

## ОЦЕНКА ФУНКЦИОНАЛЬНОЙ НАДЕЖНОСТИ ЭЛЕМЕНТОВ ТОПЛИВНОЙ СИСТЕМЫ СУДОВЫХ ДИЗЕЛЕЙ В УСЛОВИЯХ ЭКСПЛУАТАЦИИ

Б.П. Башуров, д.т.н., проф., начальник кафедры  
В.С. Чебанов, асп.  
МГА имени адмирала Ф.Ф. Ушакова

На основе информации об отказах судовых дизелей выполнена экспертная оценка влияния работоспособности элементов обслуживающих систем на их функциональную надежность. Показано, что максимальное воздействие на надежность судовых дизелей оказывают элементы топливной системы. Применительно к ним на основании выполненных статистических исследований получена количественная информация, представленная в виде показателей безотказности, ремонтпригодности и комплексных показателей функциональной надежности.

Повышение эффективности использования энергетических установок на судах различного назначения во многом зависит от уровня функциональной надежности (ФН) входящих в их состав элементов. Одним из способов получения необходимой для анализа информации является проведение статистических исследований. Только на основе анализа функциональной надежности можно разработать мероприятия по повышению долговечности и безотказности деталей и узлов, обосновать межремонтные периоды, нормативы расхода сменно-запасных частей и объема ремонтов, оценить уровень безотказности элементов, сформулировать требования по надежности применительно к условиям технической эксплуатации и решить многие другие важные задачи.

Исходя из системного подхода судовой дизель (СД) рассматривается в сочетании с обслуживающими системами, которые в соответствии с [1] разделяются на две группы: первая — подсистемы цилиндр—поршень, топливоподача, наддув; вторая — охлаждение, передача, смазка. Анализ результатов исследований показывает, что основной поток отказов приходится на первую группу. Количество отказов, связанное с этими подсистемами, составляет от 60 до 80 %.

Для получения количественной информации о работоспособности наиболее значимых элементов и систем, оказывающих максимальное воздействие на функциональную надежность судового двигателя, проведены статистические исследования. В качестве источника информации использовалась судовая эксплуатационная документация учета наработок, повреждений и отказов, данных о техническом обслуживании (ТО) и ремонтах. В процессе статистической обработки собранной информации объекты исследования рассматривались как восстанавливаемые изделия, а совокупность отказов представлялась как простейший поток. Для обобщения результатов использованы показатели безотказности, ремонтпригодности, комплексные показатели и функциональные зависимости параметра потока отказов в зависимости от наработки [3]. Результаты исследований приведены на рис. 1–3 и в табл. 1–3 [4, 5].

В процессе технической эксплуатации основными узлами, определяющими уровень функциональной надежности ТНВД, являются: плунжерная пара (27 % отказов); всасывающие (25 %) и нагнетательные (21 %) клапаны. Наименее надежная деталь — втулка плунжерной пары (59 %). По данным [6], для плунжерных пар дизелей основными дефектами, лимитирующими

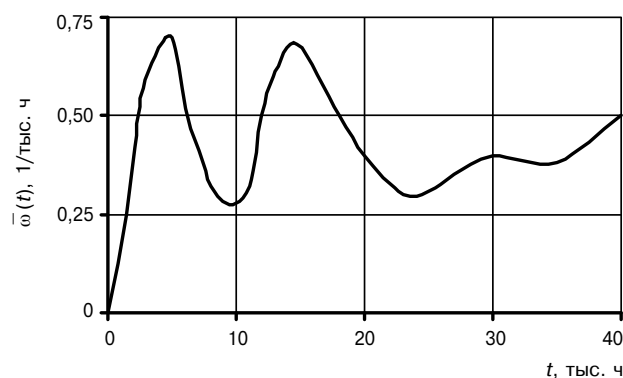
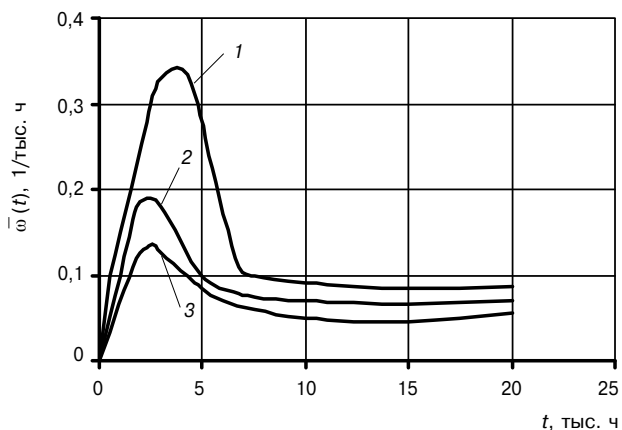
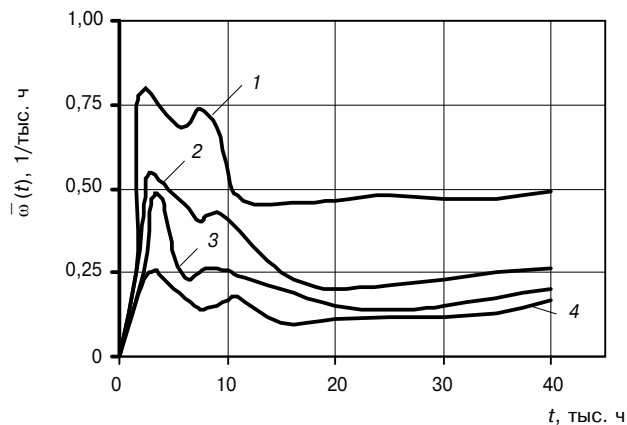


Рис. 1. Динамика потока отказов топливных насосов высокого давления дизелей



**Рис. 2. Динамика потока отказов узлов шестеренчатых насосов:**  
1 — уплотнительное устройство; 2 — шестерни; 3 — подшипники



**Рис. 3. Динамика потока отказов элементов топливных систем:**  
1 — сепараторы; 2 — топливные насосы; 3 — фильтры; 4 — подогреватели

Таблица 1

**Показатели функциональной надежности элементов топливных систем**

Элементы топливных систем	Показатели безотказности			Показатели ремонтпригодности		Комплексные показатели	
	$\bar{T}_{отк}$ тыс. ч	$\bar{\omega}(t)_{ср}$ , 1/тыс. ч	$P(t_{мэп})$	$\bar{\tau}_{рем}$ , ч/тыс. ч	$\bar{\tau}_{то}$ , ч/тыс. ч	$K_{т.и}$	$K_{г}$
Сепараторы	2,41	0,42	0,007	7,87	3,23	0,953	0,991
Насосы	4,65	0,25	0,028	6,46	2,65	0,995	0,996
Фильтры	5,13	0,21	0,073	6,25	2,57	0,996	0,997
Подогреватели	7,55	0,13	0,181	5,81	2,39	0,997	0,998

$P(t_{мэп})$  — вероятность безотказной работы за межремонтный эксплуатационный период;  $T_{отк}$  — средняя наработка на отказ;  $\bar{\omega}(t)_{ср}$  — среднее значение параметра потока отказов;  $\tau_{то}$ ,  $\tau_{рем}$  — среднее время, затраченное на техническое обслуживание и ремонт;  $K_{т.и}$ ,  $K_{г}$  — коэффициенты технического использования и готовности

Таблица 2

**Нормы диагностических показателей насосов**

Назначение и тип насоса	Диагностические показатели				Категория технического состояния
	Напор, кг/см <sup>2</sup>	Ток, А	Ударные импульсы, Дб дВм	Вибрационная скорость, мм/с	
Топливоподкачивающий насос типа ШФ8-25/5, 8-66	<5,5	>5,5	>2,8	>1,7	Хорошо
	5,5–4,0	5,5–8,0	32–48	1,7–3,5	Удовлетворительно
	>4,0	<8,0	<48	<3,5	Неудовлетворительно
Насос перекачки тяжелого топлива AGF80-3N4F	<2,0	>21	>20	>2,1	Хорошо
	2,0–1,2	21–25	20–40	2,2–5,0	Удовлетворительно
	<1,2	<25	<40	<5,0	Неудовлетворительно

Таблица 3

**Нормы диагностических показателей насосов**

Диагностические показатели	Категория технического состояния		
	Хорошо	Удовлетворительно	Неудовлетворительно
Величина открытия парового регулирующего клапана, %	60	60–80	100
Максимальная температура подогрева топлива при открытом регулирующем паровом клапане, °С	>120	105–120	105

их ресурс, являются износы прецизионных поверхностей золотников части плунжера и втулки. В среднем около 80 % плунжерных пар бракуются по причине износа этих поверхностей и потери гидравлической плотности ниже допустимого уровня. При работе плунжера и его деталей имеют место: задиры; деформация плоскости трения; заклинивание; выкрашивание и трещины. Выработка контактных поверхностей вероятнее всего происходит вследствие комплексного воздействия диспергирования (размельчения) отдельных участков контакта, абразивного и окислительного износа. Эрозионные разрушения деталей ТНВД характерны для всех современных форсированных судовых дизелей, имеющих различные конструктивные типы ТНВД (клапанные, золотниковые). Относительное время, затраченное на устранение отказов ТНВД ( $\bar{\gamma}_в$ ), средняя удельная трудоемкость ( $\bar{\gamma}$ ) и коэффициент технического использования ( $K_{т.и}$ ) в среднем для судовых дизелей различных типов составляют:  $\bar{\gamma}_в = 0,34$  ч/тыс. ч;  $\bar{\gamma} = 0,78$  чел. ч/тыс. ч;  $K_{т.и} = 0,945$ .

Дефектами, определяющими ресурс распылителей форсунок, являются изнашивание и потери герметичности запорного конуса, а также коксование отверстий распылителя и направляющей иглы. По данным [6] доля отказов распылителей вследствие износа и потери подвижности иглы составляет в зависимости от типа судового дизеля от 39 до 88 %. Аналогичные данные, собранные зарубежными специалистами, применительно к дизелям фирмы «Зульцер» показывают, что примерно 75 % распылителей бракуется вследствие чрезмерного изнашивания распыливающих отверстий и ~25 % приходится на изнашивание запорного конуса распылителя.

Применительно к элементам топливной системы максимальную интенсивность потока отказов имеют сепараторы. В меньшей степени на функциональную надежность топливной системы оказывают фильтры и подогреватели. Основная причина нарушения режимов работы средств фильтрации, топливоподающей аппаратуры и форсунок — использование загрязненного топли-

ва, которое в процессе технической эксплуатации происходит за счет попадания пресной и забортной воды в цистерны, коррозии топливных цистерн, развития бактерий и грибковых микроорганизмов. В зольной части отложений топливных танков, составляющих до 75 %, на долю продуктов коррозии железа и других металлов приходится до 90 %.

Полученная на основе выполненных статистических исследований информация может представить практический интерес для широкого круга специалистов эксплуатационных и проектных организаций. Приведенные данные о функциональной надежности элементов топливной системы могут стать основой для разработки оптимальных периодов технического обслуживания, определения оптимального количества запасных частей, прогнозирования безотказной работы существующих элементов конструкций и новых элементов, аналогичных по исполнению и функционированию.

#### Литература

1. Моек Е., Штрикер Х. Техническая диагностика судовых машин и механизмов; пер. с нем. — Л. : Судостроение, 1986. — 232 с.
2. Башуров Б.П., Чебанов В.С. О взаимной связи функциональной надежности элементов комплекса главный двигатель—обслуживающие системы судовой дизельной энергетической установки: сб. научных трудов (вып. 12). — Новороссийск : 2007. — 65–67 с.
3. Башуров Б.П., Баляев Д.В. Статистическое исследование функциональной надежности топливной аппаратуры дизелей. // Машиностроение, 2000. — № 4. — С. 44–50.
4. Башуров Б.П., Баляев Д.В. Функциональная надежность элементов топливных систем судовых энергетических установок // Судостроение. — 2001. — № 5. — С. 21–24.
5. Башуров Б.П., Баляев Д.В. Анализ функциональной надежности элементов некоторых систем энергетических установок // Машиностроение. — 2001. — № 1. — С. 36–43.
6. Агеев Б.С., Чурсин В.В. Повышение эксплуатационной надежности топливнораспыливающей аппаратуры дизелей—ДВС. — ТР. ЦНИИ ТЭИ—Тяжмаш, 1981. — Вып. 34. — С. 50–55.

### ПРЕДЛАГАЕМ РАЗМЕЩЕНИЕ РЕКЛАМЫ Ориентировочные тарифы на 1 полугодие 2010 г.

Первая страница обложки	Полноцветная	34 000 руб.
Вторая и третья страницы обложки	Полноцветная	30 000 руб.
Четвертая страница обложки	Полноцветная	32 000 руб.
Внутри журнала из расчета одна страница формата А4	Полноцветная	30 000 руб.
	Черно-белая	26 000 руб.