

УДК 62.50: 621.519

А.В. Оводенко (канд. техн. наук, доц.)

Донецкий национальный технический университет г. Донецк

Кафедра радиотехники и защиты информации

E-mail: ovoda@i.ua

ИНТЕГРАЛЬНЫЕ МОДЕЛИ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ИНФОРМАЦИОННО - ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОЙ СИСТЕМЫ И АВТОМАТА КОНТРОЛЯ И ДИАГНОСТИКИ ДИНАМИЧЕСКИХ ОБЪЕКТОВ УПРАВЛЕНИЯ

В работе предложена и исследована модель расчета надежностных характеристик мультипроцессорных вычислительных машин с учетом влияния на ресурс работоспособности характеристик потока отказов, входных информационных потоков, надежности встроенных средств контроля и характера задач.

Ключевые слова: модель, надежность, отказ, информационный поток, работоспособность, ресурс

При решении задач организации автомата контроля (АК) учитываются показатели, характеризующие безотказность, контролепригодность и ремонтпригодность как ИВС, так и технических средств диагностирования. Анализ процесса взаимодействия ИВС и АК при диагностировании позволяет обоснованно, исходя из выбранного критерия организации системы диагностирования, сформулировать требования к системе, как к объекту контроля, так и к АК с учетом специфики использования и эксплуатации ИВС.

Будем считать, что модель системы "ИВС-АК" может принимать конечное число состояний. Входной информационный поток для ИВС с достаточной инженерной точностью можно считать простейшим с k -й степенью неординарности ($k=1,2$), поток отказов системы является также простейшим. Состояния комплекса ИВС-АК и его функционирование могут быть записаны:

$$S_1 \xrightarrow{u_i} S'_1 \xrightarrow{T_1} S_2 \xrightarrow{u_i} S'_2 \rightarrow S_1; S_1 \xrightarrow{u_i} S'_1 \xrightarrow{T_2} S_2 \xrightarrow{u_i} S'_2 \rightarrow S_1; S_1 \xrightarrow{u_i} S''_1 \xrightarrow{K_1^1} S_2 \xrightarrow{K_2^1} S_1; K_i \in \overline{U\Pi_i}; i = \overline{1, n},$$

где S_1 — дежурное состояние системы; S_2 — рабочее состояние системы; S'_1, S'_2 — состояния переключения системы; $U\Pi_i$ — число управляющих программ, каждая из которых соответственно состоит из K_1^i, \dots, K_m^i команд, $i = \overline{1, m}$; T_i — время выполнения соответствующей программы $i = \overline{1, m}$.

Модель ИВС-АК может быть представлена системой массового обслуживания, входным потоком для которой является простейший поток отказов ИВС, поэтому необходимо рассматривать две подсистемы массового обслуживания; ИВС и функциональный АК [1–6]. Для описания модели "ИВС-АК" может быть применена модель марковского процесса с дискретными состояниями и непрерывным временем [1,2].

Поставим задачу: определить для любого времени t вероятность состояний $P(S_1), P(S_2), \dots, P(S_\ell); \ell = \overline{1, \ell}$ — число состояний проектируемой системы. Предполагается рассматривать модель в виде следующего вероятностного графа (рис. 1).

Вершины графа соответствуют состояниям системы: S_1 — система исправна и находится в дежурном режиме; S_2 — система исправна и находится в рабочем режиме; S_3 — система неисправна и находится в дежурном режиме; S_4 — система неисправна и находится в рабочем режиме. Дуги соответствуют интенсивностям переходов (λ_p — интенсивность поступления заявок; μ_p — интенсивность обслуживания заявок; λ_0 — интенсивность отказов в дежурном режиме;

λ_ϕ — интенсивность отказов в рабочем режиме; μ_ν — интенсивность восстановления системы автоматом контроля ИВС), причем каждое состояние соответственно оценивается вероятностью пребывания ИВС в том или ином состоянии. Вероятностный граф, отражающий смену состояний контролируемой ИВС при условии что вероятность безотказной работы АК $P_{AK}(t)=1$, описывается системой дифференциальных уравнений Колмогорова-Чепмена (1).

$$\begin{aligned} \frac{dP_1(t)}{dt} &= -(\lambda_p + \lambda_0)P_1(t) + \mu_p P_2(t) + \mu_\nu (P_3(t) + P_4(t)); \\ \frac{dP_2(t)}{dt} &= -(\lambda_\phi + \mu_p)P_2(t) + \lambda_p P_1(t); \\ \frac{dP_3(t)}{dt} &= -(\lambda_p + \mu_\nu)P_3(t) + \lambda_0 P_1(t); \\ \frac{dP_4(t)}{dt} &= -\mu_\nu P_4(t) + \lambda_\phi P_2(t) + \lambda_p P_3(t); \\ \sum_{i=1}^n P_i(t) &= 1. \end{aligned} \tag{1}$$

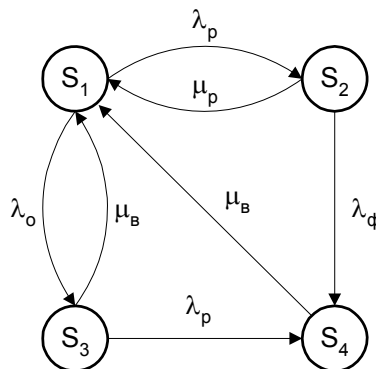


Рисунок 1 — Вероятностный граф состояний ИВС-АК

Будем считать, что при переходе из состояния S_1 в состояние S_3 имеет место физический отказ, а при переходе из состояния S_2 в состояние S_4 и S_3 в S_4 — функциональный, приводящий к потере решаемой задачи. Решение системы уравнений (1) произведем в стационарном и динамическом режимах и определим верхнюю границу быстродействия АК, а также оценим зависимость быстродействия от изменения параметров функционирования ИВС, а именно от значений интенсивности информационного потока, от производительности и от интенсивности потока отказов.

Стационарный режим характерен при $P_i = \lim_{t \rightarrow \infty} P_i(t)$; $\lim_{t \rightarrow \infty} \frac{dP_i}{dt} = 0$; $i = \overline{1, n}$, с учетом этого система (1) будет иметь вид:

$$\begin{aligned} (\lambda_p + \lambda_0)P_1 &= \mu_p P_2 + \mu_\nu (P_3 + P_4); \\ (\lambda_\phi + \mu_p)P_2 &= \lambda_p P_1; \\ (\lambda_p + \mu_\nu)P_3 &= \lambda_0 P_1; \\ \mu_\nu P_4 &= \lambda_\phi P_2 + \lambda_p P_3; \\ \sum_{i=1}^4 P_i &= 1. \end{aligned} \tag{2}$$

Решив систему (2) определим вероятности состояний:

$$P_1 = N; P_2 = \frac{\lambda_p N}{\lambda_\phi + \mu_B}; P_3 = \frac{\lambda_0 N}{\lambda_p + \mu_B}; P_4 = \frac{N \lambda_p (\lambda_\phi (\lambda_p + \mu_B) + \lambda_0 (\lambda_\phi + \mu_p))}{\mu_B (\lambda_\phi + \mu_p) (\lambda_p + \mu_B)}$$

где $N = \frac{\mu_B (\lambda_\phi + \mu_p) (\lambda_p + \mu_B)}{\mu_B (\lambda_\phi + \mu_p) (\lambda_p + \mu_B) + (\lambda_p + \mu_B) (\lambda_p \mu_B + \lambda_\phi \lambda_p) + (\lambda_\phi + \mu_p) (\lambda_0 \mu_B + \lambda_0 \lambda_p)}$.

Вероятность P_1 отображает стационарный коэффициент готовности ИВС, исправной и находящейся в дежурном состоянии. Вероятность P_2 — характеризует коэффициент готовности, учитывающий функциональные характеристики ИВС. Сумма $(P_1 + P_2)$ характеризует интегральный коэффициент готовности K_r^c в стационарном режиме. Проанализировав семейство зависимостей $K_r^c = f(\mu_B)$; при различных значениях интенсивности λ_p и различных коэффициентах загрузки $\rho = \lambda_p / \mu_p$, можно сделать следующие выводы:

- 1) $\mu_B = \sup \mu_B$ при $\lim_{\partial \mu_B} \frac{\partial P_i}{\partial \mu_B} = 0$ — верхняя граница быстродействия АК может быть выбрана в зависимости от предъявляемых требований к надежности ИВС, т.е. при требуемом значении коэффициента готовности. Начиная с $\mu_B = \sup \mu_B$ при $K_r^c = K_{r, \text{задан}}^c$ дальнейшее повышение быстродействия АК нецелесообразно, поскольку затраты на повышение коэффициента готовности будут не эффективны;
- 2) увеличение коэффициента загрузки ρ , при $\rho \rightarrow 1$, приведет к изменению соотношений между значениями вероятностей состояний, появляется необходимость повышения быстродействия АК, поскольку ИВС будет преобладать в состоянии S_2 (см. рис.1) и избыточного времени восстановления за счет нахождения ИВС в дежурном режиме будет недостаточно. По заданным коэффициентам загрузки и готовности можно выбрать соответствующее значение μ_B , а следовательно, и значение быстродействия АК.

Поскольку модель "ИВС-АК" в стационарном режиме позволяет определять предельные надежностные характеристики, поэтому представляет прикладной интерес исследовать данную модель в реальном масштабе времени функционирования ИВС. Результатами расчета может быть определение зависимости коэффициента готовности K_r^d , как от параметров указанных потоков, так и от времени.

Найдем функции $P_i(t)$ распределения времени пребывания системы в каждом состоянии S_i (см.рис.1):

$$P_1(t) = 1 - e^{-t(\lambda_p + \lambda_0)}; P_2(t) = 1 - e^{-t(\lambda_\phi + \mu_p)}; P_3(t) = 1 - e^{-t(\lambda_p + \mu_B)}; P_4(t) = 1 - e^{-t\mu_B}.$$

Преобразования $\tilde{P}_i(S)$ Лапласа-Стилтьеса для этих функций могут быть получены с помощью соотношения

$$\tilde{P}_i(S) = \int_0^\infty e^{-st} \alpha P(t) dt$$

и имеют вид

$$\tilde{P}_1(S) = \frac{\lambda_p + \lambda_0}{s + \lambda_p + \lambda_0}; \tilde{P}_2(S) = \frac{\lambda_\phi + \mu_p}{s + \lambda_\phi + \mu_p}; \tilde{P}_3(S) = \frac{\lambda_p + \mu_B}{s + \lambda_p + \mu_B}; \tilde{P}_4(S) = \frac{\mu_B}{s + \mu_B}. \tag{3}$$

Среднее время пребывания системы в состоянии S_i рассчитывается по формуле

$$m_i = \int_0^\infty [1 - P_i(t)] dt$$

и равно соответственно

$$m_1 = \frac{1}{\lambda_p + \lambda_0}; m_2 = \frac{1}{\lambda_\phi + \mu_p}; m_3 = \frac{1}{\lambda_p + \mu_B}; m_4 = \frac{1}{\mu_B}. \tag{4}$$

Вероятности $Q_{ij}(t)$ перехода системы из состояния S_i в состояние S_j за время, не превышающее t , определяются как вероятности появления событий, переводящих систему из состояния S_i в состояние S_j раньше, чем появление другого события, выводящего систему из состояния S_i :

$$\begin{aligned}
 Q_{12}(t) &= \frac{\lambda_p}{\lambda_p + \lambda_0} [1 - e^{-(\lambda_p + \lambda_0)t}]; & Q_{31}(t) &= \frac{\mu_b}{\lambda_p + \mu_b} [1 - e^{-(\lambda_p + \mu_b)t}]; \\
 Q_{21}(t) &= \frac{\mu_p}{\lambda_\phi + \mu_p} [1 - e^{-(\lambda_\phi + \mu_p)t}]; & Q_{24}(t) &= \frac{\lambda_\phi}{\lambda_\phi + \mu_p} [1 - e^{-(\lambda_\phi + \mu_p)t}]; \\
 Q_{13}(t) &= \frac{\lambda_0}{\lambda_p + \lambda_0} [1 - e^{-(\lambda_p + \lambda_0)t}]; & Q_{34}(t) &= \frac{\lambda_p}{\lambda_p + \mu_b} [1 - e^{-(\lambda_p + \mu_b)t}]; \\
 Q_{41}(t) &= 1; \quad t > 0.
 \end{aligned}$$

Далее, преобразования Лапласа-Стилтьеса потребуются для определения вероятностей переходов:

$$\begin{aligned}
 \tilde{Q}_{12}(s) &= \frac{\lambda_p}{s + \lambda_p + \lambda_0}; & \tilde{Q}_{13}(s) &= \frac{\lambda_0}{s + \lambda_p + \lambda_0}; & \tilde{Q}_{24}(s) &= \frac{\lambda_\phi}{s + \lambda_\phi + \mu_p}; \\
 \tilde{Q}_{21}(s) &= \frac{\mu_p}{s + \lambda_\phi + \mu_p}; & \tilde{Q}_{31}(s) &= \frac{\mu_b}{s + \lambda_p + \mu_b}; & \tilde{Q}_{34}(s) &= \frac{\lambda_p}{s + \lambda_p + \mu_b}.
 \end{aligned} \tag{5}$$

Матрица P вероятностей переходов и вектор M средних времен пребывания системы в каждом состоянии имеют вид:

$$P = \begin{pmatrix} 0 & \frac{\lambda_p}{\lambda_p + \lambda_0} & \frac{\lambda_p}{\lambda_p + \lambda_0} & 0 \\ \frac{\mu_p}{\lambda_\phi + \mu_p} & 0 & 0 & \frac{\lambda_\phi}{\lambda_\phi + \mu_p} \\ \frac{\mu_b}{\lambda_p + \mu_b} & 0 & 0 & \frac{\lambda_p}{\lambda_p + \mu_b} \\ 1 & 0 & 0 & 0 \end{pmatrix};$$

$$M = \|m_i\| = \left\| \begin{pmatrix} 1 & 1 & 1 & 1 \\ \lambda_p + \lambda_0 & \lambda_\phi + \mu_p & \lambda_p + \mu_b & \mu_b \end{pmatrix} \right\|.$$

Коэффициенты готовности определяются как суммы стационарных вероятностей пребывания системы в состоянии нормального функционирования объектов управления

$$K_r^n = \frac{\Delta_1 m_1 + \Delta_2 m_2 + \Delta_3 m_3}{\Delta_1 m_1 + \Delta_2 m_2 + \Delta_3 m_3 + \Delta_4 m_4}, \tag{6}$$

где Δ_i — миноры, получаемые вычеркиванием i -го столбца и i -ой строки в определителе матрицы P .
Таким образом,

$$K_r^n = \frac{A + B + C}{A + B + C + H},$$

$$A = \frac{1}{\lambda_p + \lambda_0}; \quad B = \frac{\lambda_p}{(\lambda_\phi + \mu_p)(\lambda_p + \lambda_0)}; \quad C = \frac{\lambda_0}{(\lambda_p + \mu_b)(\lambda_p + \lambda_0)};$$

где

$$H = \frac{\lambda_p(\lambda_\phi + \mu_p - \mu_p \lambda_p + \mu_p \mu_b)}{\mu_b(\lambda_p + \mu_b)(\lambda_p + \lambda_0)}.$$

Зависимость коэффициента готовности K_r^d в динамическом режиме от интенсивности восстановления μ_b ИВС с функциональным АК при различных значениях коэффициента загрузки ρ , а также зависимости коэффициента готовности K_r^d в динамическом режиме от времени t при различных значениях интенсивности восстановления μ_b представлен на рис.2.

Из сравнительного анализа семейств зависимостей [3,4] $K_r^c = f(\mu_b)$; $K_r^d = f(\mu_b)$; $K_r^d = f(t)$ при одинаковых значениях λ_p и ρ можно сделать следующие выводы:

- 1) динамический режим исследования наиболее предпочтителен, чем стационарный, как наиболее точный, когда система исследуется на ограниченном интервале времени;
- 2) при выборе требуемого значения коэффициента готовности, необходимо совместное рассмотрение зависимостей $K_r^c = f(\mu_b)$ и $K_r^d = f(t)$ (рис.3). Это связано с тем, что возможен случай, когда требуемое значение коэффициента готовности K_r^d удовлетворяется по интенсивности восстановления μ_b , а по быстродействию не удовлетворяется, или требуемое значение коэффициента готовности K_r^d удовлетворяется по быстродействию, но не удовлетворяется по интенсивности восстановления μ_b .

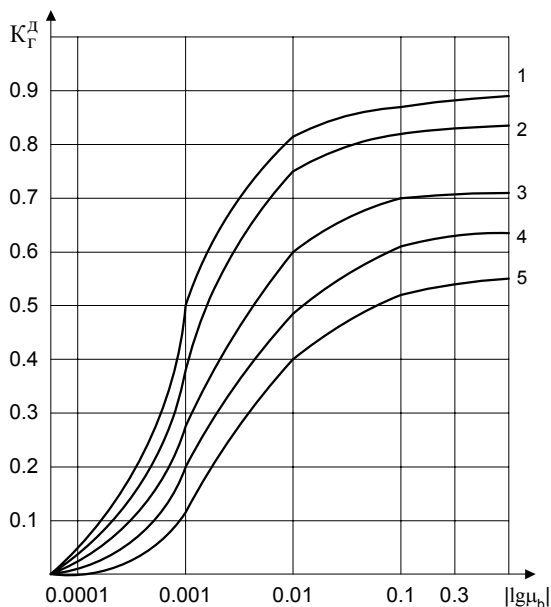


Рисунок 2 — Зависимость $K_r^d = f(\mu_b)$ при:

- 1) $\rho = 5 \cdot 10^{-4}$; 2) $\rho = 5 \cdot 10^{-3}$; 3) $\rho = 5 \cdot 10^{-2}$;
- 4) $\rho = 5 \cdot 10^{-1}$; 5) $\rho = 8 \cdot 10^{-1}$; $\lambda_p = 10^{-3}$

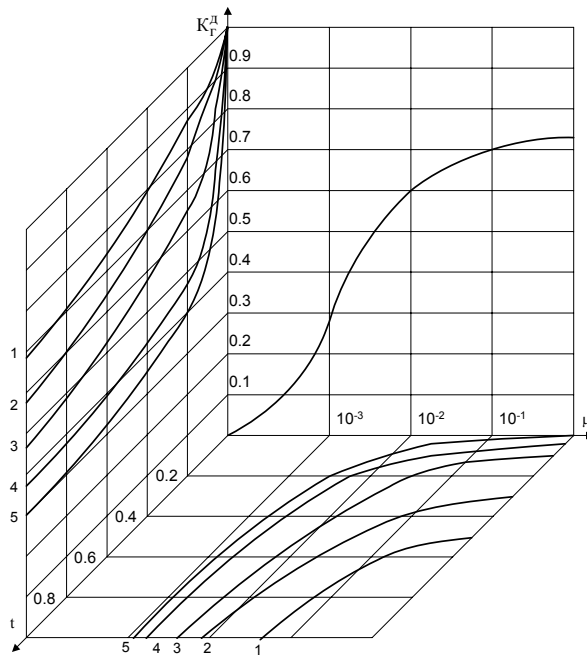


Рисунок 3 — Зависимости: $K_r^d = f(\mu_b)$,

$\rho = 5 \cdot 10^{-2}$; $\lambda_p = 10^{-3}$; $K_r^d = f(t)$ при:

- 1) $\mu_b = 1$; 2) $\mu_b = 10^{-1}$; 3) $\mu_b = 10^{-2}$; 4) $\mu_b = 10^{-3}$;
- 5) $\mu_b = 10^{-4}$; $\lambda_p = 10^{-3}$; $\rho = 5 \cdot 10^{-2}$; $\mu_b = f(t)$, $\lambda_p = 10^{-3}$;
- $\rho = 5 \cdot 10^{-2}$

Функции $\Phi_i(t)$ распределения времени пребывания ИВС во множестве состояний нормального функционирования, через которые выражается функция $P(t)$ вероятности безотказной работы системы за время t , при условии, что начальным было состояние из этого множества, можно отыскать следующим образом. Система уравнений

$$\Phi_i(t) = \sum_{j=1}^3 \int_0^t \Phi_j(t-u) dQ_{ij}(u) + Q_{i4}(t),$$

в которой последнее слагаемое каждого уравнения соответствует непосредственному переходу из начального состояния в отказовое, а остальные слагаемые соответствуют переходу в отказовое состояние через промежуточные состояния S_j ($j=1,2,3$) с помощью преобразований Лапласа-Стилтьеса переводится в систему алгебраических уравнений, которая упрощается с учетом свойства

$$P_i(t) = \sum_{j=1}^4 Q_{ij}(t)$$

полумарковских процессов

$$\begin{aligned} \tilde{\Phi}_1(s) &= \tilde{P}_1(s) + \tilde{Q}_{12}(s)[\tilde{\Phi}_2(s) - 1] + \tilde{Q}_{13}(s)[\tilde{\Phi}_3(s) - 1]; \\ \tilde{\Phi}_2(s) &= \tilde{P}_2(s) + \tilde{Q}_{21}(s)[\tilde{\Phi}_1(s) - 1]; \\ \tilde{\Phi}_3(s) &= \tilde{P}_3(s) + \tilde{Q}_{31}(s)[\tilde{\Phi}_1(s) - 1]. \end{aligned} \tag{7}$$

Поскольку ИВС из отказового состояния S_4 может перейти только в состояние S_1 (см.рис.1), то последнее следует считать начальным состоянием при вычислении функции $\Phi_1(t)$ распределения времени пребывания системы в состояниях нормального функционирования. При этом условии функция вероятности безотказной работы системы может быть определена из соотношения $P(t)=1 - \Phi_1(t)$ При решении системы уравнений (7) $\tilde{\Phi}_i(s)$ можно получить

$$\Phi_1(s) = \frac{(\lambda_p + \lambda_0)(s + \lambda_\phi + \mu_p)(s + \lambda_p + \mu_B) - (s + \lambda_p + \mu_B)(\lambda_p(s + \mu_p)) - (s + \lambda_\phi + \mu_p)(\lambda_0(s + \mu_B))}{(s + \lambda_p + \lambda_0)(s + \lambda_\phi + \mu_p)(s + \lambda_p + \mu_B) - \lambda_p\mu_p(s + \lambda_p + \mu_B) + \mu_B\lambda_0(s + \lambda_\phi + \mu_p)}$$

Для удобства перехода от функции $\tilde{\Phi}_1(s)$ к ее оригиналу целесообразно вместо переменных $\lambda_p, \lambda_0, \lambda_\phi, \mu_p, \mu_B$ воспользоваться их численными значениями. Для этого необходимо учитывать специфику функционирования конкретной ИВС при решении определенных задач.

Синтез математической модели надежности ИВС-АК при реальных условиях

В отличие от ранее рассмотренной идеальной модели, в реальной модели будут присутствовать особенности, обусловленные реальным характером работы АК: существует вероятность $P_{ло}$ классификации исправной систем как неисправной и, с вероятностью $P_{но}$, не обнаружения АК отказа системы. Введем вероятности восстановления P_B и не восстановления $(1-P_B)$ отказавшей системы. Вероятности $P_{ло}$ и $P_{но}$ называют соответственно ошибками первого и второго рода. С учетом того, что в этой модели свойства всех потоков соответствуют описанным выше, представим реальную модель системы в виде графа (рис.4).

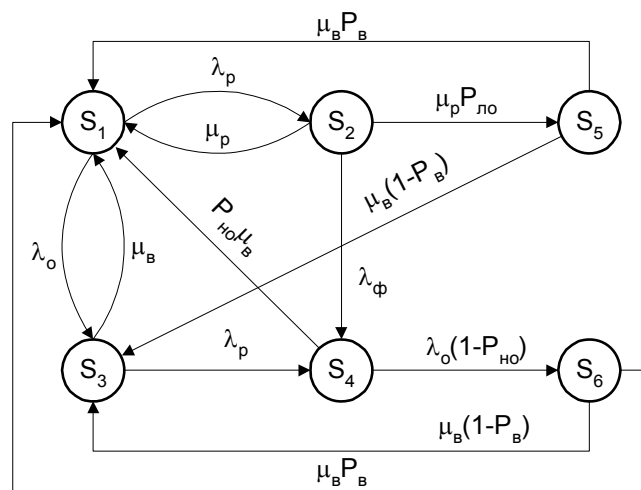


Рисунок 4 — Граф состояний

Вершины графа соответствуют следующим состояниям системы: S_1 — система исправна и находится в дежурном состоянии; S_2 — система исправна и находится в рабочем состоянии; S_3 — система неисправна и находится в дежурном состоянии; S_4 — система неисправна и находится в рабочем состоянии; S_5 — система фактически исправна, но забракована автоматом контроля и избыточно восстанавливается; S_6 — неисправная система классифицируется исправной.

Вероятностный граф (см.рис.4) можно отразить системой дифференциальных уравнений:

$$\begin{aligned} \frac{dP_1(t)}{dt} &= -(\lambda_p + \lambda_0)P_1(t) + \mu_p P_2(t) + \mu_b P_3(t) + P_{но} \mu_b P_4(t) + \mu_b P_b (P_5(t) + P_6(t)); \\ \frac{dP_2(t)}{dt} &= -(\mu_p + \lambda_\phi + \mu_p P_{ло})P_2(t) + \lambda_p P_1(t); \\ \frac{dP_3(t)}{dt} &= -(\mu_b + \lambda_p)P_3(t) + \lambda_0 P_1(t) + (1 - P_b) \mu_b (P_5(t) + P_6(t)); \\ \frac{dP_4(t)}{dt} &= -(P_{но} \mu_b + (1 - P_{но}) \lambda_0)P_4(t) + \lambda_\phi P_2(t) + \lambda_p P_3(t); \\ \frac{dP_5(t)}{dt} &= -(\mu_b P_b + (1 - P_b) \mu_b)P_5(t) + \mu_p P_{ло} P_2(t); \\ \frac{dP_6(t)}{dt} &= -(\mu_b P_b + (1 - P_b) \mu_b)P_6(t) + (1 - P_{но}) \lambda_0 P_4(t). \end{aligned} \tag{8}$$

Запишем систему (8) для исследования в стационарном и динамическом режимах соответственно:

$$\begin{aligned} (\lambda_p + \lambda_0)P_1 &= \mu_p P_2 + \mu_b P_3 + P_{но} \mu_b P_4 + \mu_b P_b (P_5 + P_6); \\ (\mu_p + \lambda_\phi + \mu_p P_{ло})P_2 &= \lambda_p P_1; \\ (\mu_b + \lambda_p)P_3 &= \lambda_0 P_1 + (1 - P_b) \mu_b (P_5 + P_6); \\ (P_{но} \mu_b + (1 - P_{но}) \lambda_0)P_4 &= \lambda_\phi P_2 + \lambda_p P_3; \\ (\mu_b P_b + (1 - P_b) \mu_b)P_5 &= \mu_p P_{ло} P_2; \\ (\mu_b P_b + (1 - P_b) \mu_b)P_6 &= (1 - P_{но}) \lambda_0 P_4; \\ \sum_{i=1}^6 P_i &= 1. \end{aligned} \tag{9}$$

$$\begin{aligned} P_1(t) &= 1 - e^{-t(\lambda_p + \lambda_0)}; & P_4(t) &= 1 - e^{-t(P_{но} \mu_b + (1 - P_{но}) \lambda_0)}; \\ P_2(t) &= 1 - e^{-t(\mu_p + \lambda_\phi + \mu_p P_{ло})}; & P_5(t) &= 1 - e^{-t(\mu_b P_b + (1 - P_b) \mu_b)}; \\ P_3(t) &= 1 - e^{-t(\mu_b + \lambda_p)}; & P_6(t) &= 1 - e^{-t(\mu_b P_b + (1 - P_b) \mu_b)}. \end{aligned} \tag{10}$$

При исследовании математической модели "ИВС-АК" с учетом ошибок первого и второго рода в соответствии с методикой для исследования идеальной модели определим зависимости коэффициентов готовности K_r^c и K_r^d от характеристик системы. Можно отметить, что:

- 1) при определенных значениях μ_b (10^{-2} ; 10^{-3}) значения K_r^c и K_r^d существенно отличаются, на участке $\mu = \sup \mu_b$ (сравнение производится при $\rho = \frac{\lambda_p}{\mu_p} = \text{const}$) значения K_r^c и K_r^d существенно не отличаются;
- 2) если работа ИВС со встроенным функциональным АК анализируется на длительном участке времени, то наиболее предпочтителен стационарный режим исследования. Если же работа системы анализируется на отрезке времени $t = t_{кон}$, то наиболее предпочтителен второй режим исследования — динамический.

Проведем сравнение зависимостей коэффициентов готовности в стационарном K_r^c и в динамическом K_r^d режимах от интенсивности восстановления μ_b с учетом ошибок первого и второго рода. При одинаковых значениях интенсивности восстановления μ_b меньшее значение коэффициентов готовности K_r^c и K_r^d оказывается у системы с учетом ошибки первого и второго рода. В зависимости от варьирования значений вероятностей $P_{ло}$, $P_{но}$, P_b , при неизменных значениях входного информационного потока, изменяется характер зависимостей $K_r^c = f(\mu_b)$; $K_r^d = f(\mu_b)$; $K_r^d = f(t)$ (рис.5).

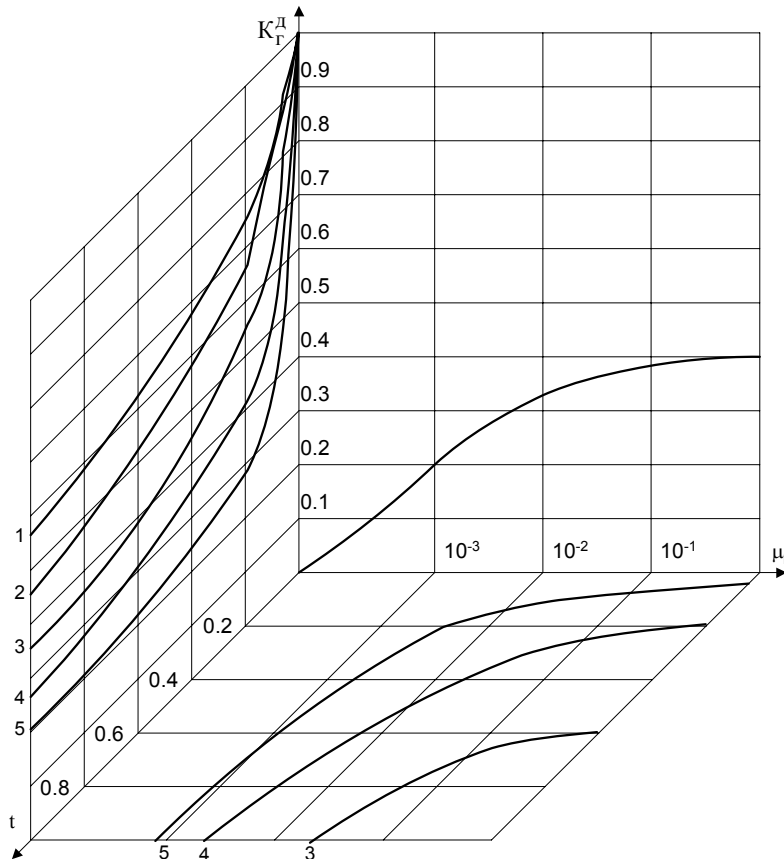


Рисунок 5 — Зависимости: $K_r^d = f(\mu_b)$, $\rho = 5 \cdot 10^{-2}$; $\lambda_p = 10^{-3}$; $P_{ло} = 0.4$; $P_{но} = 0.4$; $P_b = 0.2$; $K_r^d = f(t)$ при:
 1) $\mu_b = 1$; 2) $\mu_b = 10^{-1}$; 3) $\mu_b = 10^{-2}$; 4) $\mu_b = 10^{-3}$; 5) $\mu_b = 10^{-4}$; $\lambda_p = 10^{-3}$; $\rho = 5 \cdot 10^{-2}$; $P_{ло} = 0.4$;
 $P_{но} = 0.4$; $P_b = 0.2$; $\mu_b = f(t)$, $\lambda_p = 10^{-3}$; $\rho = 5 \cdot 10^{-2}$, с учетом ошибок 1^{го} и 2^{го} рода.

Анализ совместных зависимостей $K_r^c = f(\mu_b)$ и $K_r^d = f(t)$ (см.рис.3 и рис.5) при одинаковых значениях λ_p ; ρ ; $P_{ло}$, $P_{но}$, P_b , приводит к выводам, что:

- 1) возможен случай, когда по быстрдействию достигается высокий уровень значения коэффициента готовности, а по интенсивности восстановления этот уровень достигнут быть не может;
- 2) из анализа зависимостей $\mu_b = f(t)$ можно выбрать необходимое для конкретного случая значение коэффициента готовности, удовлетворяющего обеим зависимостям $K_r^c = f(\mu_b)$ и $K_r^d = f(t)$;
- 3) из анализа семейств зависимостей $\mu_b = f(t)$ видно, что с течением времени, значение интенсивности восстановления μ_b уменьшается. И это действительно так, поскольку система в рабочем состоянии занята обработкой пакета заявок;

- 4) зависимость $\mu_b=f(t)$ была построена на основании совместного решения зависимостей $K_r^c = f(\mu_b)$ и $K_r^d = f(t)$.

Представленной работой авторы обращают внимание [5] проектировщиков информационно-вычислительных систем на необходимость одновременно-взаимного проектирования аппаратно-программного обеспечения, как непосредственно объекта контроля, так и встроенных средств поддержки его безотказного функционирования.

Список использованной литературы

1. Самойленко А.П. Надежность, эргономика, качество автоматизированных радиоэлектронных систем и систем обработки информации и управления / А.П. Самойленко, А.В. Оводенко, П.А. Петрушкевич. — Донецк-Таганрог: Изд-во ДонТУ, 2008. — 198 с.
2. Оводенко А.В. Интегральная модель оценки надежности характеристик управляющего вычислительного комплекса / А.В. Оводенко // Вісник інженерної академії України. — 2009. — Вип. 2. — С. 25–30.
3. Оводенко А.В. Концептуальный подход к системному проектированию / А.В. Оводенко // Вісник інженерної академії України. — 2009. — Вип. 3-4. — С. 282–287.
4. Оводенко А.В. Технология конструирования интегрального критерия эффективности информационно-вычислительных и телекоммуникационных систем АСУ ТП / А.В. Оводенко, А.П. Самойленко // Информационно-управляющие системы на железнодорожном транспорте. — 2009. — 6(79). — С. 3–8.
5. Оводенко А.В. Системный мониторинг методов диагностики сложных систем / А.В. Оводенко, А.П. Самойленко // Информационно-управляющие системы на железнодорожном транспорте. — 2010. — 2(81). — С. 36–42.
6. Оводенко А.В. Синтез локально-мобильной системы контроля динамического состояния железнодорожного состава / А.В. Оводенко, А.П. Самойленко // Информационно-управляющие системы на железнодорожном транспорте. — 2011. — № 2(8). — С. 48–57.

Надійшла до редакції:
15.02.2012 р.

Рецензент:
д-р техн. наук, проф. Чичикало Н.І.

A.V. Ovodenko. Integrated models for the interaction of information and computing systems and machine control and diagnostics of dynamic management objects. In this paper we proposed and studied a model of reliability characteristics calculation of multiprocessor computers, taking into account the impact on resource efficiency characteristics of the flow of failures, the input of information flows, reliability, embedded controls and character the tasks.

Keywords: model, reliability, failure, information flow, performance, resource.

A.V. Оводенко. Інтегральні моделі взаємодії між інформаційно-обчислювальною системою (ІОС) та автоматом контролю і діагностики динамічних об'єктів управління. У роботі запропонована і досліджена модель розрахунку надійнісних характеристик мультипроцесорних обчислювальних машин з урахуванням впливу на ресурс працездатності характеристик потоку відмовлень, вхідних інформаційних потоків, надійності убудованих засобів контролю і характеру задач.

Ключові слова: модель, надійність, відмова, інформаційний потік, працездатність, ресурс.

© Оводенко А.В., 2012