

**Львов Петр Алексеевич** – Энгельское опытно-конструкторское бюро им. А.И. Глухарева; e-mail: peter.lvov@gmail.com; 413119, Саратовская область, г. Энгельс – 19, квартал 5, 14, а/я 29; тел.: +79173230567; начальник лаборатории перспективных разработок; к.т.н.

**Светлов Михаил Семенович** – Институт проблем точной механики и управления РАН; e-mail: svetlovms@yandex.ru; 410028, г. Саратов, ул. Рабочая, 24; тел.: +79878263745; д.т.н.; в.н.с.

**Kuzin Sergey Alexandrovich** – Yuri Gagarin State Technical University of Saratov; e-mail: kuzinsa@mail.ru; 77, Polytechnicheskaya street, Saratov, 410054, Russia; phone: +79658818914; postgraduate student.

**L'vov Alexey Arlenovich** – e-mail: alvova@mail.ru; phone: +79172015675; dr. of eng. sc.; professor.

**L'vov Peter Alexeevich** – Engels Experimental Design Bureau «Signal» named after A.I. Glukharev; e-mail: peter.lvov@gmail.com; PO Box 29, 14, District 5, Engels – 19, Saratovskaya oblast, 413119; Russia; phone: +79173230567; Laboratory Head of Promising Designs; cand. of eng. sc.

**Svetlov Michael Semenovich** – Institute of Precision Mechanics and Control of RAS; e-mail: svetlovms@yandex.ru; 24, Rabochay street, Saratov, 410028, Russia; phone: +79878263745; dr. of eng. sc.; leading scientist.

УДК 004.048

DOI 10.23683/2311-3103-2017-3-42-51

**Мааког Амин Касим Ммааког****МЕТОДИКА ПРОЕКТИРОВАНИЯ МОДУЛЬНОЙ СТРУКТУРЫ  
ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ**

*Статья посвящена решению задачи формального представления структуры бизнес-процессов с целью разбиения общей схемы на функциональные блоки. Задача обеспечения гибкости информационных систем, наиболее эффективно решается при модульном построении структуры системы. На основе функционального подхода к описанию сложных программных систем необходимо разработать методику представления программного обеспечения информационной системы в виде совокупности (системы) программных модулей, имеющих максимальную степень типизации по составу используемых функций и по структуре их связей. При этом, необходимо прежде всего решить задачу разработки методики формального построения функционально-модульной информационной модели организационной структуры предприятия, учитывающей количественную оценку степени типизации в ее структурной организации. Построение функционально-модульной информационной модели предприятия позволяет отражать не только связи между структурными подразделениями предприятия и их вес, а также оценивать суть происходящих в организации процессов. Цель функционирования информационной системы может быть задана описанием ее поведения, которое отражается характеристиками общего параметрически инвариантного ограничения на переменных модели системы. Если параметрическое множество упорядочено (например, включает время), то состояния переменных могут ограничиваться не только другими состояниями, но и состояниями выбранного соседства для каждого конкретного значения параметра. Соседство на упорядоченном параметрическом множестве определяется маской, определяемой параметрическим множеством, набором переменных и набором функций сдвига. Для решения задачи предлагается использовать модель основанную графах специального типа, которая может быть преобразована к автоматной модели. Оптимизация декомпозиции основана на введении критерия типизации полученных функциональных модулей. Представленная модель производственной системы позволяет выделить наиболее часто повторяющиеся сценарии (функции) в виде столбцов совпадающих клеток маски, поскольку все сценарии упорядочены в едином пространстве состояний общего сценария производственного процесса. Решение поставлен-*

ной задачи ориентировано на проектирование модульных информационных систем различного типа, реализующих требуемый бизнес-процесс с учетом принципа модульности структуры системы. Предложен алгоритм декомпозиции модели модульной структуры системы. Применение предложенной методики позволяет сформировать модульную структуру информационной системы на основании выявления повторяющихся элементов бизнес-процессов организации.

*Информационная система; модульность; бизнес-процесс; декомпозиция.*

**Maakot Amin Qasim Mmaakot**

### **METHODOLOGY FOR DESIGNING THE MODULAR STRUCTURE OF THE INFORMATION SYSTEM**

*The article is devoted to solving the business processes with breakdown by functional blocks. The task of providing the flexibility of information systems is most effectively solved with the modular construction of the system. On the basis of a functional approach to the description of complex software systems, it is necessary to develop a methodology for presenting software for information systems in the form of a set (system) of program modules which provide the maximum degree of typing for the functions and their structure. At the same time, it is first of all necessary to solve the problem of developing methods for the formal construction of a functional-modular information model of the organizational structure of an enterprise that takes into account the quantitative assessment of the degree of typing in its structural organization. The construction of the functional-modular information model of the enterprise allows reflecting not only the relationship between the structural subdivisions of enterprises and their weight, but also assessing their influence in the organization of processes. The purpose of the activity of information systems can be set by its behavior, which reflects the characteristics of the general parametric invariant constraint on the events of the model of the system. If the parametric set is ordered (for example, includes time), then states can limit not only other states, but also neighborhood states for each specific value of the parameter. Neighborhood in the ordered parametric set is defined by a mask defined by a parametric set, a set of variables, and a set of shift functions. To solve the problem it is proposed to use the model based on the graphs of special type which can be applied to the automaton model. Optimization of decomposition based on testing of typical functional modules. The presented model of the production system allows us to identify the most frequently repeated scenarios (functions) in the form of columns of coincident mask cells, all scenarios being performed in a single state space of the general scenario of the production process. The solution of this task is focused on the design of modular information systems of various types that implement the required business process, taking into account the principle of modularity of the structure of the system. An algorithm for decomposition of the modular structure model of the system is proposed. The application of the proposed methodology allows you to identify duplicate elements of the organization's business processes.*

*Information system; modularity; business process; decomposition.*

**Введение.** В настоящее время создание информационных систем (ИС) является достаточно трудоемким процессом с точки зрения времени, материальных затрат и сил, затрачиваемых проектировщиками и программистами на разработку системы. Создаваемые ИС предназначены для решения сложных задач, следовательно, ИС являются сложными по своей структуре. Сложность структуры ИС приводит к тому, что разработка ИС требует значительных трудозатрат и времени.

Решением перечисленных проблем может служить обеспечение модульного принципа построения технического, программного и информационного обеспечения ИС. Структура ИС определяется выполняемыми ею функциями. Принцип модульности позволяет упростить саму структуру ИС, так как при разбиении ИС на модули для каждого модуля определяется реализуемая им функциональность, а также связи с другими модулями. Принцип модульности положительно влияет на упрощение задачи разработки ИС, позволяет распределить процессы по разработкам между группами разработчиков.

Активные изменения, которые происходят в организациях и предприятиях требуют оперативного изменения информационных систем и процессов, которые в них реализованы [1, 2]. Задача обеспечения гибкости информационных систем, наиболее эффективно решается при модульном построении структуры системы из типизированных блоков – функциональных модулей [3–5]. Для обеспечения гибкости модульной структуры необходима автоматизированная методика выделения типовых элементов и структур системы на основе анализа бизнес-процессов и моделирования их взаимодействия в информационной системе [6]. Исходные данные для такой методики могут быть получены в результате обследования и анализа деятельности предприятия [7]. Построенные в результате обследования модели, в отличие от моделей вычислительных алгоритмов [1] являются плохо формализованными, графическими схемами [8]. В данной статье предлагается методика построения модульной структуры информационной системы на основе анализа бизнес-процессов.

Для достижения поставленной цели необходимо прежде всего решить задачу разработки методики формального построения функционально-модульной информационной модели организационной структуры предприятия, учитывающей количественную оценку степени типизации в ее структурной организации. При этом предполагается, что исходными данными для проектирования модели является структурированная база данных полученная в результате предпроектного обследования предприятия по методике описанной в [9, 10].

**Обзор существующих методов моделирования структуры информационных систем.** В большинстве известных подходов к построению моделей бизнес-процессов для получения количественных решений используется идея использования оптимизационных моделей. Наиболее часто в задачах подобного типа используются графовые модели [11]. Систематическое описание графов и примеры их реального применения были сделаны в классических монографиях [1, 11].

Наиболее формализованным подходом к построению моделей процессов и систем является критериальный подход, основанный на введении некоторого формального критерия, описывающего цель процесса моделирования [12–14]. Обычно цель системы пытаются сформулировать в виде оптимизационной задачи в виде  $f(\mathbf{x}) \Rightarrow \max(\min)$ , где  $f$  – некоторая скалярная функция, например, надежность конструкции, диагностируемость полученного продукта и т.п.  $\mathbf{x}$  – вектор, определяющий управляемые (изменяемые) параметры, например число типовых модулей в модульной системе, причем  $X = \{\mathbf{x}^i\}$ ,  $0 \leq \mathbf{x}^i \leq \mathbf{x}$ . Задачи такого вида решаются путем нахождения экстремума функции  $f(x)$  на множестве  $X$  в виде  $f(\mathbf{x}) \Rightarrow \max_{x \in X}(\min)$ . Так, в моделях автоматизации конструирования [15] перед конструктором стоит задача выбора вектора, дающего максимальное (минимальное) значение нескольким техническим функционалам:  $f_1(\mathbf{x})$ ,  $f_2(\mathbf{x})$ , ...,  $f_v(\mathbf{x})$ . Для решения задач такого типа обычно используются методы линейной свертки, контрольных цифр, компромиссы Парето и др. [12, 16, 17].

Такой подход реализуется при рассмотрении хорошо формализованных задач автоматизированного проектирования, в частности, будем использовать их для решения задачи построения модульной структуры информационной системы.

**Методика выделения модулей в структуре информационной системы.** При выполнении анализа деятельности и управления предприятием большую роль играет формализация организационной структуры (ОС). Организационная структура является, как правило, модульной, и включает в себя четыре основных аспекта

та: описание структуры подразделений и отделов; связи между ними и внешней средой; информация, циркулирующая по этим связям (т.е. документооборот), а также выполняемые структурными подразделениями и отделами функции. В соответствии с этой формализацией, стандартная методика построения организационной структуры предприятия включает в себя следующие этапы: выделение основного набора структурных подразделений предприятия (бухгалтерия, отдел кадров, отдел сбыта и т.д.); в зависимости от целей предприятия, делегирование этим структурным подразделением определенных функций и определения связей между структурными подразделениями и документооборота.

Обычно применяется распределение производственных функций между отделами (модулями), основанное на традиционном подходе [18]. Для повышения эффективности информационного обмена часто бывает необходимо неформальное распределение функций между модулями (подразделениями), делегирование им новых функций и организацией новых связей [6, 19]. При таком подходе осуществляется построение организационной структуры «сверху» от структурных подразделений (модулей), которым придаются традиционно выполняемые функции, а также стандартный документооборот [20, 21].

В рамках разрабатываемого принципиально модульного подхода все должно быть наоборот – определяющим компонентом организационной структуры должна быть информация и она сообразно с целями работы предприятия должна определять функции ее переработки, распределение их между модулями (отделами) и, в конечном счете, информационные потоки АИУС предприятия [21, 23].

Теперь можно поставить задачу построения функционально-модульной информационной модели предприятия, которая позволяла бы отражать не только связи между структурными подразделениями предприятия и их вес, но и оценивать суть происходящих в организации процессов. В данном случае – какие функции обработки и порождения информации (документов) выполняются внутри предприятия с учетом распределения этих функций между отделами [24]. В дальнейшем будем называть такую информационную модель *функционально-модульной* моделью. Разработка такой модели позволит решить задачу оптимизации организационной структуры предприятия по новым критериям, например, по степени типизации входящих в систему модулей и т.д. В данной статье ставится задача описания методики построения функционально-модульной модели организационной структуры предприятия и ее информационного заполнения [26].

*Модель информационной системы* с точки зрения системологии [25], основанной на общей теории алгебраических систем может быть представлена в следующем виде:

$$S = (A, R), \quad (1)$$

где  $A$  – множество элементов системы, а  $R$  – множество отношений между ними.

Свойство системы, которое можно использовать для определения различий в наблюдениях одного и того же параметра модели, в системологии называют *базой модели* [25]. Типичной базой, пригодной практически для любого свойства модели, является *время*. Базы трех основных типов – *время, пространство, группа* – могут быть скомбинированы.

Модель объекта представляет собой множество свойств, с которыми связано множество их проявлений, и множество баз с которыми связано множество ее элементов. Модель объекта в соответствии с (1) формально может быть определена как

$$O = \left( \{ (a_i, A_i) \mid i \in N_n \}, \{ (b_j, B_j) \mid j \in N_m \} \right), \quad (2)$$

где  $N_n = \{1, 2, \dots, n\}$ , а  $N_m = \{1, 2, \dots, m\}$ ; через  $a_i$  и  $A_i$  обозначены соответственно свойство и множество его проявлений;  $b_j$  и  $B_j$  – база и множество ее элементов [25].

Для информационных моделей производственных и бизнес-процессов множества признаков  $A_i$  и баз  $B_j$  в (2) определяются в работах по обследованию информационных составляющих производственных систем [6, 9, 10]. Эти базы будут в дальнейшем использованы и в настоящей работе.

С точки зрения введенной модели (2) *переменной* будем называть операционное представление свойства, т.е. образ свойства  $A_i$ , определяемый конкретной процедурой обследования системы, введенной выше [27]. Каждая переменная связывается с определенным множеством величин  $\{a_i\}$ , через которые она себя проявляет. Эти величины являются *состояниями* (или значениями) переменной, а все множество – *множеством состояний*.

*Параметром* называется операционное представление базы  $B_j$ . С каждым параметром связывается множество  $\{b_j\}$ ; называемое *параметрическим множеством*, а его элементы – *значениями параметра* [25]. Если используются два и более параметра, то их общим параметрическим множеством является декартово произведение отдельных параметрических множеств. Каждое конкретное значение параметра (из общего параметрического множества) должно идентифицировать единственное наблюдение соответствующих переменных [6].

При разработке информационных систем время, как правило, входит в модель в качестве параметра, а не переменной, поэтому их часто называют *системами планирования* [3]. Объявление переменных входными (выходными) обычно выполняется с помощью функции

$$u : N_n \rightarrow \{0, 1\}, \quad (3)$$

такой, что если  $u(i) = 0$ , то переменная  $v_i$  является входной и если  $u(j) = 1$ , то переменная  $v_j$  является выходной. В графовых моделях такие определяющие функции задаются с использованием матриц смежности ориентированных графов [1], в ER++ моделях – с помощью интерфейсов сущностей [22] и т.д. Любое упорядоченное множество, заданное на (3)

$$\mathbf{u} = (u(1), u(2), \dots, u(n)) \quad (4)$$

называют *определителем входа-выхода* [26].

Цель функционирования информационной системы может быть задана описанием ее *поведения* [25]. Понятие *поведения* в системологии применяется для получения характеристики общего параметрически инвариантного ограничения на переменные модели. Для заданной модели [25] диапазон, возможных типов параметрически инвариантных ограничений зависит от свойств, описываемых параметрическим множеством (2). В случае если никаких свойств не задано, то возможные состояния переменных взаимноограничиваются. Если параметрическое множество упорядочено (например, включает время), то состояния переменных могут ограничиваться не только другими состояниями, но и состояниями выбранного *соседства* для каждого конкретного значения параметра. Соседство на упорядоченном параметрическом множестве обычно называется *маской* [25]. Оно определяется параметрическим множеством, набором переменных и набором *функций сдвига* определенном на множестве  $\mathbf{W}$  [26, 29]. Функциями сдвига являются однозначные функции

$$r_j : \mathbf{W} \rightarrow \mathbf{W}, j = 1, 2, \dots, n, \quad (5)$$

Функция сдвига ставит каждому элементу  $\mathbf{W}$  в соответствие единственный элемент  $\mathbf{W}$ , отличный от исходного. Будем рассматривать только полностью упорядоченные параметрические множества (включая время). В случае если моделируемый объект не дает прямого упорядочивания, будем вводить его искусственно в процессе обследования объекта [6, 9, 10, 20, 28]. Следуя методологии параметризации моделей [25], введем полностью упорядоченное множество переменных  $\mathbf{V}$  и аналогично упорядоченное множество векторных правил сдвига  $\mathbf{R}$  по (5). Множество всех значений переменных тогда описывается декартовым произведением  $\mathbf{V} \times \mathbf{R}$ . В моделях рассматриваются значения, задаваемые некоторым отношением (подмножеством декартова произведения)

$$\mathbf{M} \subseteq \mathbf{V} \times \mathbf{R}, \quad (6)$$

так, что всякой паре  $(v_i, r_j) \in \mathbf{M}$  соответствует одно уравнение сдвига. Отношение  $\mathbf{M}$  представляет схему соседства на параметрическом множестве, в терминах которого определены выборочные переменные модели. Эта схема обычно называется *маской* [25].

Так, в работах по исследованию информационных систем и проектированию модульных устройств [27] используется метод искусственного введения порядка (нумерации) изучаемых функций, в то время как в планировании работ их порядок задается с помощью привязки событий к относительным моментам времени.

Сложная система может содержать несколько масок подсистем, порядок расположения которых тоже может задаваться достаточно произвольно при формализации модели. Пример послойного представления масок подсистем на декартовых произведениях (6) приведен на рис. 1, для случая анализа информационной системы.

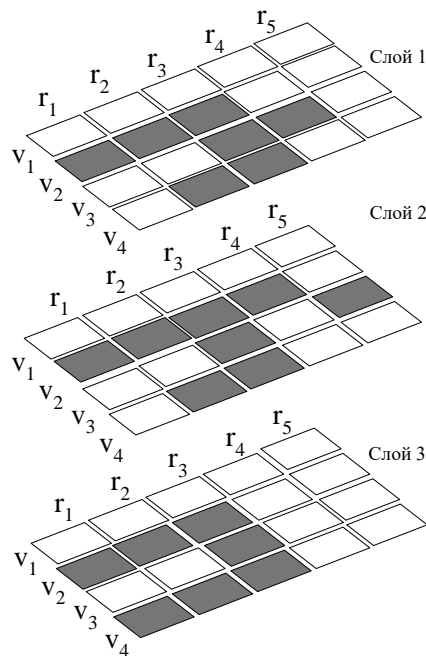


Рис. 1. Трехмерное представление маски для модели сложной функциональной системы на основе отношения (6)

Модель рис. 1 строится на основании единой базы данных, полученной при обследовании информационной структуры предприятия, в которой формируются бизнес-процессы предприятия по каждому структурному или функциональному информационному элементу организации (бизнес-процесс аналитического отдела или бизнес-процесс утверждения договоров). В свою очередь все бизнес-процессы описаны в виде двоичных квадратных матриц, где в роли строк и столбцов выступают функции (5). Кроме того, каждая связь (т.е. «1» в двоичной квадратной матрице), представляет собой вложенную матрицу, содержащую некоторый набор элементов, характеризующих данную связь, и содержит описательную часть данной связи (тип, принадлежность к иерархическому уровню, временные ограничения, передаваемые документы и т.п.).

Трехмерная модель, в отличие от известных ранее одномерных матричных моделей [25, 3] и др., содействует пониманию того, как целый процесс функционирует, и какие изменения могут быть сделаны для того, чтобы процесс стал более эффективным. В моделируемой информационной системе особо выделяются вопросы, связанные с организацией исполнения процесса, т.е. вопросы установления последовательности исполнения задач и вопросы учёта информационной взаимозависимости между задачами. Отметим, что по модели рис. 1 легко выделить типовую часть набора функций модели, которая может быть формализована в *модуль*, понимаемый здесь как наибольший неизменяемый элемент структуры функций модели.

Кроме того, предлагается дополнить характеристики связей результирующей маски характеристиками «точка зрения» и «фокус внимания» согласно идеологии схемы Zachman. Этот шаг позволит определить полноценность имеющейся модели, а также производить анализ визуализированной модели на различных уровнях абстракции с различных точек зрения. С точки зрения введенной выше терминологии, формализация понятия *точки зрения* осуществляется с помощью введения соответствующей маски **M**. Любая маска представляет определенную точку зрения путем представления ограничений на базовые переменные [25]. Самый простой способ задания определенной маски – перечисление всех полных состояний соответствующих переменных в подмножестве (6), чем определяется многомерное отношение на  $\mathbf{V} \times \mathbf{R}$ . Это отношение чаще всего определяется функцией

$$f_B : (\mathbf{V} \times \mathbf{R}) \rightarrow \{0, 1\}, \quad (3)$$

такой, что  $f_B(c_{ij}) = 1$ , если состояние  $c_{ij}$  входит в маску, и  $f_B(c_{ij}) = 0$  в противном случае. Таким образом, функция  $f_B$  – это типичная функция выбора [19]. Обратим внимание на то, что функция  $f_B$  определяет реально встречающиеся состояния из  $\mathbf{V} \times \mathbf{R}$ , но не определяет значение параметра, при котором они имеют место. Таким образом, эта функция является параметрически инвариантной.

**Заключение.** Представленная модель производственной системы позволяет выделить наиболее часто повторяющиеся сценарии (функции) в виде столбцов совпадающих клеток маски, поскольку все сценарии упорядочены в едином пространстве состояний общего сценария производственного процесса. После этого мы можем перейти к моделированию отдельных функций в виде некоторых конечных автоматов, действие которых инициируется поступлением на вход некоторого документа (шаблона) и порождает другой документ(ы), передающиеся в другие модули. Применение предложенной методики позволяет сформировать модульную структуру информационной системы на основании выявления повторяющихся элементов бизнес-процессов организации.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Мелихов А.Н., Берштейн Л.С., Курейчик В.М. Применение графов для проектирования дискретных устройств. – М.: Наука, 1974. – 304 с.
2. Микита Р.М., Rogozov Ю.И., Свиридов А.С., Стукотий Л.Н. Концепция построения информационной модели предприятия // Телекоммуникации. – 2004. – № 8.
3. Кузнецов Н.А., Кульба В.В., Ковалевский С.С., Косяченко С.А. Методы анализа и синтеза модульных информационно-управляющих систем. – М.: Физматлит, 2002. – 800 с.
4. Rogozov Ю.И., Бутенков С.А., Свиридов А.С. Систематизация моделей жизненного цикла информационных систем в рамках модели J. Zakhman // В сб. трудов международной научно-технической конференции “Системный анализ и информационные технологии” (САИТ-2007), Обнинск, 10-14 сентября 2007 г. Т. 2. – С. 195-199.
5. Якобсон А., Буч Г., Рамбо Дж. Унифицированный процесс разработки программного обеспечения. – СПб.: Питер, 2002. – 496 с.
6. Коберн А. Современные методы описания функциональных требований к системам. – М.: Лори, 2002. – 288 с.
7. Друтнов С.А., Микита Р.М. Методика поэтапного формирования технического задания на разработку информационной системы по результатам обследования предприятия // Известия ТРТУ. – 2006. – № 11 (66).
8. Верников Г. Основные методологии обследования организаций. Стандарт IDEF0 // Директору информационной службы. – 2001. – № 5.
9. Rogozov Ю.И., Свиридов А.С. Применение программных средств при предпроектном обследовании // Известия ТРТУ. – 2004. – № 1 (36). – С. 82.
10. Свиридов А.С. Оценка эффективности обследования предприятия по объединенной методике при проектировании автоматической информационной системы предприятия // Материалы 59-ой научной сессии им. Попова. – Вып. LIX-1. – М., 2004. – С. 93-94.
11. Зыков А.А. Основы теории графов. – М.: Наука, 1987. – 384 с.
12. Вдовенко Л.Л. Системно-информационный подход к оценке экономической деятельности промышленных предприятий. – М.: Экономическое образование, 1996. – 360 с.
13. Вендоров А.М. Проектирование программного обеспечения экономических информационных систем: учебник. – М.: Финансы и статистика, 2002. – 325 с.
14. Мамиконов А.Г., Кульба В.В. Синтез оптимальных модульных СОД. – М.: Наука, 1986. – 276 с.
15. Норенков И.П. Введение в автоматизированное проектирование технических устройств и систем. – М.: Высшая школа, 1980. – 308 с.
16. Поляк Б.Т. Введение в оптимизацию. – М.: Наука, 1983. – 384 с.
17. Емеличев А.И. и др. Многогранники, графы, оптимизация. – М.: Наука, 1981. – 346 с.
18. Ашев Т.М. и др. Автоматизация информационных процессов в интегрированных АСУ промышленными предприятиями. – М.: Энергоиздат, 1981. – 141 с.
19. Бобнев С.В., Rogozov Ю.И. Методика построения функциональной ориентированной модели организационной структуры предприятия и ее информационного заполнения. Вып. 7. – М.: Телекоммуникации, 2006. – С. 30-34.
20. Введение в информационный бизнес / под ред. В.П. Тихомирова, А. Хорошилова. – М.: Финансы и статистика, 1996.
21. Миняев М.Ф. Информационные технологии управления: В 3-х кн. Кн. 2. Информационные ресурсы. – М.: Омега, 2003. – 432 с.
22. Бобнев С.В., Rogozov Ю.И., Бутенков Д.С. Применение оптимизационных моделей информационных потоков для построения Case-средств // Известия ТРТУ. – 2005. – № 3 (47). – С. 54-60.
23. Микита Р.М., Rogozov Ю.И., Свиридов А.С., Стукотий Л.Н. Концепция построения информационной модели предприятия // Телекоммуникации. – 2004. – № 8.
24. Микита Р.М., Стукотий Л.Н. Метод построения и визуализации информационной модели предприятия // Сб. трудов Научно-технического форума с международным участием «Высокие технологии-2004», Ижевск, 23-26 ноября. – 204 с.
25. Клир Дж. Системология. Автоматизация решения системных задач. – М.: Радио и связь, 1990. – 536 с.
26. Льюнг Л. Идентификация систем. – М.: Мир, 1975.



27. *Норенков И.П.* Введение в автоматизированное проектирование технических устройств и систем. – М.: Высшая школа, 1980. – 308 с.
28. *Мирунов С.В., Пищухин А.М.* Метасистемный подход в управлении: монография. – Оренбург: ГОУ ОГУ, 2004. – 338 с.

## REFERENCES

1. *Melikhov A.N., Bershteyn L.S., Kureychik V.M.* Primenenie grafov dlya proektirovaniya diskretnykh ustroystv [The use of graphs for design of discrete devices]. Moscow: Nauka, 1974, 304 p.
2. *Mikita R.M., Rogozov Yu.I., Sviridov A.S., Stukotiy L.N.* Kontseptsiya postroeniya informatsionnoy modeli predpriyatiya [The concept of building information model of enterprise], *Telekommunikatsii* [Telecommunications], 2004, No. 8.
3. *Kuznetsov N.A., Kul'ba V.V., Kovalevskiy S.S., Kosyachenko S.A.* Metody analiza i sinteza modul'nykh informatsionno-upravlyayushchikh system [Methods of analysis and synthesis of modular information management systems]. Moscow: Fizmatlit, 2002, 800 p.
4. *Rogozov Yu.I., Butenkov S.A., Sviridov A.S.* Sistematizatsiya modeley zhiznennogo tsikla informatsionnykh sistem v ramkakh modeli J. Zakhman [Systematization models of the life cycle of information systems in the framework of the model J. Zakhman], *V sb. trudov mezhdunarodnoy nauchno-tekhnicheskoy konferentsii "Sistemnyy analiz i informatsionnye tekhnologii" (SAIT-2007), Obninsk, 10-14 sentyabrya 2007 g.* [In proceedings of the international scientific-technical conference "System analysis and informational technologies" (SAIT-2007), Obninsk, Russia, September 10-14, 2007]. Vol. 2, pp. 195-199.
5. *Yakobson A., Buch G., Rambo Dzh.* Unifitsirovanny protsess razrabotki programmogo obespecheniya [Unified process of software development]. St. Petersburg: Piter, 2002, 496 p.
6. *Kobern A.* Sovremennye metody opisaniya funktsional'nykh trebovaniy k sistemam [Modern methods of describing the functional requirements of the system.]. Moscow: Lori, 2002, 288 p.
7. *Drupov S.A., Mikita R.M.* Metodika poetapnogo formirovaniya tekhnicheskogo zadaniya na razrabotku informatsionnoy sistemy po rezul'tatam obsledovaniya predpriyatiya [The technique of the gradual development of technical specifications for the development of the information system by the survey of the enterprises], *Izvestiya TRTU* [Izvestiya TSURE], 2006, No. 11 (66).
8. *Vernikov G.* Osnovnye metodologii obsledovaniya organizatsiy. Standart IDEF0 [The basic methodology of the survey of organizations. Standard IDEF0], *Direktoru informatsionnoy sluzhby* [Director of information services], 2001, No. 5.
9. *Rogozov Yu.I., Sviridov A.S.* Primenenie programmykh sredstv pri predproektnom obsledovanii [Application of software tools in the pre-survey], *Izvestiya TRTU* [Izvestiya TSURE], 2004, No. 1 (36), pp. 82.
10. *Sviridov A.S.* Otsenka effektivnosti obsledovaniya predpriyatiya po ob"edinennoy metodike pri proektirovanii avtomaticheskoy informatsionnoy sistemy predpriyatiya [Evaluation of the effectiveness of survey companies on the combined methodology in the design of automatic information systems in the enterprise], *Materialy 59-oy nauchnoy sessii im. Popova* [Materials of 59-th scientific session of them. Popov], Issue LIX-1. Moscow, 2004, pp. 93-94.
11. *Zykov A.A.* Osnovy teorii grafov [The basics of graph theory]. Moscow: Nauka, 1987, 384 p.
12. *Vdovenko L.L.* Sistemno-informatsionnyy podkhod k otsenke ekonomicheskoy deyatel'nosti promyshlennykh predpriyatii [System-information approach to the estimation of economic activities of industrial enterprises]. Moscow: Ekonomicheskoe obrazovanie, 1996, 360 p.
13. *Vendorov A.M.* Proektirovanie programmogo obespecheniya ekonomicheskikh informatsionnykh sistem: uchebnyk [The software design of economic information systems: tutorial.]. Moscow: Finansy i statistika, 2002, 325 p.
14. *Mamikonov A.G., Kul'ba V.V.* Sintez optimal'nykh modul'nykh SOD [Synthesis of optimal modular ODS]. Moscow: Nauka, 1986, 276 p.
15. *Norenkov I.P.* Vvedenie v avtomatizirovannoe proektirovanie tekhnicheskikh ustroystv i sistem [Introduction to computer-aided design of technical devices and systems.]. Moscow: Vysshaya shkola, 1980, 308 p.
16. *Polyak B.T.* Vvedenie v optimizatsiyu [An introduction to optimization]. Moscow: Nauka, 1983, 384 p.

17. *Emelichev A.I. i dr. Mnogogranniki, grafy, optimizatsiya* [Polyhedra, graphs, optimization]. Moscow: Nauka, 1981, 346 p.
18. *Aliev T.M. i dr. Avtomatizatsiya informatsionnykh protsessov v integrirovannykh ASU promyshlennymi predpriyatiyami* [Automation of information processes in integrated ACS industrial enterprises]. Moscow: Energoizdat, 1981, 141 p.
19. *Bobnev S.V., Rogozov Yu.I. Metodika postroeniya funktsional'noy orientirovannoy modeli organizatsionnoy struktury predpriyatiya i ee informatsionnogo zapolneniya* [A method of constructing a functional-oriented model of the enterprise organizational structure and its informational filling]. Issue 7. Moscow: Telekommunikatsii, 2006, pp. 30-34.
20. *Vvedenie v informatsionnyy biznes* [Introduction to business information], ed. by V.P. Tikhomirova, A. Khoroshilova. Moscow: Finansy i statistika, 1996.
21. *Minyaev M.F. Informatsionnye tekhnologii upravleniya* [Information technology management]: In 3 book. Book 2. Informatsionnye resursy [Information resources]. Moscow: Omega, 2003, 432 p.
22. *Bobnev S.V., Rogozov Yu.I., Butenkov D.S. Primenenie optimizatsionnykh modeley informatsionnykh potokov dlya postroeniya Sase-sredstv* [The application of optimization models of information flows to build a SASE-medium], *Izvestiya TRTU* [Izvestiya TSURE], 2005, No. 3 (47), pp. 54-60.
23. *Mikita R.M., Rogozov Yu.I., Sviridov A.S., Stukotiy L.N. Kontseptsiya postroeniya informatsionnoy modeli predpriyatiya* [The concept of building information model of enterprise], *Telekommunikatsii* [Telecommunications], 2004, No. 8.
24. *Mikita R.M., Stukotiy L.N. Metod postroeniya i vizualizatsii informatsionnoy modeli predpriyatiya* [Method for constructing and visualizing the information model of the enterprise], *Sb. trudov Nauchno-tekhnicheskogo foruma s mezhdunarodnym uchastiem «Vysokie tekhnologii-2004»*, *Izhevsk*, 23-26 noyabrya [Proceedings of the Scientific and technical forum with international participation "High technologies-2004", St. Petersburg, 23-26 November]. 204 p.
25. *Klir Dzh. Sistemologiya. Avtomatizatsiya resheniya sistemnykh zadach* [Systemology. Automation of system tasks]. Moscow: Radio i svyaz', 1990, 536 p.
26. *L'jung L. Identifikatsiya system* [Identification of systems]. Moscow: Mir, 1975.
27. *Norenkov I.P. Vvedenie v avtomatizirovannoe proektirovanie tekhnicheskikh ustroystv i sistem* [Introduction to computer-aided design of technical devices and systems]. Moscow: Vysshaya shkola, 1980, 308 p.
28. *Mironov S.V., Pishchukhin A.M. Metasistemnyy podkhod v upravlenii: monografiya* [Metasystem approach in management: monograph]. Orenburg: GOU OGU, 2004, 338 p.

Статью рекомендовал к опубликованию д.т.н., профессор В.И. Финаев.

**Маакот Амин Касим Ммаакот** – Южный федеральный университет; e-mail: Amaakot@gmail.com; 347928, г. Таганрог, ул. Энгельса, 1; аспирант.

**Maakot Amin Qasim Mmaakot** – Southern Federal University; e-mail: Amaakot@gmail.com; 1, Engels street, Taganrog, 347928, Russia; postgraduate student.

УДК 536.22

DOI 10.23683/2311-3103-2017-3-51-64

**Р.Н. Набиев, Г.И. Гараев, Р.Р. Рустамов**

### **СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СХЕМ ЁМКОСТНЫХ ДАТЧИКОВ**

*Приведен сравнительный анализ различных видов ёмкостных датчиков с учетом их особенностей, были указаны их положительные и отрицательные свойства. Также были проанализированы: схема ёмкостных датчиков широкого потребления; схемы датчиков на конденсаторах; схемы датчиков на развёрнутых конденсаторах; схемы ёмкостных датчиков с частотоподающим LC-контуром; схемы датчиков с кварцевым резонатором; схемы датчиков с отсасывающим LC-контуром; схемы с резонансными ёмкостными датчиками*