УДК 62.50

МОДЕЛИРОВАНИЕ СИСТЕМЫ КОНТРОЛЯ ВОЗДУХОСНАБЖЕНИЯ И ТЕМПЕРАТУРНЫХ РЕЖИМОВ В ВЫРАБОТКАХ ШАХТ С ЦЕЛЬЮ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПОКАЗАТЕЛЯ НАДЕЖНОСТИ

Теряев В.Н., студент, Рафиков Г.Ш., доцент, к.т.н.
(Донецкий национальный технический университет, г. Донецк, Украина)

Для ряда технических систем характерно наличие отказов, устранение которых в течение некоторого (в общем случае случайного) времени может привести (и зачастую приводит) к аварийным и даже катастрофическим последствиям. Примером такой системы может служить угольная шахта, опасная по взрывам газа и пыли, внезапным выбросам угля и породы, газодинамическим явлениям и др. Система контроля воздухоснабжения и температурных режимов является многофакторной системой и используется для контроля концентраций метана, оксида и диоксида углерода, кислорода и некоторых других параметров воздуха. Поэтому ее отказ в течение длительного промежутка времени может привести к нежелательным последствиям.

Очевидно, что контроль технического состояния (КТС) и восстановления работоспособности в случае отказа системы должны быть организованы таким образом, чтобы максимально исключить указанные нежелательные последствия.

Для системы КТС весьма важным является определение наибольшего периода контроля, при котором с вероятностью, не меньшей заданной, отказы системы будут устранены в течение безопасного времени (когда чрезвычайных последствий еще не возникает). При этом обнаружение отказа может произойти только в результате очередного КТС.

Постановка задачи. Пусть t_1 – время безопасной работы системы; t_2 – время восстановления системы; t_3 – безопасное время пребывания системы в состоянии отказа. Причем t_i (i=1-3) – случайные величины, распределенные по интегральным законам $F_i(t)$, i=1-3. КТС системы длительностью θ проводится с периодом T.

В реальной ситуации законы распределения $F_i(t)$, i=1-3, точно не известны, но может быть известно, что они принадлежат некоторым классам $F_{0i}(t)$, i=1-3, законам распределения с фиксированными первыми моментами (математическими ожиданиями) M_{1i}, i=1-3, случайных величин t_i.

Для предотвращения аварийных ситуаций необходимо КТС проводить так, чтобы случайное время пребывания системы в состоянии отказа $\tau[T]$ (T – период контроля системы) было меньше безопасного времени t_3. Так как обе эти величины являются случайными, то можно говорить только об их вероятностном сравнении, то есть рассматривать вероятность $P[\tau[T]<t_3]$.

Задача сводится к определению такого наибольшего периода контроля системы T, при котором вероятность предотвращения экстремальных последствий отказов не меньше заданной величины P_0, т.е.

$$\begin{array}{l} \min P[\tau(T) < t_3] \geq P_0 \\ F_i(t) \in F_{0i}, i = 1,3 \end{array}.$$

Эта задача примыкает к рассмотренным в [1]. Теперь необходимо найти минимум функции:

$$i = \int_0^\infty [1 - F_3(t)] dF_4(t)$$

при условиях:

$$\int_0^\infty t dF_3(t) = M_{13}; \qquad \int_0^\infty t dF_4(t) = M_{14},$$

где $F_4(t)$ – функция распределения случайной величины $\tau[T]$, которая принадлежит классу функций с фиксированным первым моментом.

Эта задача относится к классу изопериметрических задач [2]. В результате ее решения получим выражение для периода контроля системы:

$$T = 2M_{13}(1 - P_0) - M_{12} - \theta.$$

В результате проделанной работы получена математическая модель системы. При исследовании данной модели найден период наибольшего контроля. Из решения этой задачи вытекает, что математическое ожидание времени восстановления должно быть обязательно меньше безопасного времени пребывания системы в состоянии отказа. В случае ужесточения требований к предотвращению нежелательных последствий (при увеличении вероятности P_0) может случиться так, что для заданных величин M_{12} и θ даже непрерывный КТС не обеспечит требуемой вероятности P_0. В этих условиях необходимо совершенствовать систему контроля и восстановления в части уменьшения их длительности.

Перечень ссылок

1. Барзилович Е.Ю., Каштанов В.А. Некоторые математические вопросы теории обслуживания сложных систем. – М.: Советское радио, 1971. – 270с.

2. Корн Г. , Корн Т. Справочник по математике для научных работников и инженеров. – М.: Наука, 1978. – 831с.