

РАЗНОЕ

621.689.2

ОСОБЕННОСТИ ОЦЕНКИ ФУНКЦИОНАЛЬНОЙ НАДЕЖНОСТИ ЭЛЕМЕНТОВ СУДОВОГО ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО КОМПЛЕКСА НА РАЗЛИЧНЫХ ЭТАПАХ ТЕХНИЧЕСКОЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ

Инж. А. Н. СКИБА

Основное требование, предъявляемое к судовым механизмам и техническим средствам, — это их высокая функциональная надежность на протяжении всего периода технической эксплуатации. На сегодняшний день многие вопросы теории надежности все еще остаются до конца не изученными. Повседневная практика технического обслуживания (ТО) и ремонтов (Р) нередко опирается на устаревшие стереотипы и зачастую не отвечает возросшим требованиям. Несмотря на кажущуюся ясность основных закономерностей изменения надежности в начальный и конечный периоды ТЭ многие вопросы остаются малоизученными и спорными. В связи с этим возникает необходимость тщательно определить взаимосвязь между организацией и формами ТО и Р и параметром потока отказов на всем протяжении ТЭ систем и механизмов, включая предотказный, межремонтный и послеремонтный периоды. Одним из таких вопросов является адекватность оценки ТС с помощью параметра потока отказов и интенсивности отказов.

Как известно, под потоком отказов $\omega(t)$ 1/тыс. ч понимается отношение количества отказавших механизмов к их общему числу в единицу времени при условии, что все вышедшие из строя механизмы заменяются новыми либо восстанавливаются. Параметр потока отказов зависит от наработки и наиболее точно описывает состояние надежности в течение всего эксплуатационного периода.

При оценке надежности электрических систем и их элементов используется показатель интенсивности отказов $\lambda(t)$, т. е. число отказов, имевшее место в интервале

времени dt , $\lambda = \frac{dH(t)}{dt}$, где $H(t) = M_r(\Delta t)$ — математическое ожидание числа отказов

r за время Δt [1]. Изменение потока отказов и интенсивности отказов в зависимости от времени графически изображено на рис. 1.

Как видно из рис. 1, параметр потока отказов $\omega(t)$ в начальный период ТЭ возрастает от нуля до своего максимума. Этот период наработки для разных механизмов составляет от 1,0 до 10 тыс. часов. Однако показатель $\lambda(t)$ при малых значениях наработки дает противоположную интерпретацию указанной закономерности, что видно из рис. 1. Наиболее неопределенными становятся значения интенсивности отказов $\lambda(t)$ в интервале Δt от 0 до t_r . Эта неопределенность исходит из определения $\lambda(t)$. Выше было указано, что $dH(t) = M_r$. Математическое ожидание M есть предел вероятности наступления события к его истинному значению при бесконечно большом числе событий. Но бесконечно большое количество отказов при $\Delta t \rightarrow 0$ является нонсенсом и не соответствует объективной реальности. Отсюда неясным

становится физический смысл показателя $\lambda(t)$ при $\Delta t \rightarrow 0$, тем более неясно поведение функции $\lambda = f(t)$ при $t=0$.

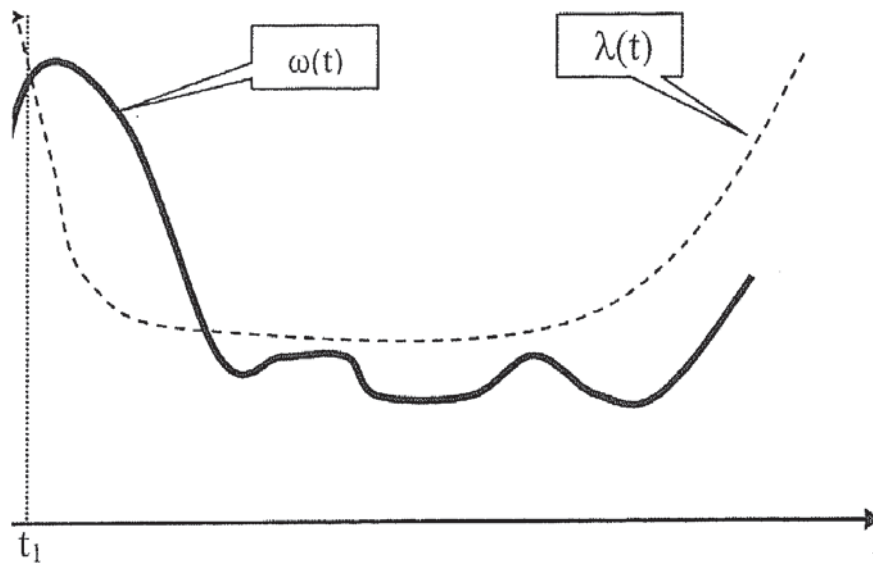


Рис. 1

В данном случае нужно исходить из того, что вероятность наступления отказов при нулевой наработке все-таки существует. Во-первых, надежность — это комплексный показатель, включающий в себя показатели безотказности, долговечности, ремонтпригодности и сохраняемости. Именно потеря сохраняемости из-за нарушения, например, условий хранения или транспортировки комплектующих может послужить причиной внезапного отказа при первом же пуске механизма. Во-вторых, отказ может наступить из-за грубых ошибок в проектировании, сборке, подготовке механизма к работе. В практике, к сожалению, имели место случаи мгновенного выхода из строя отдельных механизмов из-за их неправильного монтажа и пуска с выключенными приборами теплотехнического контроля*. Таким образом, в действительности в нулевой момент времени $H(t) \neq 0$. Тогда при $\Delta t \rightarrow 0$ интенсивность отказов стремится к бесконечности $\lambda(t) = dH/dt \rightarrow \infty$, что не соответствует действительности. Если же в рассматриваемый период времени полностью исключить вероятность возникновения отказа ($H(t) = 0$), то $\lambda(t)$ станет равной 0, что также спорно хотя бы из-за существования так называемого «человеческого фактора».

Из теории надежности известно, что параметр простейшего потока отказов совпадает с интенсивностью отказов невозстанавливаемых механизмов, т.е. $\omega(t) \approx \lambda(t) \approx \text{const}$. Однако это опять входит в противоречие с приведенными выше доводами, давая основание считать, что при малых значениях наработки t показатель интенсивности отказов $\lambda(t)$ становится статистически неустойчивым, а при $\Delta t \rightarrow 0$ теряет физический смысл.

Не менее важным и интересным с практической точки зрения является изменение показателей надежности на завершающем этапе ТЭ, когда заданный технический ресурс близок к исчерпанию. На рис. 2 основные этапы ТЭ обозначены соответственно в виде зон А, В и С. Предметом рассмотрения является характер изменения показателей надежности на временных отрезках t_c, t_1, t_2, t_3 , характеризу-

* Отсюда и кривая потока отказов $\omega(t)$, строго говоря, имеет свое начало не в точке начала координат.

ющих эффективность различных вариантов повышения надежности и продления технического ресурса.

С переходом в зону С поток отказов $\omega(t)$ возрастает из-за накопления в материале основных деталей и узлов необратимых износных дефектов различного происхождения. Поэтому для зоны С характерно то, что t_c является периодом планируемой предотказной эксплуатации механизмов. Рассмотрим подробнее характер изменения параметров надежности механизмов в период t_c , в зависимости от предпринимаемых ремонтно-восстановительных мер. Если задаться тремя вариантами организации и проведения ТО и Р, то предметом рассмотрения будут параметры t_c , t_{1-3} , $\omega(t)_{1-3}$, а также факторы, определяющие их величину. На рис. 2 приведена динамика потока отказов $\omega(t)$ в зависимости от интенсивности ремонтно-восстановительных мер на завершающем этапе ТЭ.

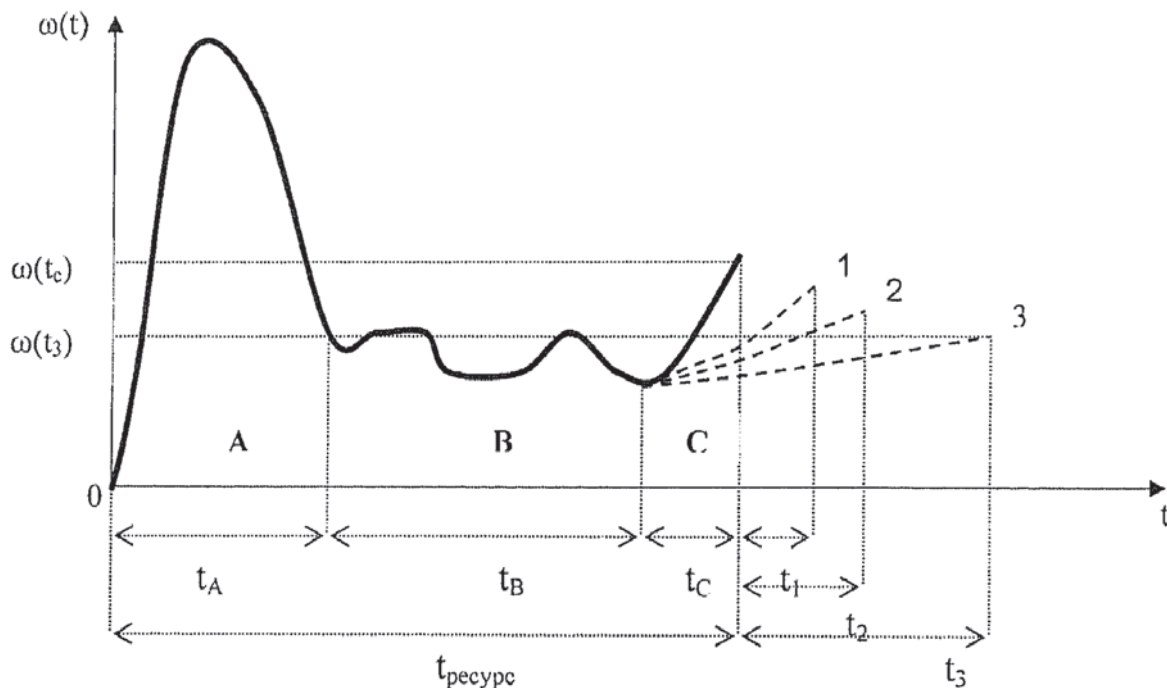


Рис. 2

Эффект от проведения ремонтно-восстановительных работ проявляется либо в продлении технического ресурса механизма и тогда может быть выражен в часах, либо в повышении надежности, что выражается в уменьшении потока отказов 1/тыс.ч. В реальности оба эти показателя взаимосвязаны: целенаправленное повышение функциональной надежности (ФН) механизмов через систему ТО и Р позволяет продлить эксплуатационный период до момента, пока параметры ФН не снизятся до предельных значений, делающих дальнейшую ТЭ неэффективной и небезопасной.

На рис. 2 показаны различные варианты реакции функции $\omega(t) = f(t)$ на восстановление надежности в период t_c . Так, в первом случае результатом восстановления ФН явилось снижение потока отказов и продление ТЭ на величину t_1 . Во втором случае увеличение затрат на ТО и Р позволило в итоге еще больше снизить поток отказов $\omega(t)$ и увеличить продолжительность ТЭ на величину t_2 . Наконец, третий

вариант позволяет продлить технический ресурс на величину t_3 при одновременном снижении потока отказов с $\omega(t_0)$ до $\omega(t_3)$.

Отсюда возникает проблема целесообразности проведения такого рода мероприятий и выбора наиболее эффективного из них. Очевидно, что целесообразность восстановления ФН на завершающем этапе ТЭ оценивается величиной дополнительно полученной чистой прибыли за период, например t_1 , с учетом затрат на проведение ТО и Р, а также всех эксплуатационных затрат, возникших за это время. Оценка же эффективности того или иного варианта вложения средств в ТО и Р строится на сравнении критериев эффективности затрат. В состав этих критериев входит чистая прибыль, полученная в каждом из рассматриваемых случаев.

Однако было бы неверным считать, что ТО и Р должны проводиться в основном в период окончательной утраты работоспособности механизма с целью продления его ресурса и безаварийного завершения активного использования. На самом деле ТО и восстановительные ремонты имеют целью поддержание ФН на уровне, который соответствует нормальному или допустимому ТС. Согласно мнению ряда специалистов, система ремонтного обслуживания имеет целью не только устранение внезапно возникающих отказов, но и предупреждение, восстановление и повышение надежности механизмов при проведении различных видов ремонта [2]. В таком случае при научно обоснованном подходе к управлению надежностью серьезным изменениям подвергается весь комплекс показателей — уровень ФН, продолжительность ТЭ и затраты на устранение неисправностей. Зависимость потока отказов $\omega(t)$ от качества и системы ТО и Р представлена на рис. 3.

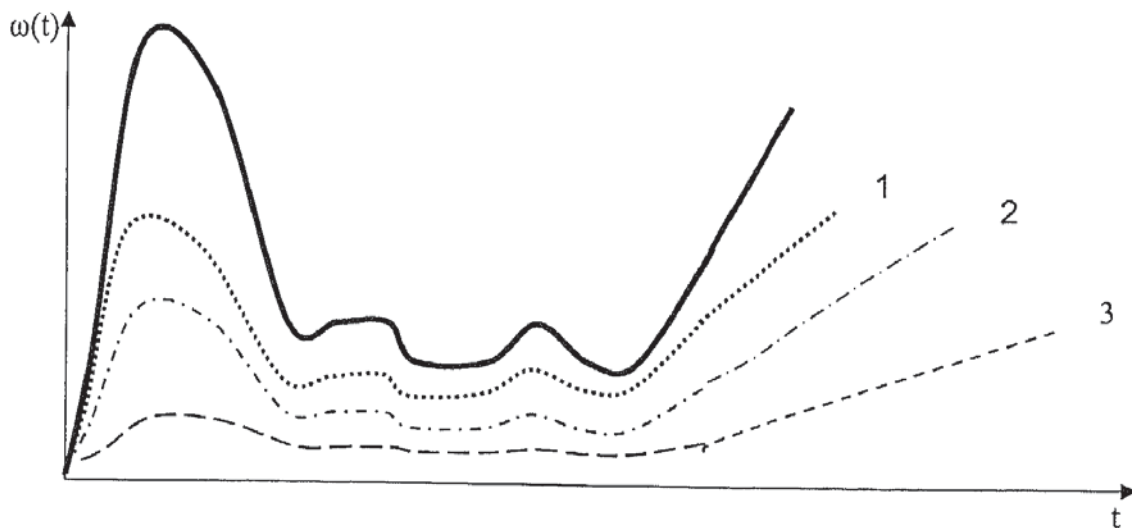


Рис. 3

Наконец, еще один существенный момент, связанный с ремонтом. Временной масштаб представленных на рис. 3 зависимостей не позволяет показать участки локальных всплесков потока отказов, циклично возникающих каждые 2,5 года после окончания заводского ремонта*. Объективной причиной этого — разборка, замена отдельных узлов и последующая сборка механизмов, обычная в этих случаях спешка, приводящая к нарушению технологии и качества монтажа и сборки. В результате

* Следует уточнить: каждые 2,5 года судно обязано проходить заводской ремонт с постановкой в док и каждые 5 лет проходить укрупненный ремонт с последующим предъявлением для подтверждения класса судна.

каждый послеремонтный период сопровождается увеличением количества отказов. Причем, по абсолютной величине $\omega(t)$ в 5-летних циклах выше. Это связано с объемом ремонта, проводимого каждые 5-лет. В результате картина потока отказов приобретает вид, изображенный на рис. 4.

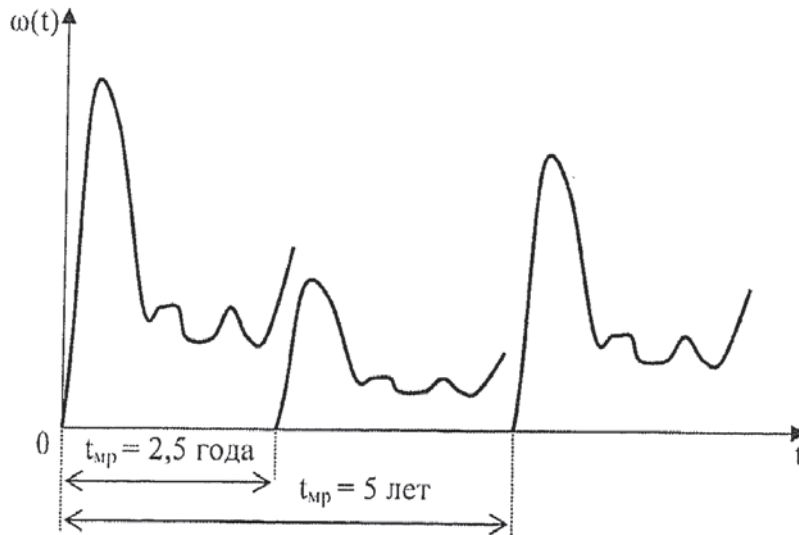


Рис. 4

Выводы

1. Динамика потока отказов элементов СЭК в течение всего периода ТЭ неоднородна и на каждом этапе имеет свои индивидуальные особенности, обусловленные как общими законами старения технических систем, так и факторами организационного характера.

2. Наиболее сложным с точки зрения оценки и управления надежностью являются начальный и завершающий периоды ТЭ.

3. Показатель интенсивности отказов $\lambda(t)$ при наработках t , близких к 0, становится статистически неустойчивым и теряет физический смысл, становясь неприемлемым с практической точки зрения.

4. Применение гибкой и научно обоснованной системы ТО и Р, основанной на текущей объективной оценке фактического состояния способно увеличить продолжительность ТЭ механизмов при одновременном повышении уровня их ФН и снижении затрат на ремонт.