

## К ОПРЕДЕЛЕНИЮ УРОВНЯ НАДЕЖНОСТИ ОБОРУДОВАНИЯ ГОРНО-МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОГО КОМПЛЕКСА

**\*Радченко И.Е., \*\*Парфенюк А.С., \*\*Топоров А.А.**

(\*ОАО Часовярский огнеупорный комбинат,

\*\*Донецкий национальный технический университет)

*Для упрощения ввода в эксплуатацию систем автоматизированного управления ремонтом и техническим обслуживанием оборудования горно-металлургического комплекса предложена математическая модель прогнозирования его безотказной работы, основанная на оценке последствий отказов*

Одну из острейших нынешних проблем промышленности составляет использование морально устаревшего и физически изношенного оборудования. Во многих случаях именно эти факторы являются причиной аварий, травм и техногенных катастроф. Современное экономическое положение на предприятиях горно-металлургического комплекса и повышение требований к качеству и конкурентоспособности выпускаемой продукции сделали необходимым разработку более гибких стратегий проведения ремонтных работ и соответствующих им систем ТО и Р. Такие системы должны обеспечивать быстрое реагирование на изменяющуюся степень загруженности технологических линий и поддержание необходимого уровня надежности оборудования.

Анализ материалов обследования технического состояния основного оборудования предприятий горно-металлургического комплекса показал, что подавляющая часть эксплуатируемого оборудования находится на заключительном этапе жизненного цикла. Это обуславливает важность задачи прогнозирования безотказной работы оборудования при совместном действии внезапных и износных отказов.

Совместную вероятность безотказной работы элемента с учетом внезапных и износных отказов в период от  $T = 0$ , когда элемент новый, до времени  $T$  можно получить из формулы [1]:

$$R(T) = e^{-\lambda T} \frac{R_u(0+T)}{R_u(0)} = e^{-\lambda T} R_u(T), \quad (1)$$

так как  $R_u(0)$  по предположению равно единице. В этой формуле

$$R_u(T) = \frac{1}{\sigma \cdot \sqrt{2 \cdot \pi}} \int_T^{\infty} e^{-(T-M)^2 / 2 \cdot \sigma^2} dT, \quad (2)$$

где  $T$  — наработка элемента,

$M$  — среднее значение его долговечности.

На рис. 1 приведена кривая  $R(T)$  при  $m > M$ , а на рис. 2 — та же кривая для  $M > m$ . Кривая надежности получается умножением вероятности безотказной работы с учетом только внезапных отказов ( $e^{-\lambda T}$ ) на вероятность безотказной работы с учетом износа ( $R_u$ ).

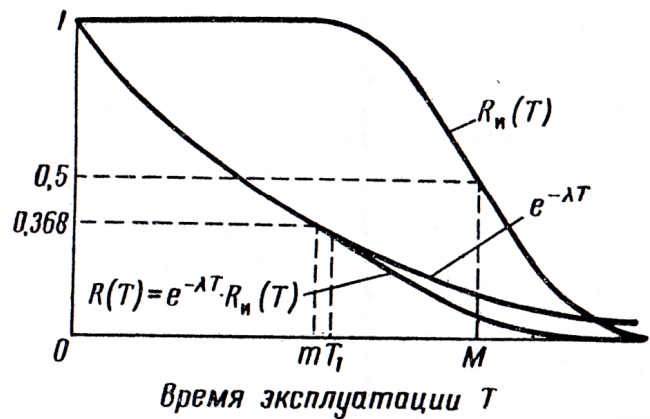
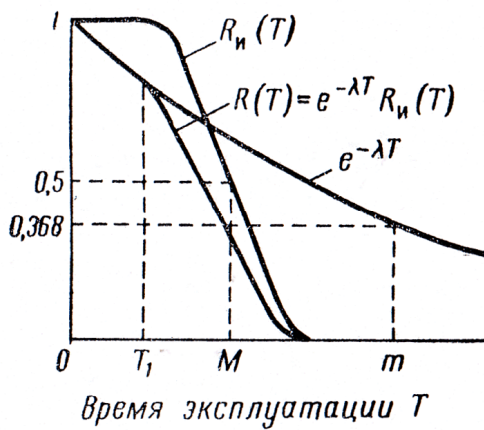


Рис. 1. Кривая надежности для  $t > M$  Рис. 2. Кривая надежности для  $t < M$

Из приведенных графиков следует, что до наработки  $T_1$  функция надежности совпадает с экспоненциальной. Позднее начинают преобладать износные отказы, и кривая, учитывающая совместные влияния внезапных и износных отказов, резко убывает.

Формулу (1) можно использовать только для  $T = 0$ , когда элемент новый. Если элемент уже имеет какую-то наработку  $T_0$ , то используем следующее выражение:

$$R(t) = e^{-\lambda t} \frac{R_u(T_0 + t)}{R_u(T_0)}, \quad (3)$$

Значение вероятности равно 1 для  $t = 0$ , т. е. в начале рассматриваемого промежутка работы. На рис. 3 воспроизведена кривая рис. 1 при учете начальной наработки  $T_0$  по формуле (3).

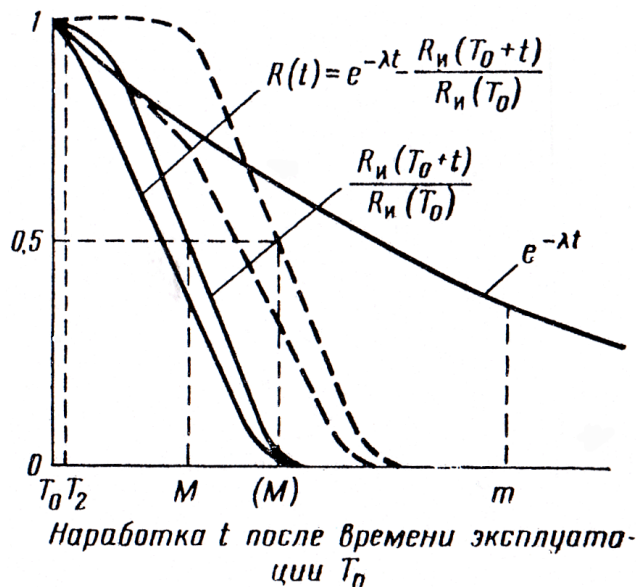


Рис. 3. Надежность элемента, эксплуатировавшегося в течение времени  $T_0$

Вначале, когда элемент новый ( $T = 0$ ), кривая в нашем примере, учитывающая совместное влияние внезапных и износных отказов, совпадает с экспоненциальной вплоть до  $0,4M$  час. После того как наработка достигает  $0,4M$  кривая совместного влияния (см. рис. 3) следует экспоненциальной только на

небольшом участке за  $T_0$ , а затем быстро убывает после  $t = T_2$ , т. е. когда наработки элемента становятся больше  $T_0 + T_2$ . Пунктиром изображен первоначальный график кривой совместного влияния внезапных и износных отказов в сравнении с экспоненциальной кривой.

Очевидно, что, в то время как значение  $m$  средней наработки на отказ остается без изменения, величина  $M$  (среднего значения долговечности) в новой системе координат, учитывающей наработку элемента, переместилась гораздо ближе к началу отсчета. Очевидно, что после того, как наработка элемента превысит значение  $T_0 + T_2$ , отказы элемента не будут больше подчиняться экспоненциальному закону, и элемент станет чрезвычайно ненадежным.

Данные об отказах элементов, полученные при эксплуатации, являются смесью приработочных, внезапных и износных отказов, которые трудно разделить. Если нужна высокая надежность системы в течение большого промежутка времени, износные отказы элементов должны быть полностью исключены с помощью профилактической замены каждого из элементов в соответствии с его долговечностью, причем для замены нужно использовать только элементы, прошедшие приработку. Когда это правило соблюдается и когда используются достаточно надежные элементы, можно обеспечить весьма высокую надежность системы [2-4]. Сложившаяся ситуация обуславливает необходимость создания на предприятиях служб технической диагностики, которые позволят более точно устанавливать сроки и объем работ по обслуживанию и ремонту, контролировать основные эксплуатационные показатели оборудования во время работы, определить готовность машины для выполнения заданного цикла работ, прогнозировать остаточный ресурс и наработку «критических» деталей и их узлов.

Для совершенствования системы технического обслуживания и ремонта путем повышения уровня надежности оборудования, находящегося под действием внезапных и износных отказов, предлагается следующее:

- создать каталог деталей оборудования и выделить из него «критические» элементы. Под критическими элементами следует понимать детали, выход из строя которых повлечет за собой срыв плана производства на длительное время, однако нет возможности держать их на складе из-за высокой стоимости;
- в каждом конкретном случае определять периодичность экспертной оценки состояния критической детали. Это позволит, с учетом информации о состоянии детали, оптимально назначать срок проведения ремонта оборудования, максимально исключив вероятность появления внезапных отказов;
- разработать математическую модель для расчета минимально необходимого количества запасных частей, которое обеспечит желаемый уровень надежности оборудования. Модель должна основываться на использовании множителей Лагранжа и учитывать, что наработка деталей на отказ распределяется по закону Вейбулла;
- разработать комплекс математических моделей для прогнозирования изменения показателей безотказности оборудования. Это даст возможность руководству предприятия видеть вероятность выполнения конкретного заказа  $R(T)$  за определенный промежуток времени и принять решение.

## ВЫВОДЫ:

1. Комплекс математических моделей для прогнозирования безотказной работы «критических» деталей основывается на экономическом факторе, который оценивает последствия отказов и выступает в качестве критерия значимости. Это позволяет резко ограничить количество деталей, техническое состояние которых должно подвергаться экспертной оценке.

2. Предложенный подход позволит оценить степень использования параметров надежности «критической» детали и обоснованно назначить ресурс оборудования.

3. Внедрение математического описания процесса разрушения детали и оценка вероятности безотказной работы  $R(T)$  оборудования является фундаментом к разработке систем управления надежностью оборудования, оценки тенденций ее изменения и достигнутого уровня.

4. Упрощается ввод в эксплуатацию систем автоматизированного управления ремонтом и техническим обслуживанием, так как отпадает необходимость оценки технического состояния всех деталей. Это существенно для предприятий как с большим так и с малым бюджетом.

## *Перечень ссылок*

1. **Базовский И.** Надежность. Теория и практика. М., 1965. – 310 с.
2. **Гребенник В.М., Цапко В.К.** Надежность металлургического оборудования (оценка эксплуатационной надежности и долговечности): Справочник. – М.: Металлургия, 1989. – 592 с.
3. **Проников А.С.** Параметрическая надежность машин. – М.: МГТУ им. Баумана, 2002. – 560 с.
4. **Гриневич В.И., Цапко В.К.** Прогнозирование усталостной долговечности деталей металлургического оборудования // Надежность и долговечность машин и сооружений. – К.: Наукова думка. 1986. Вып. 9. с. 17-21.