

**А.В. Малиенко**

(Украина, Днепропетровск, ГВУЗ «Национальный горный университет»)

## **МОДЕЛИРОВАНИЕ ОЦЕНКИ НАДЕЖНОСТИ СИСТЕМЫ ТЕХНИЧЕСКОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ ОБОРУДОВАНИЯ УГОЛЬНЫХ ШАХТ**

### **Введение**

В данной работе рассмотрена программная реализация одного из методов расчета показателя качества системы технического обслуживания (ТО). В качестве показателя качества выбран функционал, характеризующий относительное время пребывания объекта в работоспособном состоянии. Основными факторами, влияющими на эффективность функционирования системы ТО, являются показатели надежности работы объекта, а также время поиска (индикации) отказов и продолжительности плановых и аварийно-восстановительных работ. Метод позволяет при проектировании технических объектов заранее оценить достаточность предусмотренных объема и номенклатуры регламентных работ для получения оптимальной стратегии ТО.

### **Изложение основного материала исследований**

Техническое обслуживание, энергетических объектов, транспортных систем горного предприятия, является важным компонентом системы эксплуатации, диспетчеризации и включает комплекс работ для поддержания исправности и работоспособности установок при их подготовке к использованию по назначению, хранении и транспортировке.

Известно, что необходимость ТО вызывается главным образом тем, что в конструкции сложных технических объектов, таких как горно-шахтное оборудование, практически невозможно реализовать принцип равной прочности всех узлов и деталей. Поэтому имеются элементы с меньшим ресурсом, чем общий назначенный ресурс. Кроме того, вследствие действия на объект комплекса факторов внешней среды интенсивность отказов деталей, узлов, систем будет различной, в том числе возрастающей с увеличением наработки. Установлено, что в конвейерном транспорте угольной шахты «узким местом» являются элементы проточной части, которые подвергаются действию высоких температур, а также угольной пыли, прочих агрессивных включений в рудничном воздухе.

При разработке новых систем, при модернизации существующих, а также при продлении назначенного ресурса возникает задача создания или усовершенствования системы технического обслуживания. Создание эффективной системы ТО обеспечит на практике полную реализацию назначенного ресурса объекта, сократит время простоя из-за отказов, снизит затраты на эксплуатацию. Разработке такой системы ТО (иначе, оптимальной стратегии технического обслуживания) должно предшествовать исследование ее возможностей при определенных ограничениях на материальные затраты и на временные ресурсы.

Известно, что техническое обслуживание как комплекс работ включает организационные и технические мероприятия, которые в общем случае могут рассматриваться как система с определенной структурой и соответствующими связями между элементами. Она имеет четко определенные цели функционирования и реализуется в практике эксплуатации объектов через определенные модели.

Главным в выборе модели технического обслуживания и тем самым в формировании структуры системы является наличие исходной информации — значений показателей надежности объекта эксплуатации, а также возможность их оперативной оценки. Наличие или отсутствие информации о показателях надежности эксплуатации объекта, в свою очередь, определяется внутренними свойствами объекта и организационной структурой системы эксплуатации. Эффективность конкретной модели ТО оценивается показателями, которые разрабатываются с использованием заранее установленных характеристик надежности эксплуатации объекта.

Получены достаточно строгие решения задачи оптимизации сроков ТО объектов (простых и структурно-сложных) с различной природой отказов — постепенных и внезапных, а также при различных законах их надежности. При этом рассматриваются приспособленность объектов для индикации отказов (встроенный контроль) и определенные характеристики их ремонтпригодности для случаев планового и аварийного восстановлений работоспособности.

На основе анализа и обобщения существующих методов создана методика оценки эффективности системы ТО.

В общем случае процесс функционирования объекта рассматривается как случайный процесс во времени с ограниченным количеством возможных состояний. Поэтому траектория процесса  $x(\tau)$  будет ступенчатой. Она задается количеством переходов  $m$ , моментами переходов и набором состояний, в которых объект находился между моментами перехода. В качестве показателя, по которому можно судить об оптимальности выбранной стратегии ТО, можно принять функционал, определенный на множестве возможных траекторий случайного процесса  $x(\tau)$ . Для определения показателя эффективности следует рассчитать время нахождения объекта в каждом из выделенных состояний. При решении данной задачи целесообразно использовать аппарат марковских процессов.

Становится актуальным рассмотреть вопрос о моделировании этого процесса. Тогда целью этого моделирования становится сохранение или преобразование информации по специальной структуре, что вносит порядок в рассматриваемый объект, элементы объекта и их отношения.

Было разработано программное обеспечение, написанное на языке Delphi 7.0, для вычисления вероятности нахождения системы в том или ином состоянии. В качестве входных спецификаций используется матрица состояний. В качестве выходных спецификаций применяется система уравнений Колмогорова.

Описание (комментарии) программы:

В созданном программном обеспечении было применено два модуля и следующие процедуры:

TForm 1 – в этом модуле вводятся и обрабатываются данные, описывающие непрерывную цепь Маркова;

procedure Edit1Change – процедура ограничений ввода количества состояний;

procedure Button1Click – по переменной из процедуры Edit1Change заполняет матрицу состояний первичными данными;

procedure Button2Click – по матрице состояний рассчитывает уравнения Колмогорова и вызывает модуль TForm 2;

TForm 2 – в этом модуле выводятся данные на экран;

procedure Button1Click – процедура вызова модуля TForm 1 для повторного применения программы;

procedure Button2Click – процедура закрытия программы по окончании всех работ.

При запуске программы перед пользователем появляются диалоговые окна, которые заполняются пользователем (диспетчером, начальником ремонтного цеха). В окне Edit1 вводится количество вершин. При нажатии на кнопку «построить» формируется матрица состояний с уже заданным пользователем количеством вершин.

	S1	S2	S3	S4	S5
S1	xxxxxx	1	0	1	0
S2	1	xxxxxx	0	0	0
S3	0	0	xxxxxx	0	0
S4	0	0	1	0	xxxxxx
S5	0	0	1	1	xxxxxx

Окно формирования количества вершин графа; заполнение матрицы состояний

Далее пользователь должен заполнить матрицу состояний, т. е. изменять значения ячеек с «0» на «1». Следует изменять только ячейки со значением «0» (см. рисунок). Нажатие кнопки «вывести» открывает вторую форму и в окне выводится полученный результат. Кнопка «перезапустить» позволяет повторить операцию с начала. Кнопка «выход» завершает работу с программой.

Решение системы – результат работы программы – выполняется в пакете Mathcad при помощи функции  $rkfixed(p, a, b, n, D)$ , в которой параметр  $p(1:q)$  представляет собой вектор начальных значений вероятностей состояний объекта (начальные условия интегрирования);  $a, b$  - левая и правая границы интегрирования;  $n$  - число интервалов разбиения области интегрирования;  $D$  - матрица, составленная из правых частей уравнений системы. Вероятность работоспособного состояния  $p_1(t)$  соответствует значению коэффициента готовности объекта  $KГ(t)$ .

Интеграл от этой вероятности в интервале от нуля до времени, соответствующего стационарному значению, определяет среднее время безотказной работы объекта с учетом возможных переходов в другие состояния:

$$T_{CP} = \int_0^t p_1(t) dt. \quad (1)$$

Если определить аналогичные интегралы от остальных значений вероятностей состояния, то можно получить среднее время пребывания объекта в каж-

дом из выделенных состояний. Тогда частное от деления времени работоспособного состояния ТСР на сумму всех остальных даст функционал, характеризующий качество функционирования системы технического обслуживания объекта

$$J = \left( \int_0^t p_1(t) dt \right) / \left( \sum_{i=2}^m \int_0^t p_i(t) dt \right) \quad (2)$$

где  $m$  – количество состояний ГТУ.

При использовании уравнений (1) и (2) интегрирование вероятностей состояния объекта в предлагаемом алгоритме выполняется после того, как векторы значений вероятностей аппроксимируются кубическими сплайнами с помощью встроенных операторов Mathcad. Это сделано из-за того, что операторы интегрирования в Mathcad не работают с числовыми последовательностями, а применять специально разработанные процедуры численного интегрирования нецелесообразно из-за их громоздкости.

Повысить значение функционала  $J$  можно за счет увеличения вероятности безотказной работы (обеспечения надежности) объекта.

### **Выводы**

Приведена универсальная модель программной реализации метода расчета показателей качества системы технического обслуживания. Получены решения задачи оптимизации сроков ТО объектов с различной природой отказов - постепенных и внезапных, а также при различных законах их надежности. На основании анализа и обобщения существующих методов создана методика оценки эффективности системы ТО.

Полученные результаты дают основу для разработки специализированного редактора базы знаний системы для поддержки принятия решений диспетчером угольной шахты.

### **Список литературы**

1. Банди Б. Основы линейного программирования. - М.: Радио и связь, 1989. – 176 с.
2. Благодатских, В.А. Экономика, разработка и использование программного обеспечения ЭВМ./ Енгибарян, М. А. и др.- М.: Финансы и статистика, 1995. – 288 с.
3. Гудман, С. Введение в разработку и анализ алгоритмов. Хидетниemi, С.-М.: Мир, 1981. – 388 с.
4. Вопросы математической теории надежности / Е. Ю. Барзилович, Ю. К. Беляев, В. А. Каштанов и др.; Под ред. Б. В. Гнеденко. – М.: Радио и связь, 1983. – 184 с.
5. Барзилович Е. Ю. Модели технического обслуживания сложных систем: Учебн. пособие. – М.: Высш. шк, 1982. – 231 с.
6. Байхельт Ф., Франкен П. Надежность и техническое обслуживание. Математический подход: пер. с нем. – М.: Радио и связь, 1988. – 392 с.

*Рекомендовано до друку: профессором Ткачевим В.В.*