

УДК 614.842.86

АСИМПТОТИЧЕСКИЙ МЕТОД ОЦЕНКИ ПОКАЗАТЕЛЕЙ НАДЕЖНОСТИ  
АСУ ПОЖАРНОЙ ОХРАНЫ

В.А.Ренев, П.М.Бортничук, А.А.Деревянко

Рассмотрен асимптотический метод оценки показателей надежности сложных технических систем, к которым можно отнести автоматизированную систему управления пожарной охраной.

Современные автоматизированные системы управления пожарной охраной и их оборудование представляют собой сложные системы с своеобразным порядком их обслуживания.

Традиционный подход к оценке надежности состоит в том, что под надежностью системы понимается вероятность безотказной работы всех ее элементов на протяжении заданного интервала времени.

Однако при работе сложной системы для ее нормального функционирования необходимо участие не всей совокупности элементов; а только определенной ее части, т.е. наличие отказавших элементов в системе не приводит к полному выходу ее из строя, а лишь снижает эффективность выполнения системой своей задачи. Это обстоятельство не позволяет рассматривать надежность как свойство безотказности. Отказы, возникающие из-за ненадежности аппаратуры, снижают эффективность системы на величину эффективности из-за ненадежности. В связи с этим в качестве показателя сложной АСУ целесообразно рассматривать коэффициент сохранения эффективности, численно определяемый выражением

$$K = 1 - \frac{\Delta W_{наг}}{W_u} \quad (1)$$

где  $\Delta W_{наг}$  - величина снижения эффективности за счет ненадежности элементов системы;

$W_u$  - величина эффективности системы для случая безотказного функционирования ее элементов.

Применительно к сложным АСУ следует говорить об эффективном обслуживании комплекса задач управления процессов с заданными статистическими свойствами. В этом случае параметры надежности сложной системы могут быть представлены определенным набором параметров системы массового обслуживания.

Выбор критерия оценки надежности системы при таком подходе можно осуществить, используя различные математические методы, к их числу могут быть отнесены теоретико-вероятностные методы, существование которых состоит в установлении предельных закономерностей, проявляю-

щихся при взаимодействии большого числа случайных факторов. Благодаря им к настоящему времени разработаны общие методы теории массового обслуживания и математической теории надежности сложных систем, основанные на асимптотическом анализе вероятностных характеристик случайных процессов [1 - 6]. Таким образом, задачу оценки надежности системы можно решать с помощью методов, достаточно близких к методам оценки эффективности и заключающихся в необходимости определения вероятности выполнения определенных пространственно-временных соотношений.

В наиболее общей постановке задача может быть сформулирована следующим образом.

Пусть функционирование системы описывается совокупностью случайных процессов, характеризующих качество обработки информации, точность и другие физические процессы, протекающие в системе. Выход из строя элементов системы и их восстановление подчиняются определенным вероятностным законам. Отказы элементов приводят к изменению характеристик рассматриваемых систем, что можно определить как статистическую характеристику случайных процессов и исследовать влияние на эту характеристику случайных возмущений, связанных с отказами элементов. Оцениваемая надежность системы понимается как мера сохранения значения показателя эффективности системы при реальных значениях характеристик надежности ее элементов.

Метод асимптотического анализа основывается на представлении  $\lambda$  - характеристик (интенсивность отказов) отдельных элементов системы через малый параметр  $\epsilon$  ( $\lambda_i = \lambda_i^0 \epsilon$ ), что позволяет находить простые аналитические выражения для коэффициентов разложения характеристик надежности элементов системы по степеням  $\epsilon$ .

Нахождение вероятности того, что из-за отказов элементов обеспечивается  $L_{k+1}$  варианты и не обеспечиваются  $L_1, \dots, L_k$  варианты функционирования системы  $(x_{i_1}^{L_1}, L_2, \dots, L_k, i_{k+1})$ , сводится в конечном итоге к вычислению вероятностей сложных событий:

$$\{v_i(t) \in N_i^0, t \in T_i; v_i(t) \in N_i^1, t \in \bar{T}_i; 1 \leq i \leq N\}, \quad (2)$$

где  $N_i^0$  - некоторое множество дискретных состояний  $i$ -го элемента системы.

В установившемся режиме такие вероятности не зависят от сдвига по времени всех множеств  $T_i$  и  $\bar{T}_i$ . Поэтому последние множества удобно выбирать таким образом, что первый момент совокупности множества моментов времени  $\{T_i, \bar{T}_i, 1 \leq i \leq N\}$  совпадал с  $t=0$ . Далее в качестве распределения  $v(t)$  при  $t=0$  принимается стационарное распределение, отыскивается вероятность осуществления события (2) при заданном значении процесса (при  $t=0$ ). Интегральная характе-

Функция показателя эффективности, надежности вычисляется с учетом основной функции, определяемой стационарным распределением процесса (1). Для вычисления соответствующих интегралов весьма удобным оказывается комбинированным аналитико-статистический метод. Метод статистических испытаний применяется для вычисления коэффициентов разложения по степеням  $\varepsilon$ .

Определив локальные характеристики эффективности, т.е. закон образования качества на участках, где  $v(t)$  принимает фиксированное значение, и закон изменения случайного процесса  $v(t)$ , можно найти другие характеристики, являющиеся усреднением локальных характеристик по возможным реализациям процесса  $v(t)$ , т.е. можно найти интегральную характеристику эффективности для отказа различных элементов системы или их групп.

Далее может быть определена вероятность того, что, если в момент  $t$  та или иная характеристика эффективности описывается значением  $\theta$ , то в момент  $\tau$  она будет принадлежать множеству  $\tilde{P}(t, \theta, \varepsilon, A)$ .

Функции  $P_0^{(m)}(t, \theta, \varepsilon, A)$  и  $P_1^{(m)}(t, \theta, \varepsilon, A)$  могут быть разложены по методу малого параметра. Имея эти разложения, можно найти их коэффициенты, а затем уже найти разложение основной функции  $p(t, \theta, \varepsilon, A)$  в ряд по степеням  $\varepsilon$ .

#### ЛИТЕРАТУРА

Ивницкий В.А. Асимптотическое исследование стационарной очереди в случае обобщенного входящего потока. К. Изд. "Кибернетика", 1968, N 5

Ивницкий В.А. Асимптотическое исследование вероятностных характеристик обобщенной однолинейной системы. В: "Литовский математический сборник" 1963, N 4.

Коваленко И.Н. Некоторые аналитические методы в теории массового обслуживания. В сб. "Кибернетику на службу коммунизму". М. Изд. "Энергия", 1964, т.2.

Коваленко И.Н. Некоторые вопросы надежности сложных систем. В сб. "Кибернетику на службу коммунизму". М. Изд. "Энергия", 1964, т.2.

Коваленко И.Н. Аналитико-статистический метод расчета надежности сложных резервированных систем. "Вопросы радиоэлектроники". М. Изд. "Сов. радио", 1968.

Коваленко И.Н. Асимптотический метод оценки надежности сложных систем. В сб. "О надежности сложных технических систем". М. Изд. "Сов. радио", 1966.