

ОЦЕНКА УРОВНЯ РЕМОНТОПРИГОДНОСТИ СЛОЖНЫХ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ КОМПЛЕКСОВ В УСЛОВИЯХ ЭКСПЛУАТАЦИИ

Предлагается подход к оценке реального времени выполнения операций технического обслуживания автономных источников энергообеспечения, предназначенных для обеспечения энергоресурсами расположенных в труднодоступных районах и областях объектов горно-, газо- и нефтедобывающих отраслей. Полученные результаты могут быть использованы при разработке оптимальных режимов эксплуатации и ремонта сложных автономных энергетических комплексов.

An approach is suggested to assessment of real time required to perform maintenance of self-contained sources of power supply for mining, gas and petroleum processing facilities in hard-to-reach areas. The results obtained can be used in designing optimal operational and maintenance schemes for complex self-contained power complexes.

Эффективность применения сложных технических систем зависит от ряда факторов, среди которых весьма важным является продолжительность вывода систем из действия для проведения технического обслуживания (ТО). К числу таких систем можно отнести автономные источники электроснабжения: автоматизированные дизель-генераторные электростанции, а также когенераторные установки на базе газопоршневых и газотурбинных агрегатов. При эксплуатации этих объектов приходится периодически выполнять профилактические осмотры и ремонты, осуществлять проверку работоспособности, устранять отказы и т.д.

Однако конструктивные особенности и стесненные условия размещения такого рода объектов затрудняют определение затрат времени на выполнение мероприятий ТО в реальных условиях эксплуатации. Такое положение объясняется тем, что ремонтпригодность сложных систем определяется не только выполнением общих требований, но и значениями количественных показателей ремонтпригодности, полученных в реальных судовых условиях.

Одним из направлений оценки ремонтпригодности элементов энергетических систем с учетом конкретных условий эксплуата-

ции является математическое моделирование этих условий при проектировании либо статистическая обработка данных, полученных из опыта эксплуатации исследуемой системы. Однако применяемые методы математической статистики довольно громоздки по способу их реализации и, как правило, дают оценку рассматриваемого показателя в форме, неудобной для дальнейшего практического использования. Более предпочтителен подход, основанный на методах идентификации, который позволяет описывать в виде математической модели причинно-следственные связи исследуемого объекта (рис.1). Из определения ремонтпригодности следует, что таким объек-

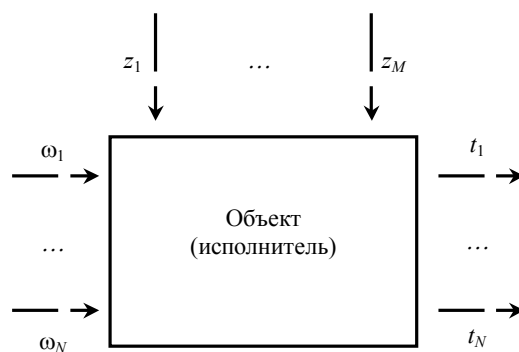


Рис.1. Схема объекта идентификации

том является, в частности, процесс выполнения операций технического обслуживания с участием исполнителя.

На рис.1 контролируемые входы $W = \{\omega_1, \dots, \omega_N\}$ – множество операций; неконтролируемые входы $Z = \{z_1, \dots, z_M\}$ – множество внешних факторов; выходы $T = \{t_1, \dots, t_N\}$ – время выполнения операций ТО.

Таким образом, в данном случае идентифицируется оператор F функциональной зависимости вида $T = F(W, Z)$. Поскольку совокупность внешних факторов (условия размещения технических средств, температура, влажность окружающей среды и т.д.) воздействует на исполнителя случайным образом, время выполнения операции ТО необходимо рассматривать как случайную величину. Для построения зависимости $T = F(W, Z)$ с целью повышения эффективности идентификации следует применять методы планирования активных экспериментов. Реализация такого подхода позволяет оценивать реальное время выполнения операций ТО, что весьма важно для определения уровня ремонтпригодности судовых систем, так как соответствующие показатели могут быть получены расчетным путем.

Анализ процесса ТО элементов энергетических систем в условиях эксплуатации показал, что на продолжительность операций в наибольшей степени оказывает влияние фактор размещения технических средств. Это влияние в первую очередь отражается на рабочем положении исполнителя, которое он вынужден принимать в процессе ТО. Формально условия размещения элементов судовых систем могут быть заданы тремя координатами x_1 – по высоте, x_2 – по глубине, x_3 – по ширине, с помощью которых можно сформировать так называемые рабочие зоны.

Установлено*, что достаточно восьми типов рабочих зон (табл.1), наилучшим образом отражающих характерные рабочие положения исполнителя относительно элементов судовых систем.

* Дружинин Г.В. Процессы технического обслуживания автоматизированных систем. М., 1977.

Волков П.Н. Некоторые проблемные вопросы теории ремонтпригодности машин // Надежность и контроль качества. М., 1969.

Таблица 1

Координаты восьми типов рабочих зон, мм			
Зона	x_1	x_2	x_3
1	1725	860	1000
2	1480	860	770
3	1280	1060	710
4	1200	1000	700
5	1200	900	620
6	1160	860	580
7	900	900	550
8	700	2000	700

Таким образом, рассматриваемая задача заключается в том, чтобы на основе использования методов планирования эксперимента построить математическую модель процесса, описывающую изменение продолжительности ТО под воздействием факторов x_1, x_2, x_3 . Однако абсолютное время не может в полной мере характеризовать динамику процесса ТО, так как последняя является результатом выполнения конечного множества операций различной длительности. Поэтому для характеристики динамики процесса ТО предлагается использовать коэффициент k_{ni} , отражающий интенсивность осуществления отдельной i -й операции в виде отношения

$$k_{\delta i} = t_{\delta i} / t_{ni}, \quad (1)$$

где t_{pi} – время выполнения i -й операции ТО в реальных условиях (в конкретной рабочей зоне) размещения технического средства; t_{opi} – время выполнения i -й операции ТО в оптимальных (стендовых или заводских) условиях размещения.

В качестве оптимальных (базисных) условий принята рабочая зона 1, в которой гарантируется минимальное время ($t_{оп}$), необходимое одному исполнителю на выполнение любой операции ТО. Это позволяет утверждать, что k_n будет одной и той же относительной величиной для операций ТО любой продолжительности, выполняемых в одинаковых реальных условиях размещения элементов судовых систем. Очевидно, что для рабочей зоны 1 значение коэффициента $k_n = 1$.

Таблица 2

Продолжительность операций планово-предупредительного осмотра дизель-генератора

Операция ТО	$t_{н.в.}, \text{ч}$	$x_1 \cdot x_2 \cdot x_3, \text{см}$	$k_{и}$	$t_p, \text{ч}$
Переполюсовка	0,8	110-133-210	1,73	1,34
Проверка зазоров полюсов статора	3,2	120-112-132	1,25	4,0
Замена протекторов	6,0	80-105-78	2,4	14,4
Осмотр воздухоохладителя	2,5	168-68-100	1,03	2,6
Осмотр контактных соединений, уплотнений	$\Sigma T_{н.в.} = 23,0$	—	—	$\Sigma T_p = 45,6$

Важное свойство коэффициента интенсивности выполнения операций было положено в основу полного трехфакторного эксперимента, обработка результатов которого для заданного числа операций ТО основных элементов судовых систем позволила представить зависимость $k_{и}$ от размеров рабочих зон в виде уравнения регрессии

$$k_{\hat{e}} = b_0 + \sum_{i=1}^n b_i x_i + \sum_{i<j} b_{ij} x_i x_j + \sum_{i<j<l} b_{ijl} x_i x_j x_l, \quad (2)$$

где i, j, l – номера факторов; n – число факторов по условиям размещения x_1, x_2, x_3 .

Исходными данными для оценки реальной продолжительности процесса ТО являются технические нормы времени $t_{н.в.}$, содержащиеся в эксплуатационной документации системы, и результаты измерений рабочих зон (x_1, x_2, x_3) на судне для каждой операции из заданного их числа. Затем с помощью полученного уравнения регрессии (2) вычисляют значения коэффициента $k_{и}$, после чего производят окончательный расчет времени выполнения операций ТО методом

суммирования затрат с учетом условий размещения элементов системы:

$$T_{\text{оі } \delta} = \sum_{m=1}^M k_{\hat{e}m} t_{i.\hat{a}m}, \quad (3)$$

где $T_{\text{ТО}p}$ – реальное время процесса ТО p -го элемента системы; $k_{им}$ – коэффициент интенсивности выполнения m -й операции ТО; $t_{н.в.m}$ – техническая норма времени выполнения m -й операции ТО для оптимальных условий размещения; M – заданное число операций ТО.

Применение описанной методики реализовано на примере получения оценки времени выполнения операций планово-предупредительного осмотра вспомогательного дизель-генератора танкера дедвейтом 15000 т. В результате вычислений получены следующие коэффициенты уравнения регрессии: $b = 2,42$; $b_1 = -1,23$; $b_2 = -0,15$; $b_3 = -0,4$; $b_{12} = 0,1$; $b_{13} = 0,19$; $b_{23} = 0,03$; $b_{123} = 0,01$.

Исходные данные, соответствующие размеры рабочих зон, а также результаты расчетов представлены в табл.2., из которой следует, что с учетом реальных условий размещения дизель-генератора время выполнения операций ТО значительно отличается от нормативных данных, что подтверждается и соответствующим опытом эксплуатации.

Таким образом, разработанная регрессионная модель не только отражает динамику выполнения операций технического обслуживания, но и позволяет достаточно просто прогнозировать реальные затраты времени на их выполнение. Последнее весьма важно для количественной оценки ремонтпригодности элементов судовых систем по условиям их размещения.