

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.