

УДК 65.012.45

**В.А. ПОПОВ, М.В. СКРИННИК**

*Национальный аэрокосмический университет им. Н.Е. Жуковского «ХАИ»*

## **МОДЕЛЬ АВТОМАТИЗАЦИИ ДОКУМЕНТООБОРОТА В СИСТЕМЕ УПРАВЛЕНИЯ ПРЕДПРИЯТИЕМ**

Предложена вероятностная модель документооборота между отделами управления промышленного предприятия на основе разомкнутой сети массового обслуживания в стационарном режиме в виде однородного марковского процесса. Приведен пример реализации модели документооборота с типовыми отделами системы управления.

**система управления, вероятностная модель, документооборот, сеть массового обслуживания**

### **Введение**

Процессы функционирования АСУ в значительной степени определяются процессами функционирования управляемой системы, в связи с чем необходимы единые средства системного описания и исследования. При глубокой автоматизации возрастают требования к предварительному исследованию поведения управляемой системы, а также возрастают требования к гибкости программных средств для их оперативной адаптации к изменяющемуся регламенту функционирования управляемого объекта [1]. Для описания процессов в АСУ широко используют сети Петри, которые достаточно наглядны, но громоздки при формализации процессов. Производственные системы и их разновидность – таблицы решений – снимают эти затруднения, поскольку являются универсальным средством программирования, особенно эффективным в задачах со сложной логикой, какими являются задачи календарного планирования и моделирования, поведения. Алгебра динамических таблиц решений позволяют оценивать оперативность моделирования и оптимизировать структуру этих таблиц.

Однако для ранних стадий проектирования АСУ для объектов различного профиля важным является получение формального описания потоковых процессов, без детального анализа элементов этих по-

токов связи между ними и их практической интерпретации.

Совершенствование методов управления является одной из основных задач, от решения которой зависит степень прогресса предприятия.

С каждым годом неизбежно растет и усложняется интенсивность обмена информацией на предприятии, в связи с чем большую актуальность приобретает проблема создания методов описания, анализа и исследования потоков информации [2]. Для ее решения рассматриваются анализ организации; совершенствование схемы документооборота; разработка автоматизированных систем информационного обеспечения [3]. Изучение потоков информации дает общее представление о функционировании объектов управления и является первым шагом в анализе организации. На данном этапе возможно решение ряда задач относительно улучшения схемы документопотоков. Дальнейшее исследование информационных потоков позволяет выявить элементы информационного отображения объекта, отношения между ними, структуру и динамику потоков информации.

В этой связи становится необходимым решение ряда актуальных задач:

- описание предприятия и выделение в нем документооборота как носителя всей необходимой информации в системе управления;

- анализ документооборота для определения его основных параметров;
- оценка полученных параметров и разделение общего потока документооборота на обработку человеком и электронную обработку.

В связи с этим в данной работе предлагается вероятностная модель для потоковых процессов в производственной системе, в частности, для моделирования документооборота между отделами управления предприятия.

### **Документооборот в системе управления промышленного предприятия**

Каждое промышленное предприятие можно разделить на две основные подсистемы: производственную и управленческую [4]. Основным объемом работы управленческой подсистемы является прием, обработка и передача документов.

Не секрет, что документы, как носитель информации на предприятии, играют очень важную роль. Они выступают универсальным инструментом управления, обеспечивают взаимодействие между структурными подразделениями и отдельными сотрудниками, являются посредником между организацией и ее клиентами, партнерами и вышестоящими инстанциями. В процессах создания, движения, обработки, распространения и хранения документов так или иначе задействованы все участники бизнес-процессов – от рядовых сотрудников до руководителей. Если сравнивать организацию с живым организмом, то документооборот по своей сути выполняет функции его кровеносной системы. Поэтому от эффективности документооборота зависит успешная деятельность всего предприятия.

Все чаще для повышения качества работы с документами предприятия используют специальные комплексные информационные системы, что позволяет не только автоматизировать традиционное делопроизводство, но и выйти на более высокий уровень управления организацией и повысить ее корпо-

ративную культуру, а, следовательно, получить дополнительные конкурентные преимущества для достижения поставленных целей и успеха во внешней среде.

Системы электронного документооборота и автоматизации делопроизводства [5] ЕВФРАТ, «inTEAM:Делопроизводство», «LanDocs», «Power DOCS», «Office Media», «Документ-2000», «Effect Office», «Босс-Референт» и др. позволяют повысить эффективность деятельности организации, отдела, департамента, улучшить исполнительскую дисциплину, сэкономить время на всех этапах деятельности сотрудников, создать единое информационное и управленческое пространство на предприятии.

Таким образом, из краткого описания документооборота типового промышленного предприятия можно сделать вывод, что формализация этого процесса является актуальной задачей, так как при анализе потоков документооборота для управления и для сопровождения жизненного цикла необходимо определить рациональную информационную поддержку, что в настоящее время можно обеспечить специальными программными продуктами.

### **Обоснование модели расчета интенсивности потоков документооборота**

Документы проходят последовательно несколько элементов системы управления (отделы управления), каждый из которых можно представить определенной системой массового обслуживания (СМО). Поступающий документ представляет собой заявку в СМО, которая может не сразу обрабатываться, тем самым образуя очередь неопределенной длины. Различного рода хранилища документов определяют буфер в СМО. На основе этого примем следующие допущения [6]:

- 1) все элементы сети и вся сеть работают в стационарном режиме;
- 2) перед входом в каждый элемент сети может образовываться очередь неограниченной длины, и

каждый документ может ожидать обработки в течение неограниченного времени;

3) отделы управления в сети представляют собой СМО, между которыми осуществляются переходы документов от одного отдела к другому, образуя переходы марковского типа.

Для нашего примера вероятность попадания документа в следующий отдел зависит только от того, в каком отделе он находится в настоящее время, и не зависит от того, какие отделы он уже посетил. В этом смысле память (последействие) случайного процесса или цепи Маркова распространяется назад только на непосредственно предшествующее положение. Если  $X_n=j$ , то говорят, что в момент  $n$  система находится в состоянии  $E_j$ . Если документы поступают из внешней среды в некоторый нулевой отдел с некоторым начальным распределением вероятностей  $P[X_0=j]$ , то говорят, что переход из состояния  $E_{i(n-1)}$  на  $(n-1)$ -м шаге в состояние  $E_{in}$  на  $n$ -м шаге процесса произойдет с некоторой вероятностью перехода. Если известно начальное распределение вероятностей и вероятности переходов документооборота, то однозначно можно вычислить вероятность пребывания документа на  $n$ -м шаге в любом из возможных состояний (отделы управления). Если вероятности переходов не зависят от  $n$ , то цепь Маркова называется однородной.

Используя указанное выше марковское свойство, получим следующую формулу для вычисления вероятностей  $P_j$  (уравнение баланса) [7]:

$$P_j = \sum_{i=1}^N P_{ij} \cdot P_j, j = \overline{0, N}.$$

Документы могут поступать извне в любой элемент сети с вероятностью  $P_{0j}$ . Очевидно, что отделы управления, в которые могут поступать документы из элемента  $i$ , составляют полную группу состояний и поэтому

$$\sum_{j=0}^N P_{ij} = 1 \text{ для всех } i = \overline{0, N}; P_{00}=0.$$

Из описания сети следует, что последовательность прохождения элементов сети документом образует некоторую реализацию цепи Маркова со стохастической матрицей переходов:

$$\|\lambda_{ij}\| = \begin{vmatrix} P_{00} & P_{01} & P_{02} & \dots & P_{0N} \\ P_{10} & P_{11} & P_{12} & \dots & P_{1N} \\ P_{20} & P_{21} & P_{22} & \dots & P_{2N} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ P_{N0} & P_{N1} & P_{N2} & \dots & P_{NN} \end{vmatrix},$$

$$i = \overline{0, N}, j = \overline{0, N}, 0 \leq P_{ij} \leq 1.$$

Для примера на рис. 1 показан граф сети, вершинами которого являются отделы управления, а ребрами – потоки информации между отделами с вероятностью перехода (показаны все не нулевые вероятности переходов  $P_{ij} > 0$ ).

Элемент матрицы  $P_{ij}$  представляет вероятность перехода документа из элемента  $i$  в элемент  $j$ . Отметим, что может быть случай, когда  $i=j$ .

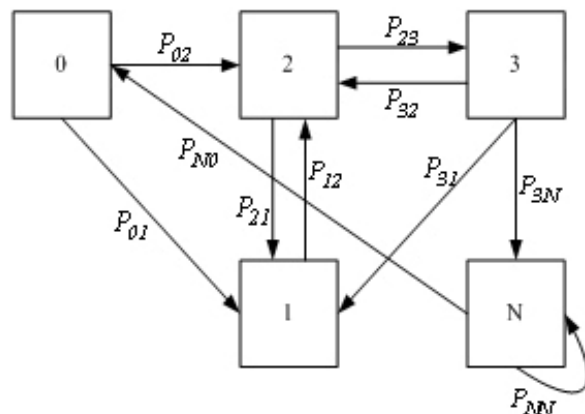


Рис. 1. Граф вероятности переходов между состояниями СМО

Пусть  $\lambda_i$  есть суммарная интенсивность входящего потока в элемент с номером  $i$ . Под интенсивностью подразумевается среднее число запросов, поступающих в элемент системы за единицу времени в установившемся режиме. Поскольку все элементы системы работают в установившемся режиме, а длина очереди и длительность ожидания неограниченны, то интенсивность выходящего потока  $i$ -го элемента также равна  $\lambda_i$ .

Ранее было принято, что вероятности передачи информации из  $i$ -го отдела в другой соответственно равны  $P_{i0}, P_{i1}, P_{i2}, \dots, P_{iN}$ . Отсюда следует, что интенсивность передачи информации из  $i$ -го элемента в  $j$ -й равна  $\lambda_i P_{ij}$ .

Таким образом, весь процесс распределения информации, выходящей из  $i$ -го элемента, и входящей информации для  $j$ -го элемента системы показан на рис. 2.

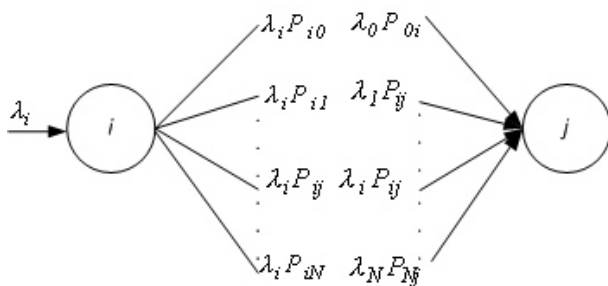


Рис. 2. Выходы  $i$ -го и входы  $j$ -го элементов графа

Следовательно, суммарный входной поток для любого  $j$ -го элемента сети можно представить уравнением баланса:

$$\lambda_j = \sum_{i=0}^N \lambda_i P_{ij}, j = \overline{0, N}. \quad (1)$$

Систему линейных алгебраических уравнений (1) с  $N$  неизвестными можно решать любыми существующими способом, но для большого числа  $N$  необходимо применить стандартные программные пакеты MathCAD, Math LAB и др., а при малом чис-

ле  $N$  ( $N < 10$ ), удастся найти решение в виде аналитических выражений через  $\lambda_0$ .

Выражение (1) представляет собой систему  $N+1$  линейных однородных уравнений относительно неизвестных  $\lambda_i$ . При этом  $\lambda_0$  – поток информации, поступающей в систему из внешней среды, считается известным. Решив систему уравнений (1) при следующих допущениях  $\sum_{i=1}^N P_i = 1$  и  $\sum_{i=1}^N P_{ij} = 1$ , полу-

чим величины интенсивностей  $\lambda_i$  входящего потока для каждого элемента сети.

Таким образом, получаем математическую модель в стационарном режиме с дискретными состояниями, с дискретным или непрерывным временем поступления заявки, с возвратными состояниями и вероятностями перехода из одного состояния в другое.

### Пример моделирования потока документооборота на основе выбранной модели

Пусть необходимо определить интенсивности документооборота между 4-мя отделами управления, которые будут автоматизироваться. Представим взаимодействие отделов в виде графа, вершинами которого являются отделы управления, а ребрами – потоки информации между отделами (рис. 3).

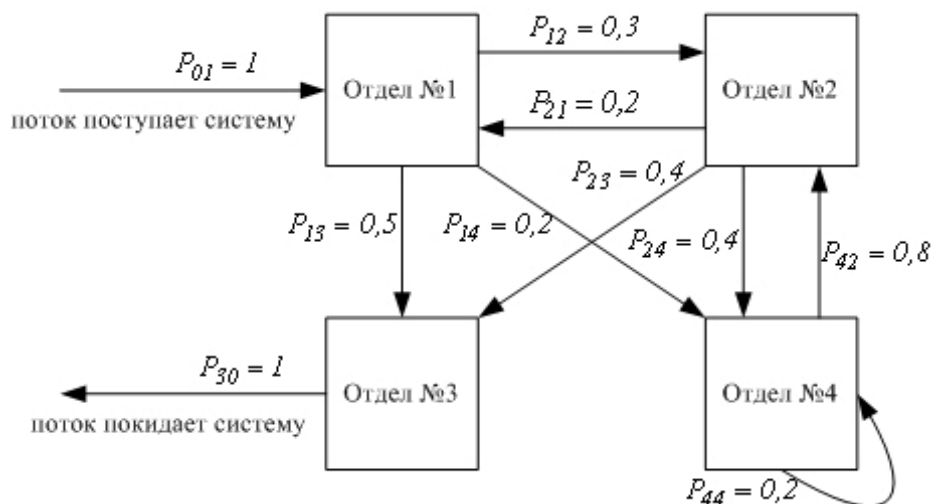


Рис. 3. Граф вероятности переходов между состояниями сети массового обслуживания

По полученному графу построим матрицу  $\|\lambda_{ij}\|$  вероятностей переходов между элементами сети СМО:

$$\|\lambda_{ij}\| = \begin{vmatrix} 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0,3 & 0,5 & 0,2 \\ 0 & 0,2 & 0 & 0,4 & 0,4 \\ 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0,8 & 0 & 0,2 \end{vmatrix}.$$

В реальной системе некоторый объем документов при прохождении по отделам оседает в них, при этом изменяется интенсивность потока [8]. В нашем случае учитывается оседание документов в отделах, но при условии, что на смену осевшему документу рождается новый документ и при этом интенсивность выходящего потока остается постоянной. При учете этого условия система остается стационарной и не нарушается ее целостность.

На основе математической модели (1) составим систему линейных уравнений для графа по рис. 3.

$$\begin{cases} \lambda_0 = P_{00} \cdot \lambda_0 + P_{10} \cdot \lambda_1 + P_{20} \cdot \lambda_2 + P_{30} \cdot \lambda_3 + P_{40} \cdot \lambda_4; \\ \lambda_1 = P_{01} \cdot \lambda_0 + P_{11} \cdot \lambda_1 + P_{21} \cdot \lambda_2 + P_{31} \cdot \lambda_3 + P_{41} \cdot \lambda_4; \\ \lambda_2 = P_{02} \cdot \lambda_0 + P_{12} \cdot \lambda_1 + P_{22} \cdot \lambda_2 + P_{32} \cdot \lambda_3 + P_{42} \cdot \lambda_4; \\ \lambda_3 = P_{03} \cdot \lambda_0 + P_{13} \cdot \lambda_1 + P_{23} \cdot \lambda_2 + P_{33} \cdot \lambda_3 + P_{43} \cdot \lambda_4; \\ \lambda_4 = P_{04} \cdot \lambda_0 + P_{14} \cdot \lambda_1 + P_{24} \cdot \lambda_2 + P_{34} \cdot \lambda_3 + P_{44} \cdot \lambda_4. \end{cases}$$

Подставив числовые значения вероятностей из матрицы переходов  $\|\lambda_{ij}\|$ , получим:

$$\begin{cases} \lambda_0 = \lambda_3; \\ \lambda_1 = \lambda_0 + 0,2 \cdot \lambda_2; \\ \lambda_2 = 0,3 \cdot \lambda_1 + 0,8 \cdot \lambda_4; \\ \lambda_3 = 0,5 \cdot \lambda_1 + 0,4 \cdot \lambda_2; \\ \lambda_4 = 0,2 \cdot \lambda_1 + 0,4 \cdot \lambda_2 + 0,2 \cdot \lambda_4. \end{cases}$$

Решив полученную систему уравнений относительно  $\lambda_0$ , найдем:

$$\begin{cases} \lambda_3 = \lambda_0; \\ \lambda_1 = 1,2\lambda_0; \\ \lambda_2 = \lambda_0; \\ \lambda_3 = 0,6 \cdot \lambda_0 + 0,4 \cdot \lambda_0 = \lambda_0; \\ \lambda_4 = 0,8 \cdot \lambda_0. \end{cases}$$

Допустим, что входящий поток информации из внешней среды  $\lambda_0$  составляет 100 документов в неделю. По статистическим данным, полученных с промышленного предприятия [9], средний объем информации одного документа равен 5 листам формата А4. Следовательно, входящий поток информации равен 500 листам А4 в неделю (А4/нед.).

Таким образом, получим входящие потоки информации в отделы:

1 отдел (600 А4/нед.), 2 отдел (500 А4/нед.),

3 отдел (500 А4/нед.), 4 отдел (400 А4/нед.).

Для разделения общего потока документооборота на традиционную и электронную обработку необходимо определить загрузку отделов по формуле

$$\rho = \frac{\lambda}{\mu}, \quad (2)$$

где  $\lambda$  – интенсивность входящего потока информации;  $\mu$  – интенсивность обработки входящего потока.

Интенсивность традиционной обработки информации в отделе по статистике составляет 100 листов формата А4 в день. Если обычная рабочая неделя равна 5 рабочим дням, то интенсивность обработки отдела будет 500 листов формата А4 в неделю, а если документы в отделе обрабатываются с помощью персонального компьютера, то интенсивность обработки отдела возрастает в 2 раза [9]. Следовательно, интенсивность обработки отдела равна 1000 листов формата А4 в неделю. Пусть допустимый коэффициент загрузки отдела равен  $\rho = 0,7$ . Если загрузка отдела больше допустимого коэффициента, то необходимо производить автоматизацию отдела, т.е. разделить обработку документов на две составляющих, которые были выделены выше.

Рассчитаем коэффициент загрузки отделов при традиционной обработке документов по формуле (2), получим:

1 отдел ( $\rho_1 = 1,2$ );

2 отдел ( $\rho_2 = 1$ );

3 отдел ( $\rho_3 = 1$ );

4 отдел 4 ( $\rho_4 = 0,8$ ).

Сравнив полученные коэффициенты с допустимыми, получаем, что указанные отделы требуют компьютеризации. Проведя компьютеризацию отделов, получим следующие коэффициенты загрузки отделов, которые соответствуют допустимому:

1 отдел ( $\rho_1 = 0,6$ );

2 отдел ( $\rho_2 = 0,5$ );

3 отдел ( $\rho_3 = 0,5$ );

4 отдел ( $\rho_4 = 0,4$ ).

Выше был представлен один из способов разделения общего потока информации, но существуют и другие, в частности, по наличию электронной подписи, по сложности и скорости передачи документов от одного отдела к другому.

### Заключение

В работе проведен анализ промышленного предприятия с выделением общего документооборота как основного носителя всей необходимой информации в системе управления. Предложена модель расчета интенсивности входящего и выходящего потоков документооборота в отделах управления промышленного предприятия на основе разомкнутой сети массового обслуживания в стационарном режиме в виде однородного марковского процесса.

Полученные результаты помогают выделить отделы, документооборот которых целесообразно автоматизировать.

Рассчитан пример для выбранных отделов типового промышленного предприятия.

Дальнейшие исследования позволят выявить элементы информационного отображения объекта, отношения между ними, структуру и динамику потоков информации.

### Литература

1. Основы системного анализа и проектирования АСУ / А.А. Павлов, С.Н. Гриша, Д.Н. Томашевский и др., Под ред. А.А. Павлова. – К.: Вища школа, 1991. – 367 с.
2. Модин А.А. Исследование и анализ потоков информации на промышленном предприятии. – М.: Энергия, 1970. – 304 с.
3. Садовников В.И., Эпштейн П.Л. Потоки информации в системах управления. – М.: Энергия, 1973. – 240 с.
4. Ананькина Е.А., Данилочкин С.В., Данилочкина Н.Г. Контроллинг как инструмент управления предприятием – М.: «ЮНИТИ», 1998. – 268 с.
5. Золотых И.А. Обзор компьютерных систем автоматизации делопроизводства и документооборота // Информационные технологии. – 2005. – № 2. – С. 41-54.
6. Автоматизация управления / Под ред. В.А. Абчук. – М.: Радио и связь, 1984. – 264 с.
7. Клейнрок Л. Теория массового обслуживания и ее применение. – М.: Машиностроение, 1979. – 432 с.
8. Афанасьев А.А. Частные реализации систем документооборота // Открытые системы. – 1997. – № 1. – С. 59-66.
9. Савкин В.Б. Гарантированное качество обслуживания в компьютерных сетях: модели и сценарии реализации // Автоматика и телемеханика. – 2006. – № 3. – С. 121-130.

*Поступила в редакцию 13.11.2006*

**Рецензент:** канд. техн. наук, ст. научн. сотр. Г.А. Кучук, Харьковский университет воздушных сил им. И. Кожедуба, Харьков.