

УДК 669.02.004.5

МЕСТО ДИАГНОСТИКИ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ОБОРУДОВАНИЯ В ЕГО ОБРАЗЕ

Ченцов Н.А., Сулейманов С.Л.

Донецкий национальный технический университет
кафедра механическое оборудование заводов черной металлургии
E-mail: chen@toir.donntu.edu.ua

Аннотация

Ченцов Н.А., Сулейманов С.Л. Место диагностики технического состояния оборудования в его образе. Рассмотрены задачи при решаемые эксплуатации оборудования с использованием данных о его структуре, содержании и техническом состоянии. Совокупность этих данных объединена в формализованный образ оборудования, для которого разработано программное решение. Важной частью образа оборудования является диагностическая прогнозная модель, используемая для прогнозирования стохастической даты ремонта детали. Показан вариант решения диагностической прогнозной модели в которой выделено два этапа параметризации и этап прогнозирования стохастической даты отказа детали.

Общая постановка проблемы

Очередным этапом развития автоматизированного решения задач технического менеджмента в ремонтной службе предприятия является выполнение прогнозирования дат ремонтов по результатам диагностирования состояния элементов оборудования. Такое прогнозирование выполняется с использованием прогнозной модели в основе, которой лежит закон распределения остаточного ресурса детали. Параметризация такой модели может выполняться на основе результатов диагностирования.

Исследования

В процессе эксплуатации металлургического оборудования происходит ухудшение технического состояния Y его деталей. Когда, в момент времени $T_{отк}$, Y достигает предельного значения $Y_{пр}$ считается, что деталь переходит в неработоспособное состояние и требует ремонта. Прогнозирование этой даты выполняется на основе зависимости остаточного ресурса детали $t_{ост}$ от ее Y [1] (рисунок 1)

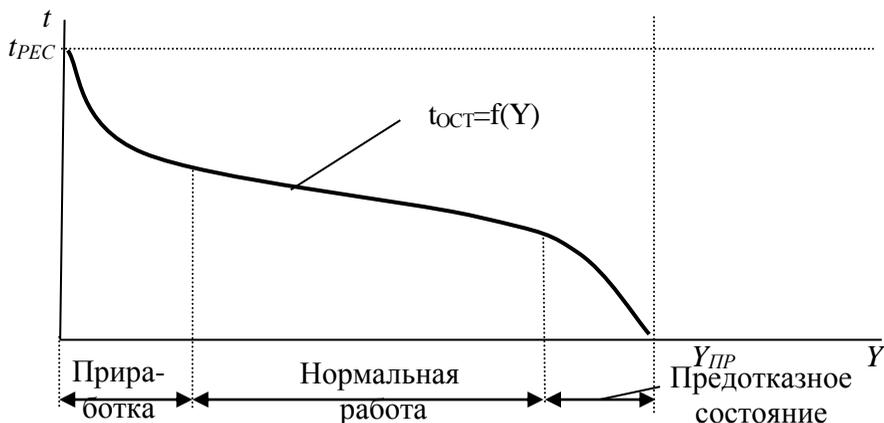


Рисунок 1. Типичная функция изменения остаточного ресурса

Эта функция используется для определения остаточного ресурса детали $t_{ост}$ соответствующего текущему техническому состоянию Y найденному в момент времени T_y , принимаемом сроком начала упреждения прогноза. Таким образом, детерминированная версия прогнозной модели для определения даты отказа детали $T_{отк}$ имеет вид:

$$T_{отк} = T_y + t_{ост}.$$

Учитывая стохастический характер изменения технического состояния детали для остаточного ресурса можно записать:

$$t_{ост} = f(Z, PM, PF, ВБР),$$

где Z - вид закона распределения остаточного ресурса;

PM - параметр масштаба остаточного ресурса;

PF - параметр формы остаточного ресурса;

$ВБР$ - заданная вероятность безотказной работы.

Следовательно, стохастическая версия диагностической прогнозной модели включает параметры T_y, Z, PM, PF , определяемые на основе данных о детали и ее техническом состоянии, и параметр $ВБР$, характеризующий требуемую безотказность оборудования который задается ремонтным персоналом. Общий случай использования модели предполагает пошаговое приближение к дате отказа и ремонта реализации детали. На каждом шаге приближения уточняются параметры диагностической модели и обновляется прогноз даты отказа детали (рисунок 2).

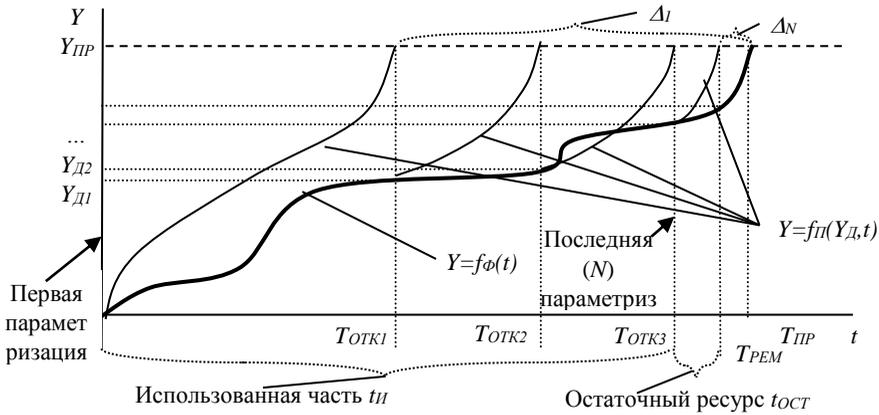


Рисунок 2. Прогнозирование отказа по данным текущего ТС

Параметры диагностической прогнозной модели определяются на основе истории изменения технического состояния детали по N реализациям, представленной результатами диагностирования. Данные j -й реализации $j=1..N$, представлены матрицей D_j . Каждая такая матрица имеет собственный размер определяемый количеством диагностирований d технического состояния детали:

$$D_j = \begin{bmatrix} T_0 \cdot T_i \cdot T_d \\ Y_0 \cdot Y_i \cdot Y_d \end{bmatrix},$$

где i – порядковый номер диагностирования;

T – дата проведения диагностирования;

Y – результат диагностирования, представленный оценкой текущего ТС детали.

В общем случае в истории статистики можно выделить три вида реализаций. Последняя N -я реализация является текущей (неоконченной), по которой и выполняется прогнозирование $T_{ОТК}$. Учитывая практику работы системы ТООР металлургического предприятия, можно видеть, что среди прочих $j=1..(N-1)$ реализаций одна часть соответствует постепенным отказам, а другая – случаю внезапных отказов.

Первый этап параметризации прогнозной модели выполняется по окончанным $N-1$ реализациям с целью определения параметров модели, описывающей изменение остаточного ресурса. Модификация этих данных позволяет получить матрицу наработок на уровень:

$$t = \begin{bmatrix} t_{1,1} \cdot t_{1,g-1} \cdot t_{1,g} \\ \dots \\ t_{j,1} \cdot t_{j,g-1} \cdot t_{j,g} \end{bmatrix}.$$

На каждом уровне g заданной j реализации определяется остаточный ресурс детали:

$$t_{OCTj,g} = t_{j,g} - t_{j,g-1}.$$

В результате имеется матрица остаточных ресурсов:

$$t_{OCT} = \begin{bmatrix} t_{OCT.1.1} \cdot t_{OCT.1.g-1} \cdot t_{OCT.1.g} \\ \dots \\ t_{OCT.j.1} \cdot t_{OCT.j.g-1} \cdot t_{OCT.j.g} \end{bmatrix}.$$

Параметры модели, описывающей остаточный ресурс детали, обеспечивают учет стохастического характера изменения ТС детали. Для этого по каждому уровню g матрицы t_{OCT} определяется закон распределения остаточного ресурса:

$$t_{OCT.g} = f(Z_g, PM_g, PF_g),$$

где Z_g - вид закона распределения;

PM_g - параметр масштаба;

PF_g - параметр формы.

Учитывая, что целью использования модели является прогнозирование t_{OCT} детали, наиболее высокую точность которого необходимо обеспечить на верхних уровнях в зоне предельного ТС, как непосредственно предшествующих отказу. В связи с этим значения параметров Z_{g-1} и PF_{g-1} предпоследнего уровня $g-1$ принимаются этими параметрами для всех уровней.

Аппроксимация значений параметра масштаба PM_g на каждом g -м уровне, которому соответствует Y_g , позволяет получить непрерывную функцию $PM=f(Y)$. Таким образом, из анализа реализаций, соответствующих постепенному отказу, по остаточному ресурсу детали имеется:

- $Z = Z_{g-1}$ - вид закона распределения;
- $PM = f(Y_T)$ - параметр масштаба как функция от текущего значения ТС;
- $PF = PF_{g-1}$ - параметр формы.

Второй этап параметризации выполняется по текущей N -й реализации после получения очередного результата Y , T диагностирования. Используя значение Y , определяется параметр масштаба $PM=f(Y)$, характеризующий остаточный ресурс. Таким образом, имеются параметры диагностической прогнозной модели отказа детали:

- $T_Y = T$ - дата начала упреждения прогноза, соответствующая дате последнего диагностирования;
- $Z = Z_{g-1}$ - вид закона распределения остаточного ресурса;
- $PM = f(Y)$ - параметр масштаба;
- $PF = PF_{g-1}$ - параметр формы.

Прогнозирование даты достижения предельного технического состояния и отказа детали включает использование параметров модели отказов и значения ВБР заданного пользователем:

$$T_{ОТК.ВБР} = T_Y + f(Z, PM, PF, ВБР).$$

Откуда остаточный ресурс составит:

$$t_{ОСТ.ВБР} = T_{ОТК.ВБР} - T_Y.$$

Критерием прекращения диагностирования и принятия $T_{ОТК}$ сроком ремонта является выполнение условия

$$t_{ОСТ.ВБР} < t_{MIN},$$

где t_{MIN} – период между плановыми ремонтами.

Для определения места задачи использования результатов диагностирования в структуре системы ремонтной службы промышленного предприятия выполнен анализ ее предметной области. В результате анализа выделены три взаимосвязанных модуля показанных на рисунке 3.

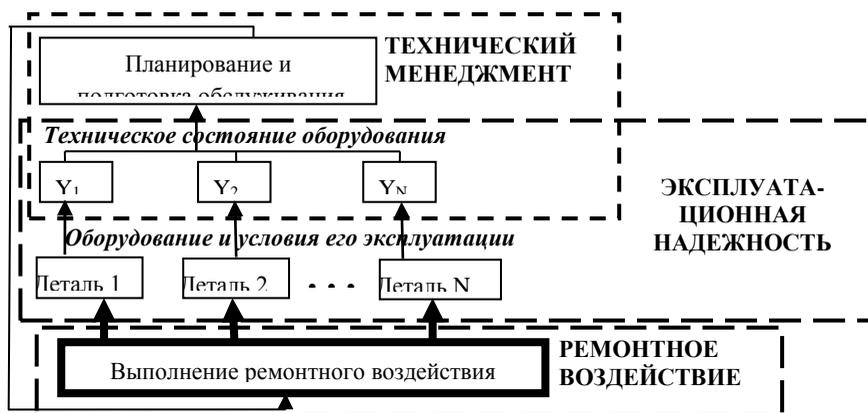


Рисунок 3. Предметная область ремонтной службы

Модуль «РЕМОНТНОЕ ВОЗДЕЙСТВИЕ» обеспечивает физическое воздействие на оборудование, результатом которого является восстановленное его работоспособное состояние. В рамках модуля «ЭКСПЛУАТАЦИОННАЯ НАДЕЖНОСТЬ» формируется комплекс данных об оборудовании, в том числе о техническом состоянии Y используемом при прогнозировании стохастических дат отказа $T_{ОТК}$ его элементов. В модуле «ТЕХНИЧЕСКИЙ МЕНЕДЖМЕНТ» решаются задачи планирования, подготовки и описания выполненных ремонтных воздействий, включающих разработку и обмен ремонтной документацией между персоналом системы ремонтной службы.

Таким образом, данные диагностирования, адаптированные к

прогнозированию даты отказа в виде диагностической прогнозной модели, являются составной частью модуля «ЭКСПЛУАТАЦИОННАЯ НАДЕЖНОСТЬ». В полном объеме данные модуля содержат комплекс данных об оборудовании объединенных в образ оборудования. Программная реализация образа оборудования показывает его структуру, представленную деревом оборудования (рисунок 4.а).

| Название | Кол | ЕИ | Чертеж | Мас... | Материал | Исполнитель |
|---------------------------|-----|----|------------------|--------|----------------|--------------------|
| Стан 390 | 1 | шт | Д 253099-TX | 13 | | Начальник стана |
| Участок рабочих клеток | 1 | шт | | 0 | | -----Мастер мех. т |
| 13.Прокатная клеть 1 | 0 | шт | AR113 | 0 | | -----Мастер мех. т |
| Валковая опора H600 | 1 | шт | AR113-03 | 0 | | -----Мастер мех. т |
| Установочное зубчатое кол | 1 | шт | AR113-0300-00554 | | GS-34CrNiMo6V | -----Мастер мех. т |
| Гайка AR113-0300-008 | 4 | шт | AR113-0300-00825 | | GZ-Cu Zn25Al15 | -----Мастер мех. т |

а. Дерево оборудования

| Элемент | Экземпляр | Бухгалтерия | Характеристики |
|-----------------------|---------------------------------------|-------------|----------------|
| Элемент оборудования: | Установочное зубчатое колесо 3/164/30 | | |
| Прототип: | Установочное зубчатое колесо 3/164/30 | | Выбрать... |
| Именованное место: | | | Удалить |
| Исполнитель: | -----Мастер мех. по клетям | | Выбрать... |

б. развернутые данные по элементу оборудования

Рисунок 4. Программная реализация образа оборудования

Дополнительно на дереве оборудования по каждому его элементу приводятся технические характеристики не изменяемые в процессе эксплуатации оборудования. Доступ к развернутым данным по элементу оборудования обеспечивает анализ и редактирование: элемент – данных чертежа; экземпляр – данных к прогнозированию даты отказа; бухгалтерия – экономические данные; паспорт – паспортные данные.

Выводы

При решении задач ремонтной службы используются данные диагностирования для прогнозирования стохастической даты отказа. Первый этап параметризации модели выполняется на основе данных по окончательной реализации детали, а второй по данным текущей реализации. Собственно, параметры диагностической прогнозной модели являются составной частью образа оборудования.

Литература

1. Ченцов Н.А. Прогнозирование срока отказа металлургического оборудования / Н.А.Ченцов, // Металлургические процессы и оборудование. - 2007. - № 4. - С. 39-43.