

УДК 002.23: 681.3.016

© Зорин Э.Ф., Антонов С.Г., Рыжов Б.С., Семёнов А.Н.  
Zorin E., Antonov S., Ryzhov B., Semyonov A.

## ДИНАМИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ КОНТРОЛЯ ПРОЦЕССА НАКОПЛЕНИЯ ИНФОРМАЦИИ В БАЗЕ ДАННЫХ ИНФОРМАЦИОННО-СПРАВОЧНОГО КОМПЛЕКСА АС ВН

### DYNAMIC MODEL OF THE CONTROL OF PROCESS OF ACCUMULATION OF THE INFORMATION IN THE DATABASE OF THE DIRECTORY COMPLEX EXPERT AS MO

**Аннотация.** В статье рассматривается динамическая модель контроля процесса накопления и поддержания в актуальном состоянии базы данных информационно-справочного комплекса автоматизированной системы военного назначения (АС ВН).

Приведены аналитические соотношения расчёта основных показателей оценки эффективности процесса накопления информации в базе данных информационно-справочного комплекса, полученные на основе решения системы дифференциальных уравнений Колмогорова.

Реализация динамической модели обеспечивает возможность получения адекватных количественных оценок процесса накопления информации в базе данных информационно-справочного комплекса АС ВН.

**Annotation.** In article the dynamic model of the control of process of accumulation and maintenance in an actual condition of a database of a directory complex of the automated military-oriented system (AS MO) is considered.

Analytical parities of calculation of the basic indicators of an estimation of efficiency of process of accumulation of the information in a database of the directory complex, the systems of the differential equations of Kolmogorov received on the basis of the decision are resulted.

Realisation of dynamic model provides possibility of reception of adequate quantitative estimations of process of accumulation of the information in a database of a directory complex AS MO.

**Ключевые слова.** Система массового обслуживания, случайная функция, интенсивность потока требований, показатели эффективности.

**Key words.** System of mass service, stochastic function, intensity of a stream of requirements, efficiency indicators.

#### Актуальность решаемой задачи

Формирование динамической модели контроля процесса накопления и поддержания в актуальном состоянии базы данных информационно-справочного комплекса АС ВН представляет собой актуальную достаточно сложную научно-техническую задачу как с точки зрения разработки специального программного и технического обеспечения, так и с точки зрения ввода и контроля в базе данных больших объемов информации.

Технологическое обеспечение и эксплуатация автоматизированной базы данных информационно-справочного комплекса предусматривает определение всех процедур преобразования информации, начиная от ее поступления в базу данных, контроля и хранения данных и кончая передачей потребителю необходимой информации.

Одним из основных функциональных элементов автоматизированной базы данных информационно-

Зорин Эдуард Фёдорович – кандидат технических наук, старший научный сотрудник, ведущий научный сотрудник, 4 ЦНИИ Минобороны России, тел. (495) 515-64-28;

Антонов Сергей Григорьевич – начальник отдела, 4 ЦНИИ Минобороны России;

Рыжов Борис Сергеевич – кандидат технических наук, доцент, старший научный сотрудник, 4 ЦНИИ Минобороны России;

Семёнов Алексей Николаевич – старший научный сотрудник, 4 ЦНИИ Минобороны России.

Zorin Eduard – Cnd.Sci.Tech., lecturer, the senior scientific employee 4 Central scientific research institute Ministry of defence of Russia, tel. (495) 515-64-28;

Antonov Sergey – the chief of department, 4 Central scientific research institute Ministry of defence of Russia;

Ryzhov Boris – Cnd. Sci.Tech., high scientific employee, 4 Central scientific research institute Ministry of defence of Russia,

Semyonov Alexey – high scientific employee, 4 Central scientific research institute Ministry of defence of Russia.

справочного комплекса АС ВН является ее справочно-информационный фонд.

Справочно-информационный фонд автоматизированной базы данных информационно-справочного комплекса представляет собой хранилище информации и предназначен для решения задач учета и накопления информации, ее хранения и контроля, своевременного исключения из информационно-справочного фонда и выдачи информации потребителям.

**Постановка задачи и технология ее решения**

С точки зрения технологии накопления информации в базе данных информационно-справочного комплекса АС ВН базу данных можно рассматривать как некоторое хранилище, в которое поступают информационные данные и по истечении некоторого времени они из него извлекаются.

В общем случае модель функционирования базы данных информационно-справочного комплекса в режиме накопления и изъятия данных можно рассматривать как модель накопления информации в базе данных, когда интенсивность поступления информации в базу данных равна  $\lambda(t)$ , а интенсивность изъятия из базы  $\mu(t)$ .

В рассматриваемой модели накопления информации предполагается, что каждый входной поток информации в базу данных и поток изъятия этой информации являются пуассоновскими. Как показывает практика, указанные допущения не приводят к сколько-нибудь большей погрешности функционирования комплекса [2].

При этих допущениях исследуемый процесс накопления информации будет дискретным марковским случайным процессом с непрерывным временем, множеству состояний которого  $\{x_0, x_1, x_2, \dots, x_n\}$  ставится в соответствие ряд целых неотрицательных чисел  $\{0, 1, 2, \dots, n\}$ , характеризующих массив информации, накопленной в базе данных. В этом случае для любого состояния процесса накопления информации соседними могут быть только те, индексы которых отличаются от индекса рассматриваемого состояния на величину  $\pm 1$ .

С учетом изложенного процесс накопления информации в базе данных информационно-справочного комплекса представляет собой случайную кусочно-непрерывную функцию  $X(t)$ , изменения которой могут принимать значения  $\pm 1$  в интервале  $0 < X(t) < n$ . Начальное значения этой функции соответствует состоянию базы данных, когда в ней нет информации, т.е.  $X(t_0) = 0$ . Конечное значение функции  $X(t_k) = n$ , что соответствует состоянию, когда база данных полностью заполнена.

Иллюстрация случайной функции  $X(t)$ , описывающей процесс накопления информации в базе данных информационно-справочного комплекса, представлена на рис. 1.

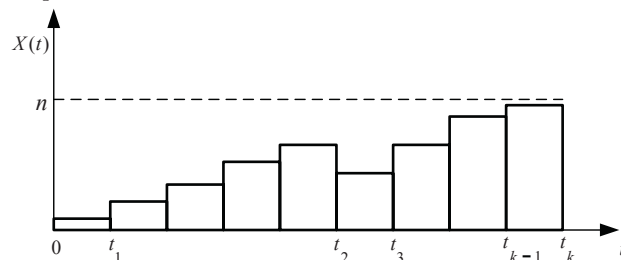


Рис. 1. Иллюстрация процесса накопления информации в базе данных информационно-справочного комплекса

Получение количественных характеристик технологии накопления информации [5] в базе данных информационно-справочного комплекса АС ВН может быть осуществлено на основе графа состояния исследуемого процесса накопления информации, представленного на рис. 2.

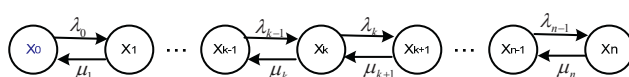


Рис. 2. Граф состояний процесса накопления информации в базе данных информационно-справочного комплекса АС ВН

В соответствии с представленным графом состояний система дифференциальных уравнений Колмогорова для определения вероятностей состояний базы данных будет иметь вид

$$\begin{cases} \frac{dp_0(t)}{dt} = -\lambda_0 p_0(t) + \mu_1 p_1(t); \\ \dots \\ \frac{dp_k(t)}{dt} = -(\lambda_k + \mu_k) p_k(t) + \lambda_{k-1} p_{k-1}(t) + \mu_{k+1} p_{k+1}(t); \\ \dots \\ \frac{dp_n(t)}{dt} = \lambda_{n-1} p_{n-1}(t) - \mu_n p_n(t), \end{cases} \quad (1)$$

где  $p_0(t)$  – вероятность того, что в момент времени  $t_0$  база данных свободна;

$p_k(t)$  – вероятность того, что в момент времени  $t_k$  в базе данных находится  $k$  данных;

$p_n(t)$  - вероятность того, что в момент времени  $t_n$  в базе данных находится  $n$  данных.

Эта система уравнений дополняется условием нормировки  $\sum_{k=0}^n p_k(t) = 1$ .

В общем случае, когда на число состояний  $K_i$  ( $i=0, 1, 2, \dots, n$ ) процесса накопления информации в базе данных ограничений не накладывается, интенсивность потока входных данных  $\lambda_k$  характеризуется величиной

$\lambda_k = \lambda$ , а интенсивность изъятия данных  $\mu_k$  из базы данных, находящейся в состоянии  $X_k$ , будет характеризоваться величиной  $\mu_k = k\mu$ , где  $\mu$  – интенсивность изъятия из базы данных информационного слова (данных).

Основными характеристиками процесса накопления информации в базе данных информационно-справочного комплекса являются математическое ожидание  $m_x(t)$  и дисперсия  $D_x(t)$  числа накопленных данных на момент времени  $t$ .

Математическое ожидание  $m_x(t) = \sum_{n=0}^m K P_n(t)$  случайной функции  $X(t)$  представляется возможным определить из системы дифференциальных уравнений (1) путем умножения выражения для  $dp_k(t)/dt$  на  $K$  и проведения суммирования для всех состояний  $K_i$ .

В результате выполнения указанных операций зависимость для определения математического ожидания  $m_x(t)$  будет иметь вид

$$\sum_{k=0}^m K P_n(t) = \sum_{k=0}^m K \{ -(\lambda_{x_k} + \mu_{x_k}) p_k(t) + \lambda_{x_{k-1}} p_{k-1}(t) + \mu_{x_{k+1}} p_{k+1}(t) \}. \quad (2)$$

С учетом равенств  $\sum_{k=0}^n p_k(t) = 1$ ,  $\sum_{k=0}^n K \cdot p_k(t) = m_x(t)$  (3)

уравнение (2) путем алгебраических преобразований может быть приведено к виду

$$\frac{dm_x(t)}{dt} = \lambda_x - \mu_x m_x(t). \quad (4)$$

Дисперсию  $D_x(t)$  случайной функции  $X(t)$  целесообразно рассчитывать посредством определения начального момента второго порядка  $\alpha_{2x}(t) = \sum_{k=0}^m K^2 P_n(t)$  путем умножения уравнения  $dp_k(t)/dt$  на  $K^2$  и проведения суммирования для всех состояний  $K_i$

$$\alpha_{2x}(t) = \sum_{k=0}^m K^2 \frac{dp_k(t)}{dt} = \sum_{k=0}^n K^2 \{ -(\lambda + k\mu) p_k(t) + \lambda_{k-1} p_{k-1}(t) + (k+1)\mu p_{k+1}(t) \} \quad (5)$$

(с учетом равенства  $d_{2x} = \sum_{k=0}^m K^2 P_n(t)$  и равенства (3), уравнение (5) в результате алгебраических преобразований проводится к виду

$$\frac{d\alpha_{2x}(t)}{dt} = -2\mu\alpha_{2x}(t) + (2\lambda + \mu)m_x(t) + \lambda. \quad (6)$$

Известно [6], что значение случайной функции  $D_x(t)$  определяется из соотношения

$$D_x(t) = \alpha_{2x}(t) - m_x^2(t). \quad (7)$$

Дифференцируя соотношение (7) и проводя алгебраические преобразования с учетом зависимостей (4) и (6), получим

$$\frac{dD_x(t)}{dt} = -2\mu[\alpha_{2x}(t) - m_x^2(t)] + \mu m_x(t) + \lambda. \quad (8)$$

С учетом состояния (7) окончательное выражение для определения  $dD_x(t)/dt$  будет иметь вид

$$\frac{dD_x(t)}{dt} = -2\mu D_x(t) + \mu m_x(t) + \lambda. \quad (9)$$

В полученных соотношениях (4) и (9), параметры  $\lambda$  и  $\mu$ , характеризующие интенсивности входных и выходных потоков данных, в общем случае являются функциями времени.

Определение математического ожидания  $m_x(t)$  и дисперсии  $D_x(t)$  числа накопленных данных осуществляется численными способами решения дифференциальных уравнений (4), (9) с помощью программно-инструментальных комплексов «Mathematica» и «Maple», имеющихся в пакетах прикладных программ информационно-справочного комплекса АС ВН.

Возможные допустимые значения характеристик, накопленные в базе данных информационно-программного комплекса, определяется из соотношения  $n(t_i) = m_x(t) \pm 3\sigma_x(t)$ ,

где  $\sigma_x(t_i) = \sqrt{D_x(t_i)}$ .

Графическое представление процесса накопления информации в базе данных информационно-справочного комплекса АС ВН, характеризуемого математическим ожиданием  $m_x(t)$  и дисперсией  $D_x(t)$  накопленных данных, представлено на рис. 3.

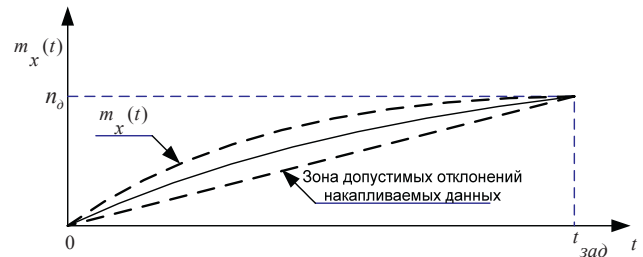


Рис. 3. Графическое представление процесса накопления информации в базе данных информационно-справочного комплекса АС ВН

Рассмотренная модель обеспечивает возможность получения адекватных количественных оценок характеристик процесса накопления информации в базе данных информационно-справочного комплекса. Следует отметить, что в общем случае, когда характеристики входных и выходных потоков данных являются функциями времени, получение этих оценок представляет собой достаточно трудоёмкую задачу.

Для практики представляет интерес стационарный режим процесса накопления информации в базе данных информационно-справочного комплекса. В этом случае интенсивности входных и выходных потоков данных  $\lambda$  и  $\mu$ , являются постоянными величинами.

При принятых допущениях в пуассоновском зако-

не распределения случайной функции  $X(t)$ , описывающей процесс накопления информации информационно-справочного комплекса и постоянстве характеристик  $\lambda$  и выходных  $\mu$  потоков данных, зависимости (4), (9) для определения математического ожидания  $m_x(t)$  и дисперсией  $D_x(t)$  существенно упрощаются [3,7] и принимают вид

$$m_x(t) = \frac{\lambda}{\mu} (1 - e^{-\mu t}); \quad (10)$$

$$D_x(t) = \frac{\lambda}{\mu} (1 - e^{-\mu t}); \quad (11)$$

где  $t$  – время контроля состояния базы данных информационно-справочного комплекса.

Полученные соотношения, в силу принятых допущений, являются частным случаем динамической модели контроля процесса накопления информации в базе данных информационно-справочного комплекса.

Реализация их алгоритмов обеспечивает возможность оперативного получения оценок, характеристик для стационарного процесса накопления информации в базе данных информационно-справочного комплекса с приемлемой для практики точностью.

### Выводы

Из изложенного следует:

1. Накопление информации в базе данных информационно-справочного комплекса АС ВН представляет собой достаточно сложную научно-техническую задачу как с точки зрения создания специального программного обеспечения средств формирования, кон-

троля и поддержания в актуальном состоянии базы данных комплекса, так и с точки зрения ввода в базу данных больших объемов информации.

2. Решение этой задачи представляется обоснованным осуществлять на основе методов теорий вероятностей и массового обслуживания, обеспечивающих возможность определения количественных характеристик процесса накопления информации в базе данных информационно-справочного комплекса и выражения их через параметры, характеризующие входящие и исходящие потоки данных.

3. Рассмотренная динамическая модель технологии накопления информации в базе данных и приведенные аналитические соотношения обеспечивают возможность получения адекватных с погрешностями, не превышающими предельно допустимых значений, количественных оценок процесса накопления информации в базе данных информационно-справочного комплекса.

4. Реализация рассмотренной модели обеспечивает возможность контроля процесса накопления информации в базе данных информационно-справочного комплекса, что способствует обнаружению несанкционированных воздействий на информационно-телекоммуникационные системы в процессе их функционирования и предопределяет необходимость принятия соответствующих мер по защите информации от несанкционированного доступа и в случае необходимости осуществлять актуализацию базы данных комплекса.

### Литература

1. Мартин Дж. Организация баз данных в вычислительных системах. М.: - Мир, 1978.
2. Тараканов КВ, Овчаров ЛА, Тырышкин АН. Аналитические методы исследования систем. М.: - Сов. Радио, 1975.
3. Овчаров ЛГ., Селетков С.Н. Автоматизированные банки данных. М.: - Финансы и статистика, 1982.
4. Зотов ВП., Гаврилов ВМ. Основы теории вероятностей. Математическая статистика и методы статистического моделирования. М.: - ВИА имени Ф.Э. Дзержинского, 1967.
5. Новиков ОА, Петухов С.И. Прикладные вопросы теории массового обслуживания. М., Сов. Радио, 1965.
6. Казаков ИМ, Матковский ИИ., Колинченко БА. Основы теории вероятностей. Выпуск №1. М.: - ВИА имени Ф.Э. Дзержинского, 1967.
7. Шор ЯБ. Статистические методы анализа и контроля качества и надёжности. М.: - Сов. Радио, 1965.

Материал поступил в редакцию 29. 12. 2012 г.