

## *Лабораторная работа*

**Тема:** Моделирование поведения дискретных динамических систем с помощью сетей Петри.

**Задание:** Исследовать поведение динамической системы. Результаты исследования представить в виде фрагмента сети Петри. Выполнить задание лабораторной работы можно с помощью CASE – средства Rastar UML Diagrammer; построение фрагмента сети Петри также можно выполнить с помощью MS Visio или MS Word, соблюдая принятые нотации.

Использовать следующие варианты.

**Вариант № 1.** Применить методику декомпозиции и методы структурного подхода, выделить основные функции системы управления маркетингом на предприятии.

**Вариант № 2.** Применить методику декомпозиции и методы структурного подхода, выделить основные функции системы управления вычислительной системой и телекоммуникациями предприятия или организации.

**Вариант № 3.** Применить методику декомпозиции и методы структурного подхода, выделить основные функции системы управления производственными запасами предприятия или организации.

**Вариант № 4.** Применить методику декомпозиции и методы структурного подхода, выделить главные функции системы управления основными производственными фондами предприятия.

**Вариант № 5.** Применить методику декомпозиции и методы структурного подхода, выделить основные функции системы учёта и управления транспортными средствами предприятия или организации.

**Вариант № 6.** Применить методику декомпозиции и методы структурного подхода, выделить основные функции системы управления движением денежных средств в Сберегательном (коммерческом) банке.

**Вариант № 7.** Применить методику декомпозиции и методы структурного подхода, выделить основные функции системы ведения документооборота на предприятии или в организации.

**Вариант № 8.** Применить методику декомпозиции и методы структурного

подхода, выделить основные функции системы ведения государственного учёта автотранспорта (органами дорожно – транспортной службы РФ).

Вариант № 9. Применить методику декомпозиции и методы структурного подхода, выделить основные функции системы ведения документооборота регистратуры городской поликлиники.

Вариант № 10. Применить методику декомпозиции и методы структурного подхода, выделить основные функции системы ведения документооборота, сопровождающего учебный процесс в высшем учебном заведении.

Вариант № 11. Применить методику декомпозиции и методы структурного подхода, выделить основные функции системы ведения документооборота по страховой деятельности в страховой компании.

Вариант № 12. Применить методику декомпозиции и методы структурного подхода, выделить основные функции системы управления персоналом некоторого предприятия (организации).

Вариант № 13. Применить методику декомпозиции и методы структурного подхода, выделить основные функции системы ведения документооборота, сопровождающего оказание услуг организацией, предоставляющей услуги мобильной связи.

Вариант № 14. Применить методику декомпозиции и методы структурного подхода, выделить основные функции системы ведения документооборота, сопровождающего оказание услуг организацией, предоставляющей услуги связи и телекоммуникации.

Вариант № 15. Применить методику декомпозиции и методы структурного подхода, выделить основные функции системы планирования строительных и других виды работ, разработки соответствующей документации.

Вариант № 16. Применить методику декомпозиции и методы структурного подхода, выделить основные функции системы управления технологическими процессами предприятия.

Вариант № 17. Применить методику декомпозиции и методы структурного подхода, выделить основные функции системы ведения документооборота, сопровождающего учёт предоставления и оплаты коммунальных услуг.

Вариант № 18. Применить методику декомпозиции и методы структурного подхода, выделить основные функции системы учёта товарно – материальных ценностей на предприятии оптово – розничной торговли.

Вариант № 19. Применить методику декомпозиции и методы структурного подхода, выделить основные функции системы управления издержками производства определённого вида продукции.

Вариант № 20. Применить методику декомпозиции и методы структурного подхода, выделить основные функции системы ведения документооборота, сопровождающего учёт реализованной электроэнергии предприятием энергосбыта.

Вариант № 21. Применить методику декомпозиции и методы структурного подхода, выделить основные функции системы управления качеством продукции предприятия.

Вариант № 22. Применить методику декомпозиции и методы структурного подхода, выделить основные функции системы управления основным (вспомогательным) производством некоторого предприятия.

Вариант № 23. Применить методику декомпозиции и методы структурного подхода, выделить основные функции системы управления финансовыми потоками предприятия.

Вариант № 24. Применить методику декомпозиции и методы структурного подхода, выделить основные функции системы управления сбытом продукции предприятия.

Вариант № 25. Применить методику декомпозиции и методы структурного подхода, выделить основные функции системы управления оперативным планированием деятельности предприятия.

Вариант № 26. Применить методику декомпозиции и методы структурного подхода, выделить основные функции системы разработки управленческих решений по вопросам кредитования клиентов в коммерческом банке.

Вариант № 27. Применить методику декомпозиции и методы структурного подхода, выделить основные функции системы управления стратегическим планированием деятельности предприятия.

Вариант № 28. Применить методику декомпозиции и методы структурного подхода, выделить основные функции системы управления производственным потенциалом предприятия.

Вариант № 29. Применить методику декомпозиции и методы структурного подхода, выделить основные функции системы управления торговой деятельностью предприятия оптово - розничной торговли.

Вариант № 30. Применить методику декомпозиции и методы структурного подхода, выделить основные функции системы планирования и управления загрузкой производственных мощностей.

Вариант № 31. Применить методику декомпозиции и методы структурного подхода, выделить основные функции системы организации и управления информационными ресурсами предприятия.

Список тем не является окончательным. Он может быть изменён или дополнен преподавателем в соответствии с пожеланиями или предложениями студентов.

### **Краткие теоретические сведения**

В практике моделирования объектов часто приходится решать задачи, связанные с формализованным описанием и анализом причинно - следственных связей в сложных системах, где одновременно параллельно протекает несколько процессов. Самым распространенным в настоящее время формализмом, описывающим структуру и взаимодействие параллельных систем и процессов, являются сети Петри (англ. Petri Nets), предложенные К. Петри.

*Основные соотношения.* Теория сетей Петри развивается в нескольких направлениях: разработка математических основ, структурная теория сетей, различные приложения (параллельное программирование, дискретные динамические системы и т. д.).

Формально сеть Петри (*N-схема*) задается четверкой вида  $N = \langle B, D, I, \theta \rangle$ , где  $B$  — конечное множество символов, называемых позициями,  $B \neq \emptyset$ ;

$D$  — конечное множество символов, называемых переходами,  $D \neq \emptyset$ ,  $B \cap D \neq \emptyset$ ;

$I$  — входная функция (прямая функция инцидентности),  $I: B \times D \rightarrow \{0, 1\}$ ;

$O$  — выходная функция (обратная функция инцидентности),  $O : D \times B \rightarrow \{0, 1\}$ .

Таким образом, входная функция  $I$  отображает переход  $d_j$ , в множество входных позиций  $b_i \in I(d_j)$ , а выходная функция  $O$  отображает переход  $d_j$ , в множество выходных позиций  $b_i \in O(d_j)$ . Для каждого перехода  $d_j \in D$  можно определить множество входных позиций перехода  $I(d_j)$  и выходных позиций перехода  $O(d_j)$  как

$$\begin{aligned} I(d_j) &= \{b_i \in B \mid I(b_i, d_j) = 1\}, \\ O(d_j) &= \{b_i \in B \mid O(d_j, b_i) = 1\}, \end{aligned} \quad i = \overline{1, n}; j = \overline{1, m}, n = |B|, m = |D|.$$

Аналогично, для каждого перехода  $b_i \in B$  вводятся определения множества входных переходов позиции  $I(b_i)$  и множества выходных переходов позиции  $O(b_i)$ :

$$\begin{aligned} I(b_i) &= \{d_j \in D \mid I(d_j, b_i) = 1\}, \\ O(b_i) &= \{d_j \in D \mid O(b_i, d_j) = 1\}. \end{aligned}$$

Графически  $N$ -схема изображается в виде двудольного ориентированного мультиграфа, представляющего собой совокупность позиций и переходов (рис. 1).

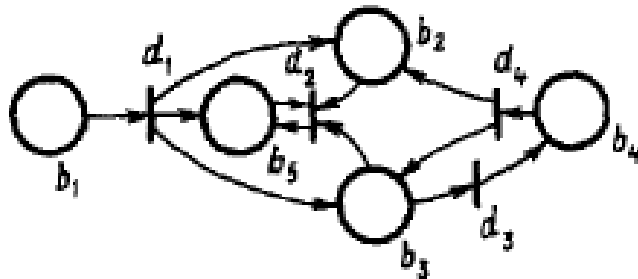


Рис. 1. Графическое изображение  $N$ -схемы

Как видно из этого рисунка, граф  $N$ -схемы имеет два типа узлов: позиции и переходы, изображаемые 0 и 1 соответственно. Ориентировочные дуги соединяют позиции и переходы, причем каждая дуга направлена от элемента одного множества (позиции или перехода) к элементу другого множества (переходу или позиции). Граф  $N$ -схемы является мультиграфом, так как он допускает существование кратных дуг от одной вершины к другой.

Возможные приложения. Приведенное представление N-схемы может использоваться только для отражения статики моделируемой системы (взаимосвязи событий и условий), но не позволяет отразить в модели динамику функционирования моделируемой системы.

*Пример.* Представим формально N-схему, показанную в виде графа на рис. 1.

$$\begin{aligned}
 N &= \langle B, D, I, O \rangle, \\
 B &= \langle b_1, b_2, b_3, b_4, b_5 \rangle, \\
 D &= \langle d_1, d_2, d_3, d_4 \rangle, \\
 I(d_1) &= \{b_1\}, & O(d_1) &= \{b_2, b_3, b_5\}, \\
 I(d_2) &= \{b_2, b_3, b_5\}, & O(d_2) &= \{b_5\}, \\
 I(d_3) &= \{b_3\}, & O(d_3) &= \{b_4\}, \\
 I(d_4) &= \{b_4\}, & O(d_4) &= \{b_2, b_3\}.
 \end{aligned}$$

Для представления динамических свойств объекта вводится функция маркировки (разметки)  $M: B \rightarrow \{0, 1, 2, \dots\}$ . Маркировка  $M$  есть присвоение неких абстрактных объектов, называемых метками (фишками), позициям N-схемы, причем количество меток, соответствующее каждой позиции, может меняться. При графическом задании N-схемы разметка отображается помещением внутри вершин-позиций соответствующего числа точек (когда количество точек велико, ставят цифры). Маркированная (размеченная) N-схема может быть описана в виде пятерки  $N_M = \langle B, D, I, O, M \rangle$  и является совокупностью сети Петри и маркировки  $M$ .

Функционирование N-схемы отражается путем перехода от разметки к разметке. Начальная разметка обозначается как  $M_0: B \rightarrow \{0, 1, 2, \dots\}$ . Смена разметок происходит в результате срабатывания одного из переходов  $d_j \in D$  сети. Необходимым условием срабатывания перехода  $d_j$  является  $b_i \in I(d_j) \{M(b_i) \geq 1\}$ , где  $M(b_i)$  — разметка позиции  $b_i$ . Переход  $d_j$ , для которого выполняется указанное условие, определяется как находящийся в состоянии готовности к срабатыванию или как возбужденный переход.

Срабатывание перехода  $d_j$  изменяет разметку сети  $M(b) = (M(b_1), M(b_2), \dots, M(b_n))^2$  на разметку  $M'(b)$  по следующему правилу:

$$M'(b) = M(b) - I(d_j) + O(d_j),$$

т. е. переход  $d_j$  изымает по одной метке из каждой своей входной позиции и добавляет по одной метке в каждую из выходных позиций. Для изображения

$$M \xrightarrow{d_j} M'$$

смены разметки  $M$  на  $M'$  применяют обозначение

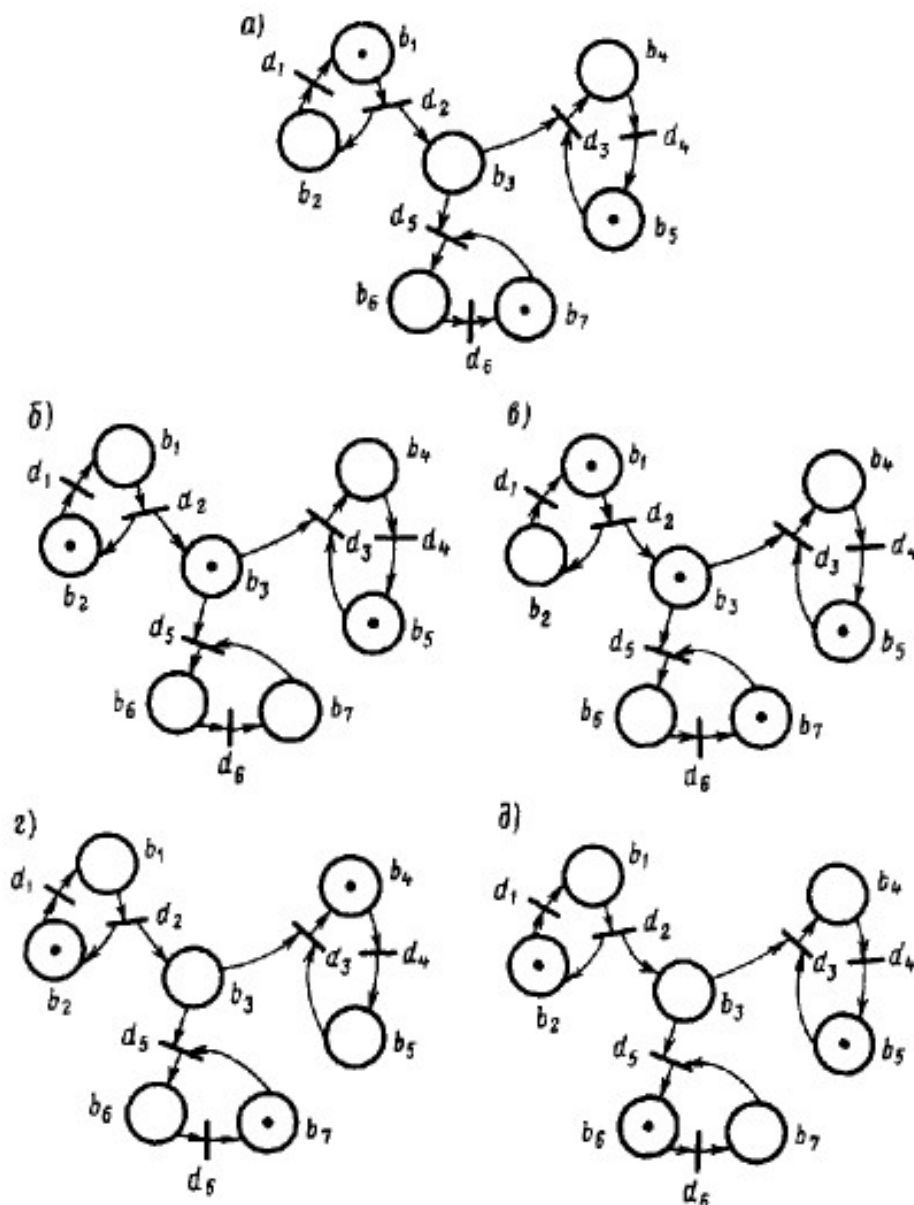


Рис. 2. Пример функционирования размеченной N - схемы

*Методические указания по выполнению лабораторной работы*

Для системы, соответствующей заданию своего варианта лабораторной работы, необходимо определить набор состояний (см. пример по выполнению

лабораторной работы по построению модели в виде диаграмм переходов состояний STD), пронумеровать их. Для каждого состояния определить список состояний, в которые возможен переход из данного, условия и действия, определяющие переходы. При выполнении лабораторной работы особое внимание следует уделить процессам, протекающим в исследуемой системе параллельно, независимо друг от друга.

Рекомендуется задание лабораторной работы выполнить с применением CASE- средства Rastar UML Diagrammer. При создании нового файла выбрать в качестве его типа «Flowchart». Внешний вид сетей Петри представлен на рис. 1, 2. Пояснение по наименованиям состояний, переходов и условий следует представить в виде текстового файла MS Word.