин отказов насосов систем судовых дизелей и пути повышения их функциональной надежности [Текст] / Б.П. Башуров, Д.С. Тормашев // Двигателестроение, 2010, № 3 (241). – С.32 – 37.
4. Сторожев В.П. Анализ работы валов судовых центробежных насосов [Текст] / Сторожев В.П., Кошманов Н.А. // Современные достижения в науке и образовании: сб. статей. - Тель-Авив, 2009. - С.32-35.

Анотація

ОЦІНКА НАДІЙНОСТІ СУДНОВИХ НАСОСІВ ПО ПОКАЗНИКАМ БЕЗВІДМОВНОСТІ ОКРЕМИХ ЕЛЕМЕНТІВ

Клименко М.П., Коцюков В.Л, Горбенко О.М.

Пропонується спосіб для оцінювання надійності складної системи, за наявності інформації про рівень надійності вибірки її елементів.

Abstract

ASSESSMENT OF RELIABILITY PUMPS OF SHIP INDICATOR WITHOUT WAIVING BY SPECIFIC ELEMENTS SELECTED

N. Klymenko, V. Konyukov, A. Gorbenko

A method for the evaluation reliability of the difficult system is offered, if there is information about the level of reliability it's her elements.