

МАТЕМАТИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ФУНКЦИОНАЛЬНОЙ НАДЕЖНОСТИ ЭЛЕМЕНТОВ СУДОВЫХ ДИЗЕЛЕЙ ПРИ ЭКСПЛУАТАЦИИ

Б.П. Башуров, д.т.н., проф., М.П. Серета, к.т.н., В.С. Чебанов, асп.
МГА имени адмирала Ф.Ф. Ушакова

Представлены математические методы прогнозирования функциональной надежности элементов судовых дизелей, полученные с использованием аппроксимации полиномами различных степеней и интерполирования сплайнами данных статистических исследований по параметру потока отказов. Показано, что наибольшей степенью адекватности обладают модели при аппроксимации данных смыкающим кубическим сплайном.

При решении задач прогнозирования, связанных с оценкой функциональной надежности (ФН) и поиском неисправностей, целесообразно использовать наиболее информативный показатель (параметр потока отказов). При этом характеристикой ФН может служить значение его изменения во времени.

Применительно к судовым малооборотным дизелям одним из наименее надежных в процессе технической эксплуатации и наиболее трудоемких при техническом обслуживании узлов является цилиндро-поршневая группа (ЦПГ).

Характер изменения параметра потока отказов ЦПГ ГД судов морского флота (по данным проведенных статистических исследований) показан на рис. 1, а, б, в.

Полученные данные положены в основу математических моделей прогнозирования ФН элементов СД. Для этой цели использовались два методических подхода аппроксимации с применением нелинейного метода наименьших квадратов и интерполирования сплайнами [1, 2]. Расчеты производились в математической системе MATLAB. Для определения точности аппроксимации полиномов различных степеней проводился системный анализ. Параметры потока отказов от наработки аппроксимировались полиномами 3–8 степеней $P_3(t)–P_8(t)$. Для каждого полинома производилась оценка среднеквадратической ошибки. Анализ полученных выражений показал, что для деталей ЦПГ наиболее приемлемой математической моделью ФН (с точки зрения минимизации среднеквадратической ошибки) являются аппроксимационные полиномы восьмой степени вида $P_8(t)$.

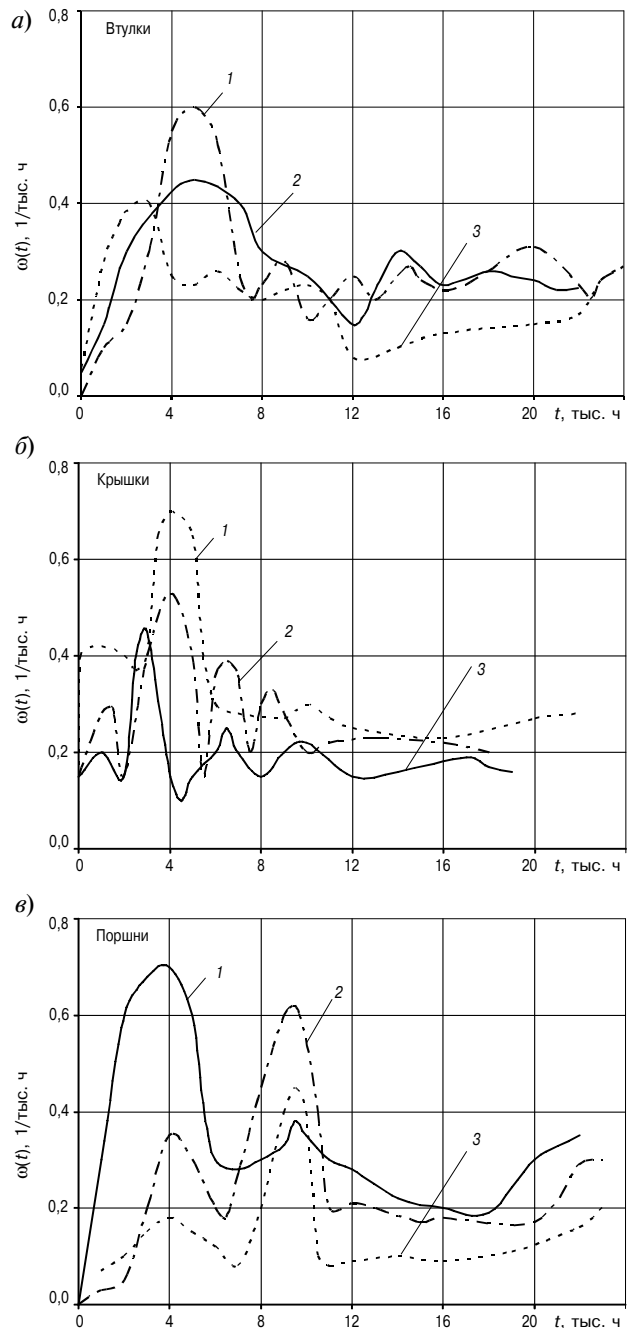


Рис. 1. Динамика потока отказов деталей цилиндро-поршневой группы судовых дизелей:
а) 1 – 9ДКРН 84/180 – 3; 2 – 7ДКРН 80/160 – 4; 3 – 8РND 90; б) 1 – 7ДКРН 80/160; 2 – 6ДКРН 74/160 – 3; 3 – 9ДКРН 84/180 – 3; в) 1 – 9ДКРН 84/180 – 3; 2 – 6ДКРН 74/160 – 3; 3 – 8РND 90

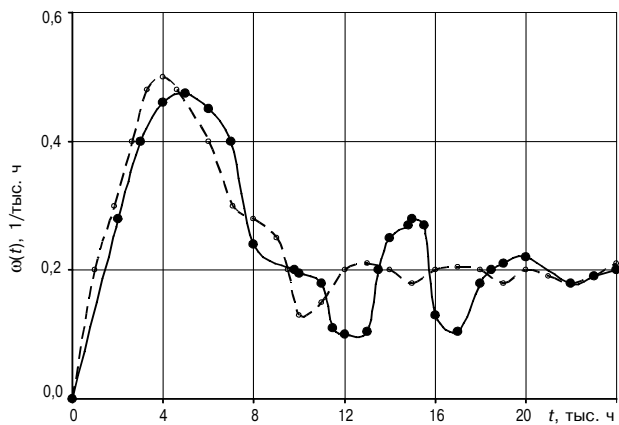


Рис. 2. Зависимости параметра потока отказов цилиндрических втулок судовых дизелей от наработки: — эксплуатация; ○ — аппроксимация полиномом восьмой степени; ● — аппроксимация смыкающим кубическим сплайном

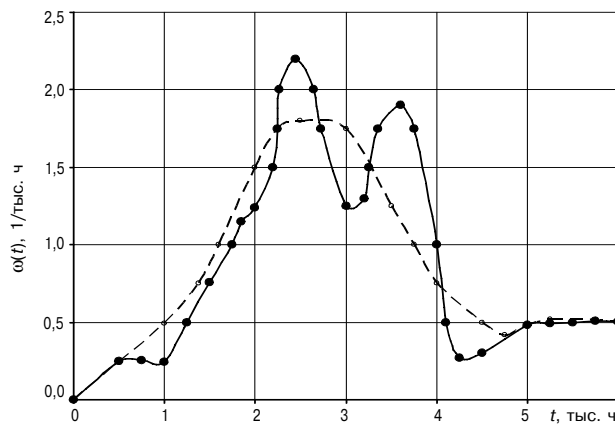


Рис. 5. Зависимость параметра потока отказов выпускных клапанов судовых дизелей от наработки: — эксплуатация; ○ — аппроксимация полиномом восьмой степени; ● — аппроксимация смыкающим кубическим сплайном

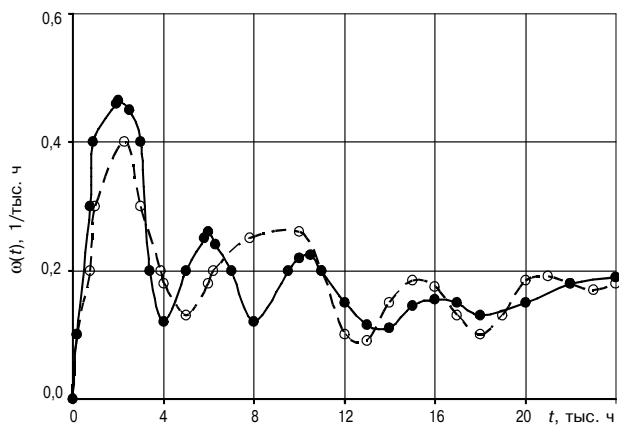


Рис. 3. Зависимость параметра потока отказов крышек цилиндров судовых дизелей от наработки: — эксплуатация; ○ — аппроксимация полиномом восьмой степени; ● — аппроксимация смыкающим кубическим сплайном

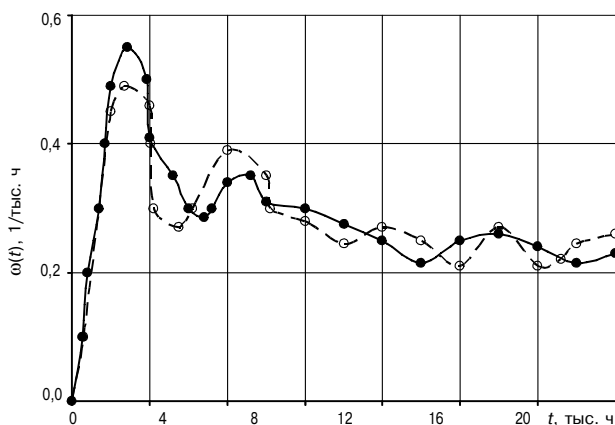


Рис. 6. Зависимость параметра потока отказов топливных насосов высокого давления судовых дизелей от наработки: — эксплуатация; ○ — аппроксимация полиномом восьмой степени; ● — аппроксимация смыкающим кубическим сплайном

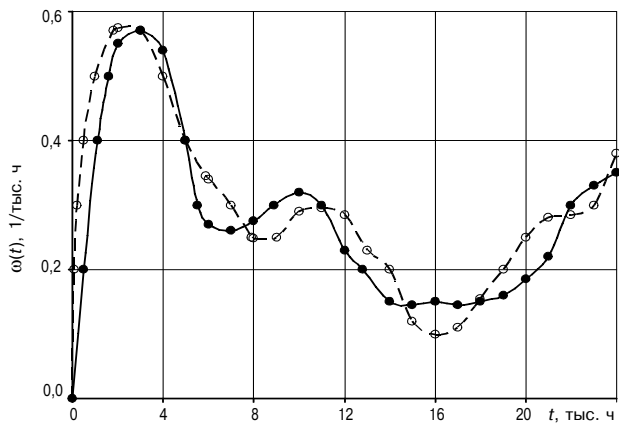


Рис. 4. Зависимость параметра потока отказов поршней судовых дизелей от наработки: — эксплуатация; ○ — аппроксимация полиномом восьмой степени; ● — аппроксимация смыкающим кубическим сплайном

Ошибки аппроксимации потока отказов деталей судовых дизелей полиномами восьмой степени вида $P_8(t)$

Детали	Ошибка аппроксимации		
	максимальная	средняя	среднеквадратическая
Втулка цилиндра	0,0924	0,0317	0,0419
Крышка цилиндра	0,0964	0,0254	0,0377
Поршни	0,0602	0,0271	0,0304
Выпускные клапаны	0,5868	0,1724	0,255
ТНВД	—	—	0,0258

Результаты аппроксимации потока отказов для различных деталей и агрегатов судовых дизелей приведены на рис. 2–6. Данные об ошибках

аппроксимации степенными полиномами сведены в таблицу, при этом общий вид полиномов, в силу громоздкости полученных выражений, в статье не приводится.

Реализация второго методического подхода (интерполирование сплайнами) основана на системе полиномов, составляющих сплайн, для конкретных участков по наработке для ЦПГ 2 тыс. ч, ТНВД 2,5 тыс. ч, выпускные клапаны 0,5 тыс. ч. Эксплуатационные и аппроксимационные зависимости параметра потока отказов $\omega(t)$ от наработки (t) элементов СД с использованием двух методических подходов представлены на рис. 2–6.

Выводы

1. Наибольшей степенью адекватности (максимальной сходимости эмпирических — экспериментальных и аналитических зависимостей параметра потока отказов от наработки) обладают математические модели, полученные на основе аппроксимации данных смыкающим кубическим сплайном.

2. Результаты выполненного исследования могут быть использованы в качестве основы для определения остаточного ресурса, выработки стратегии ТО и ремонта при переходе на более перспективную систему обслуживания по фактическому состоянию.

Литература

1. Башуров Б.П., Зеленков Г.А., Чебанов В.С. Математические модели прогнозирования безотказной работы насосов топливной и системы охлаждения судовых дизелей. Труды Института системного анализа Российской академии наук (ИСА РАН). «Динамика неоднородных систем»: Т.42(1). — 2009. — С. 271–279.
2. Зеленков С.Г., Зеленков Г.А., Чебанов В.С., Шарик В.В. Анализ критерия качества по ошибкам в узлах интерполирования данных безотказной работы судовых теплообменных аппаратов с использованием полиномов и сплайнов. Труды Института системного анализа Российской академии наук (ИСА РАН). «Динамика неоднородных систем»: Т39(1). — 2008. — С. 235–241.



НОВОСТИ «ALFA LAVAL».

КОМПАНИЯ «АЛЬФА ЛАВАЛЬ» НАЧАЛА ВЫПУСК ВОЗДУШНЫХ ТЕПЛОБМЕННИКОВ В РОССИИ

В марте 2011 г. компания «Альфа Лаваль» одна из первых среди мировых компаний, выпускающих теплообменное оборудование, начала производство воздушных теплообменников на территории России. Это существенные инвестиции, которые призваны усилить позиции компании на рынке, удовлетворить увеличивающийся спрос и сделать оборудование



«Альфа Лаваль» еще более доступным для партнеров.

Быстрый рост рынка коммерческих систем охлаждения в России возможен благодаря быстрому сервисному обслуживанию и удобству поставки воздушных теплообменников компании. С запуском нового производства «Альфа Лаваль» сможет еще больше увеличить объем продаж благодаря оптимизации канала поставок в России. Это новое производство позволит полностью удовлетворить потребности российского рынка. Новое производство вышло на полную мощность и ожидается, что в 2011 г. объем продукции составит более 5000 единиц.

«АЛЬФА ЛАВАЛЬ» ПОЛУЧИЛА ЗАКАЗ ОТ НЕФТЕПЕРЕРАБАТЫВАЮЩЕГО ЗАВОДА В РОССИИ

Компания «Альфа Лаваль» — мировой лидер в области теплообменного, сепарационного и потокопроводящего оборудования — получила крупный заказ на компактные теплообменники «Comrabloc» от нефтеперерабатывающего завода в России. Объем заказа составил порядка 70 млн шведских крон, поставка запланирована на 2012 г.

Теплообменники будут использоваться в различных технологических процессах, таких как гидроочистка бензинов, замедленное коксование и утилизация факельных сбросов.

Установка компактных теплообменников компании позволит повторно использовать тепло, вырабатываемое в одной части технологического процесса для нагрева в другой его части, тем самым существенно повысит энергоэффективность технологического цикла в целом.

В процессе нефтепереработки расходуется большое количество энергии. Поэтому повторное использование тепла существенно отражается на рентабельности. Это одна из причин, влияющих на высокий спрос на энергоэффективные решения компании «Альфа Лаваль».

Компактблочки «Альфа Лаваль» позволяют восстановить до 95 % тепла, которое в противном случае было бы потеряно, тем самым повышая эффективность процесса на 40 % по сравнению с кожухотрубными теплообменниками.