

## АНАЛИЗ ОТКАЗОВ И ОЦЕНКА НАДЕЖНОСТИ ЦЕНТРОБЕЖНЫХ НАСОСОВ СУДОВЫХ СИСТЕМ

Клименко Н.П.<sup>1</sup>, к.т.н., доц., Попов В.В.<sup>1</sup>, ст. преп.,  
Шаратов А.С.<sup>1</sup>, инженер, Лихицкий В.А.<sup>2</sup>, студент

<sup>1</sup>Керченский государственный морской технологический университет

<sup>2</sup>Харківський національний технічний університет сільського  
господарства імені Петра Василенка

*Выполнен анализ статистической информации о ресурсных отказах  
центробежных насосов судовых систем.*

**Вступление.** Опыт эксплуатации судовых центробежных насосов в системе охлаждения показал их недостаточную надежность, отказы в эксплуатации которых снижают надежность двигателя в целом и могут приводить к аварийным ситуациям.

Повышение безотказности насосов возможно лишь при наличии достоверной информации о повреждениях его составляющих деталей, работающих в условиях реальной эксплуатации. В данных условиях на долговечность элементов влияет вся гамма факторов её определяющих.

**Анализ публикаций.** Основополагающие экспериментальные и теоретические работы по повышению надежности судовых вспомогательных механизмов и систем выполнили С.В. Астахов, Б.П. Башуров, Б.В. Васильев, Д.В. Гаскаров, Л.В. Ефремов, А.А. Ломакин, С.М. Ханин и др.

Отечественный и зарубежный опыт свидетельствует о двух главных направлениях повышения надежности насосов: увеличение ресурса элементов на стадиях проектирования и изготовления. В связи с этим возникает потребность в моделировании долговечности изделия по различным технологическим и конструктивным параметрам. Для этого необходимо иметь полную картину и достоверную информацию об уровне надежности системы, механизма, чтобы своевременно предпринять эффективные меры по обеспечению требуемой долговечности.

**Цель и постановка задачи.** На основании статистической информации об отказах в эксплуатации выполнить оценку надёжности судовых центробежных насосов и выявить элементы, с недостаточным уровнем надежности.

**Решение поставленной задачи.** На морских судах из общего количества насосов центробежные насосы составляют около 60%. Они выполняют различные функции, служат в качестве грузовых, пожарных, балластных, осушительных, питательных, насосов охлаждения различ-

ных узлов главной силовой установки. Основными достоинствами центробежных насосов являются большая производительность, возможность перекачивать различные жидкости, малые габариты и масса, равномерность подачи, высокий КПД. По роду перекачиваемой жидкости это морская и пресная вода, нефть и нефтепродукты, различные кислоты и др. [1].

В процессе эксплуатации судовых центробежных насосов на рабочих поверхностях деталей возникают дефекты и повреждения. Они имеют разную природу происхождения и проявляются в виде износа, трещинообразования, коррозии и т.д.

Основными узлами, определяющими уровень надежности насосов, являются: уплотнительное устройство; подшипниковый узел; рабочий орган. Преобладающее значение имеют отказы износосового происхождения [1,2]. Далее идут отказы, возникающие вследствие механического разрушения, кавитации и коррозии. Более 50% отказов приходится на сальниковое уплотнение. Основные причины - низкое качество изготовления деталей и их материала, сборочно-монтажных работ и производственно-технологические дефекты.

В работе [1] получены данные по процентному соотношению эксплуатационных повреждений деталей судовых центробежных насосов. Среди всех видов дефектов преобладает износ, для валов до 85%, для рабочих колес до 77%, для подшипников до 43%, для уплотнений до 62%. Для корпуса насоса преобладающей является кавитация до 58%.

Вал является одной из ответственных деталей центробежного насоса, его надежность определяет в значительной степени надежность работы насоса в целом. Основными дефектами валов являются износы (около 75 %), трещины (около 12 %), коррозия (около 3 %), другие повреждения (около 10 %) [1,2].

Отказы насосов обусловлены факторами конструктивного, технологического и эксплуатационного характера (дефекты материала, перегрузки, недостаточная точность изготовления, нарушение периодичности проведения ТО, низкое качество смазочных материалов).

Работоспособность и долговечность торцевых уплотнений во многом зависит от работы вала. При биениях или неравномерной работе уплотнительные поверхности интенсивно изнашиваются и преждевременно теряют свои свойства. Долговечность сальников и подшипников зависит от правильной центровки вала приводного двигателя и насоса [2,3].

Трубопроводы, присоединяемые к насосу не должны создавать чрезмерные напряжения на корпус насоса, иначе это может привести к повреждению корпуса, вибрации вала, задевание рабочих колес за уплотнения, разрушение муфтового соединения [2,3].

При статистической оценке долговечности наиболее широкое применение нашли теоретические законы распределения случайных величин: нормальный и Вейбулла-Гнеденко.

Наработки до отказов носят случайный характер, и для оценки надежности узлов и деталей используют статистические методы обработки данных. Нарabотка объектов до отказа обычно описывается универсальным двухпараметрическим законом Вейбулла - Гнеденко [4], для которого плотность распределения определяется выражением,

$$f(t) = \frac{b}{a} \left(\frac{t}{a}\right)^{b-1} \exp\left[-\left(\frac{t}{a}\right)^b\right], \quad (1)$$

а функция распределения имеет вид

$$F(t) = 1 - \exp\left[-\left(\frac{t}{a}\right)^b\right], \quad (2)$$

где  $a$  и  $b$  - параметры закона.

Неизвестные параметры  $a$  и  $b$  могут быть определены аналитически или графически при помощи вероятностной бумаги.

Параметры  $a$  и  $b$  связаны со средней наработкой до отказа  $T$ , средним квадратическим отклонением  $\sigma$  и коэффициентом вариации  $\nu$  известными зависимостями [4],

$$T = a \cdot \Gamma\left(1 + \frac{1}{b}\right), \quad \sigma = a \sqrt{\Gamma\left(1 + \frac{2}{b}\right) - \Gamma^2\left(1 + \frac{1}{b}\right)}, \quad \nu = \frac{\sigma}{T},$$

где  $\Gamma(x)$  - гамма - функция, определяемая по таблицам [4].

Результаты обработки статистических данных приведены в таблице 1.

Таблица 1. Результаты обработки статистической информации по ресурсным отказам центробежных насосов

№	Наименование детали	Средний ресурс, $T$ , час	Среднее квадратическое отклонение, $\sigma_T$	Коэффициент вариации, $\nu$
1	Вал	10700	2250	0,21
2	Рабочее колесо	12300	1820	0,15
3	Подшипник	2750	840	0,305
4	Уплотнение	2100	630	0,3
5	Корпус	33800	3470	0,1

Функции распределения наработок до отказа, определяются в случае закона Вейбулла-Гнеденко соотношением (2), графики функций представлены на рис.1.

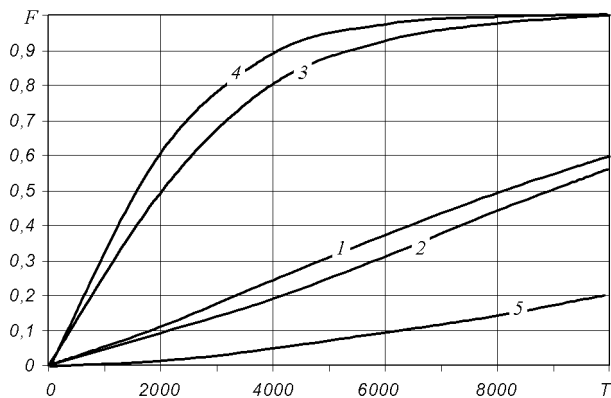


Рис.1. Функции распределения наработок элементов до отказа

**Вывод.** На основании статистической информации об отказах в эксплуатации проведено оценивание надёжности судовых центробежных насосов. Выполнен анализ причин отказов элементов, с недостаточным уровнем надёжности.

#### Список использованных источников.

1. 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.
2. Тормашев Д.С. Статистическое исследование показателей функциональной надёжности центробежных насосов судовых систем [Текст] / Башуров Б.П., Носенко Е.С., Тормашев Д.С. // Судостроение – 2011. - № 4 (797). – С. 27 – 29.
3. Тормашев Д.С. Анализ причин отказов насосов систем судовых дизелей и пути повышения их функциональной надёжности [Текст] / Б.П. Башуров, Д.С. Тормашев // Двигателестроение, 2010, № 3 (241). – С.32 – 37.
4. Надёжность машин в задачах и примерах / В.Я. Анилович, А.С. Гринченко, В.Л. Литвиненко; под ред. В.Я. Аниловича. – Харьков, Торнадо, 2001. – 320с.

## **Анотація**

### **АНАЛІЗ ВІДМОВ І ОЦІНКА НАДІЙНОСТІ ВІДЦЕНТРОВИХ НАСОСІВ СУДНОВИХ СИСТЕМ**

**Клименко М.П., Попов В.В., Шаратов О.С.  
Лихицький В.А.**

*Виконано аналіз статистичної інформації про ресурси відмови відцентрових насосів суднових систем.*

## **Abstract**

### **THE ANALYSIS OF REFUSALS AND ASSESSING THE RELIABILITY OF CENTRIFUGAL SYSTEMS SHIP**

**N. Klymenko, V. Popov, A. Sharatov, V. Lihitsky**

*The analysis of statistical information about resource waivers centrifugal pumps ship systems.*