



УДК 303.732.4

**ПРИМЕНЕНИЕ АЛГЕБРАИЧЕСКОГО АППАРАТА ДЛЯ ЭФФЕКТИВНОГО  
МОДЕЛИРОВАНИЯ БИЗНЕС-ПРОЦЕССОВ****USING ALGEBRAIC APPARATUS FOR EFFICIENT MODELING OF BUSINESS  
PROCESSES****С.И. Маторин, М.В. Михелев  
S.I. Matorin, M.V. Mikhelev***Белгородский государственный национальный исследовательский университет,  
Россия, 308015, Белгород, ул. Победы, 85**Belgorod State National Research University, 85 Pobeda St, Belgorod, 308015, Russia**e-mail: matorin@bsu.edu.ru*

*Аннотация.* Обсуждается возможность математического описания визуальных графоаналитических моделей с помощью алгебраического аппарата « $\pi$ -исчисления» Р. Милнера на примере моделей процессов управления наружным освещением в стандарте BPMN.

*Resume.* Discuss capacity of the mathematical description of visual graphic-analytical models, by means of the algebraic device « $\pi$ -calculation» by R. Milner, on an example of models control processes of outward illumination in standard BPMN.

*Ключевые слова:* визуальное графоаналитическое моделирование, BPMN,  $\pi$ -исчисление, управление наружным освещением, бизнес-процесс.

*Keywords:* visual graphic-analytical design, automation of construction of diagrams, BPMN,  $\pi$ -calculation, management outward illumination, business-process.

**Введение**

Любые организации, выходя на рынок или уже функционируя на нем, сталкиваются с очень серьезной для них проблемой – конкуренцией. Чтобы преодолеть данную проблему им необходимо непрерывно улучшать свой бизнес, развивать новые отрасли своей деятельности, то есть проводить непрерывную реорганизацию своего бизнеса, так как жесткая структура бизнеса в настоящее время не жизнеспособна. С другой стороны, по причине той же конкуренции, любая организация не может функционировать без четкого описания своего бизнеса в виде должностных инструкций и положений о подразделениях. Это обеспечивается путем проведения регламентации бизнеса. Регламентация означает создание документации, определяющей ход, результаты процессов и порядок управления ими. Регламентация процессов начинается с определения того, какие процессы должны быть регламентированы. Затем проводится документирование процесса, его входов, выходов и подпроцессов по заранее разработанному шаблону. Регламентация необходима для более точного и корректного описания процесса, что позволит создать или откорректировать должностные инструкции, закрепить ответственность, укрепить нормативную базу организации.

Эта двухсторонняя и противоречивая по своей сути задача (обеспечение возможности непрерывной реорганизации бизнеса при его постоянной четкой регламентации) может быть решена только путем формализации бизнеса. Поэтому формализация бизнеса в настоящее время является бурно развивающейся отраслью системного анализа, организационного проектирования и управленческого консультирования. С одной стороны, формализованные бизнес-процессы легче изменять и модернизировать, с другой стороны, формализация процессов позволяет четко определить правила работы сотрудников и подразделений. Кроме того, формализация бизнес-процессов является хорошей основой для последующей информатизации и автоматизации бизнеса в организации.

В качестве основного средства формализации бизнеса используются компьютерные визуальные графоаналитические модели, создаваемые с помощью различных методов системного анализа. Они являются достаточно формальным описанием, позволяющим пошагово определять виды действия, участников и результаты, а также легко понимаемы всеми участниками бизнеса. При этом применяется несколько методологий и технологий такого моделирования, составляющих

популярную информационную технологию, начавшую свое развитие в рамках так называемой CASE-технологии. Все они обладают как некоторыми достоинствами, так и определенными недостатками. Поэтому актуальными остаются исследования в области формализации визуальных графоаналитических моделей бизнеса с помощью математических методов [1].

### Визуальное графоаналитическое моделирование бизнес-процессов

В 2001–2004 годах организацией Business Process Management Initiative (BPMI) была разработана новая нотация визуального моделирования бизнес-процессов (BPMN) с учетом множества ранее существовавших нотаций. Основной целью данной разработки было получение нотации, легко понимаемой всеми пользователями: от бизнес-аналитика, создающего первые наброски описаний процессов, до технических специалистов, отвечающих за реализацию этих процессов, и, наконец, до людей бизнеса, которые управляют этими процессами и контролируют их работу. Только с появлением стандарта BPMN (доведение данной нотации до стандарта осуществил консорциум OMG) появилась возможность автоматизированного выполнения именно описаний бизнес-процессов, а не "программ", которые непрозрачным и непонятным способом разработаны другими людьми на основе этих прозрачных описаний.

Следует подчеркнуть, что одним из факторов развития BPMN является создание простого механизма для создания моделей бизнес-процессов, в то же время способного к управлению сложными бизнес-процессами. Способ решения проблемы сочетания этих двух противоречащих друг другу требований состоял в создании графических аспектов нотации по конкретным категориям. При этом совокупность категорий нотации получается небольшая, таким образом, читатель схемы BPMN может легко узнать основные типы элементов и понять схему. В рамках основных категорий элементов могут быть добавлены дополнительные изменения и информация для обеспечения соответствия требованиям сложности без значительных изменений основных ощущений и впечатлений от схемы.

Можно выделить четыре основные категории элементов нотации:

1. Объекты схемы – задача, событие, шлюз.
2. Артефакты – группа, аннотация, объект данных.
3. Области и дорожки – пул, дорожка, промежуточный этап.
4. Соединители – поток процесса, сопоставление, поток сообщений.

На рисунке 1 представлен бизнес-процесс, описывающий в нотации BPMN, процедуру выполнения переключений уличного освещения в шкафу управления (ШУ). Диспетчеру, работающему в автоматизированной системе управления наружным освещением (АСУНО), поступает заявка на выполнение переключения ШУ [2].

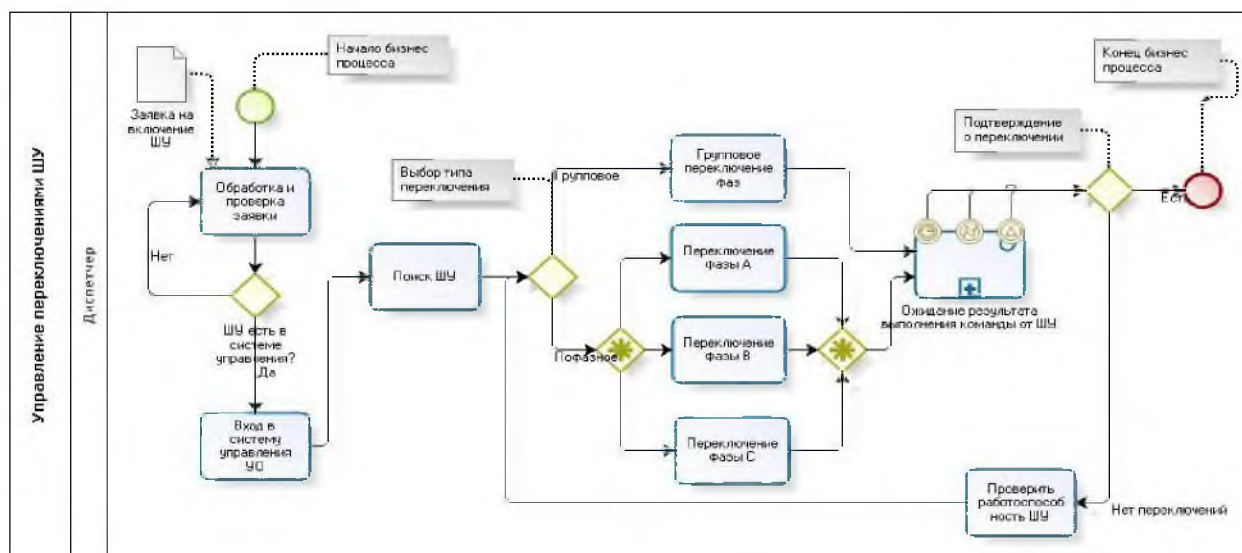


Рис. 1. Бизнес-процесс переключения освещения  
Fig. 1. Business process change lighting

Диспетчер обрабатывает заявку, выполняет поиск ШУ в системе и осуществляет удаленное переключение ШУ по команде. В случае успешного выполнения команды, приходит подтверждение о выполненном переключении.



Весь бизнес-процесс разбит на действия, в терминах BPMN – это задача или подзадача. Переходы между действиями показаны стрелками – это поток процесса, а документы, которые порождаются или используются каким-либо действием – это объект данных. Также в бизнес-процессе присутствуют точки принятия решений, в которых поток процесса может быть продолжен по одному или нескольким альтернативным путям – это шлюзы.

Несмотря на то, что для решения ряда задач вполне достаточно графоаналитического представления процессов, существуют задачи, решение которых невозможно без более формального, то есть математического их описания (например, задача верификации или имитационного моделирования).

### Математическое описание бизнес-процессов с помощью $\pi$ -исчисления

Для математического описания моделей бизнес-процессов будем использовать алгебраический аппарат, разработанный в 1989 году шотландским математиком Робертом Милнером, названный « $\pi$ -исчисление», являющийся расширением «исчисления взаимодействующих систем (CCS)» [3].

$\pi$ -исчисление – современная алгебра процессов, которая описывает мобильные системы в широком смысле. Исчисление основывается на концепции мобильности, которое включает коммуникации и изменения. Связь осуществляется между различными процессами. Структура процессов изменяется с течением времени по каналам коммуникаций, например, процесс может динамически включать в себя другие процессы, которые он получил с помощью каналов коммуникаций. Сами каналы коммуникаций основаны на концепции имен. Имя – это собирательное название для различных ссылок, указателей, идентификаторов, которые имеют свою сферу применения. Предполагается, что имя представляет собой ссылку на процесс, который в настоящее время обрабатывает технологический маршрут (workflow) и в это время границы имени включают в себя только данный активный процесс. Как только данный процесс завершается, границы имени переходят на процесс, который обрабатывает следующий блок технологического маршрута. Гибкость  $\pi$ -исчисления обеспечивает много различных возможностей формализации моделей бизнес-систем. Каждый элемент бизнеса, такой как событие, условие, действие, описывается как самостоятельный процесс в терминах  $\pi$ -исчисления. Эти процессы используют события через каналы коммуникаций для координации поведения рабочего процесса. Некоторые процессы в совокупности образуют модель поведения, которая представляет собой модель технологического процесса. В общем смысле,  $\pi$ -исчисление – модель параллельных вычислений, основанная на посылке сообщений. В терминах  $\pi$ -исчисления любой алгоритм представляется как последовательность посылки и принятия сообщений процессами. Посылка сообщений осуществляется с помощью канала.

Примитивными сущностями  $\pi$ -исчисления являются имена. Их бесконечно много, они лишены внутренней структуры. Имена записываются как символные строки, начинающиеся со строчной буквы:  $x, y, \dots \in X$ .

Процесс  $P$  (выражение  $\pi$ -исчисления) представляет собой одно из следующего списка:

- 1)  $c(x).P$  – входной префикс, получение данных  $x$  из канала  $c$ ;
- 2)  $\bar{c}(y).P$  – выходной префикс, передача данных  $y$  по каналу  $c$ ;
- 3)  $P|Q$  – параллельный запуск двух процессов;
- 4)  $!P$  – репликация процесса;
- 5)  $(\nu x)P$  – объявление канала и последующее выполнение процесса;
- 6)  $\tau_p$  – внутреннее действие процесса;

7)  $0$  – пустой процесс.

Бизнес-процесс – это кортеж, состоящий из узлов, направленных ребер, типов и атрибутов.

Формально описывается следующим образом:

$P = (N, E, T, A)$  – формальное описание процесса, где

$N$  – набор узлов,

$E \subseteq (N \times N)$  – набор направленных ребер между узлами,

$T: N \rightarrow \text{TYPE}$  – функция,

$A \subseteq (N \times (\text{KEY} \times \text{VALUE}))$  – связи между узлами и значениями.

$N$  представляет собой набор действий,  $E$  отвечает за маршрутизацию потока управления,  $T$  связывает узлы с шаблонами рабочего процесса модели,  $A$  описывает связь пары ключ/значение для узлов. Примечательно, что граф процесса описывает только статическую структуру, то есть схему бизнес-процесса и может быть легко связан с графическим отображением подхода УФО.

Чтобы описать граф процесса с помощью семантики алгебры процессов, воспользуемся алгоритмом.

Алгоритм 1. Описание графа процесса в семантике алгебры процессов.



Граф процесса  $P = (N, E, T, A)$  представляется в виде элементов л-исчисления следующим образом:

1. Все узлы процесса  $P$  соответствуют уникальным идентификаторам л-исчисления  $N_1 \dots N_N | P_N |$ .
2. Все ребра процесса  $P$  соответствуют именам л-исчисления  $e_1 \dots e | P_E |$ .
3. Внутреннюю деятельность процесса будем обозначать  $\tau$ . Если граф процесса циклический, то используется рекурсия для возможности многократного выполнения экземпляра деятельности.
4. Элемент  $N \stackrel{def}{=} (ve_1, \dots, e | P_E) (\prod_{i=1}^{|P_N|} N_i)$  описывает экземпляр процесса.

Любой бизнес-процесс можно представить как набор из основных конструкций. К основным конструкциям бизнес-процессов можно отнести[4]:

Таблица 1  
Table 1

**Основные конструкции бизнес-процессов, описанные в нотации BPMN**  
**The basic construction of business processes described in BPMN notation**

1. Последовательность		$P = A   B  $ ; $A = \tau_A . \bar{b} \langle x \rangle . 0$ ; $B = b(x) . \tau_B . B'$
2. Параллельное разделение		$P = A   (B   C)$ ; $A = \tau_A . (\bar{b} \langle x \rangle . 0   \bar{c} \langle x \rangle . 0)$ ; $B = b(x) . \tau_B . B'$ ; $C = c(x) . \tau_C . C'$
3. Синхронизация		$P = (B   C)   D$ ; $B = \tau_B . \bar{d}_1 \langle x \rangle . 0$ ; $C = \tau_C . \bar{d}_2 \langle x \rangle . 0$ ; $D = d_1(x) . d_2(x) . \tau_D . D'$
4. Выбор		$P = A   (B + C)$ ; $A = \tau_A . (\bar{b} \langle x \rangle . 0 + \bar{c} \langle x \rangle . 0)$ ; $B = b(x) . \tau_B . B'$ ; $C = c(x) . \tau_C . C'$
5. Объединение		$P = (B + C)   D$ ; $B = \tau_B . \bar{d} \langle x \rangle . 0$ ; $C = \tau_C . \bar{d} \langle x \rangle . 0$ ; $D = d(x) . \tau_D . D'$

На рис. 2 представлен бизнес-процесс, показанный на рис. 1 в упрощенном виде. В данном случае все действия (задачи) представлены в виде процессов, переходы между действиями заменены на именованные потоки процесса, шлюзы заменены на блоки параллельного разделения, синхронизации и выбора.

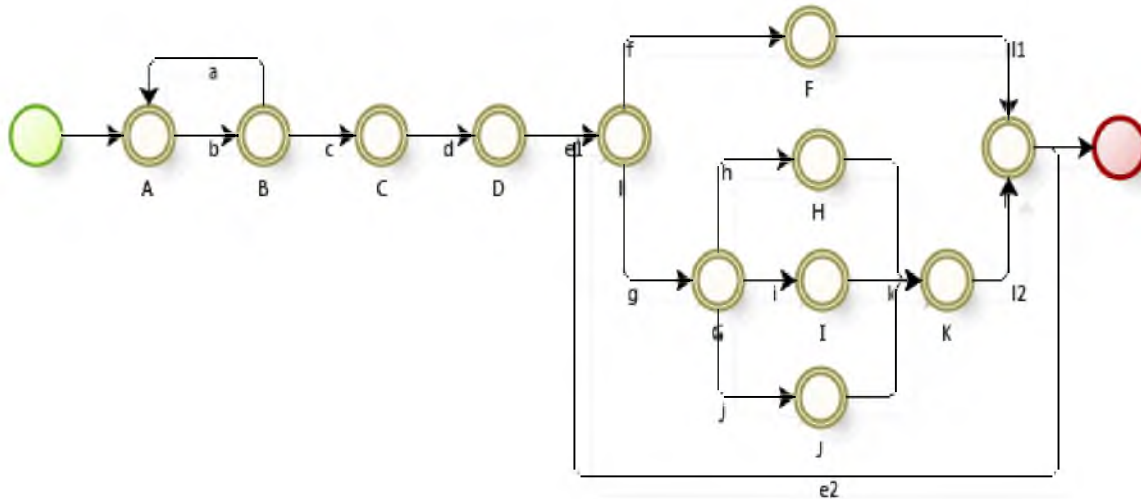


Рис. 2. Упрощенный вид бизнес-процесса переключения освещения  
 Fig. 2. A simplified view of the business process of switching light

Процессы, показанные на рис. 2, могут быть представлены в терминах  $\pi$ -исчисления следующим образом:

$$\begin{aligned}
 A &= !a(x). \tau_A. \bar{b}\langle x \rangle. 0 \\
 B &= !b(x). \tau_B. (\bar{a}\langle x \rangle. 0 + \bar{c}\langle x \rangle. 0) \\
 C &= c(x). \tau_C. \bar{d}\langle x \rangle. 0 \\
 D &= d(x). \tau_D. \bar{e}\langle x \rangle. 0 \\
 E &= e1(x). !e2(x). \tau_E. (\bar{f}\langle x \rangle. 0 \mid \bar{g}\langle x \rangle. 0) \\
 F &= !f(x). \tau_F. \bar{l1}\langle x \rangle. 0 \\
 G &= !g(x). \tau_G. (\bar{h}\langle x \rangle. 0 + \bar{i}\langle x \rangle. 0 + \bar{j}\langle x \rangle. 0) \\
 H &= !h(x). \tau_H. \bar{k}\langle x \rangle. 0 \\
 I &= !i(x). \tau_I. \bar{k}\langle x \rangle. 0 \\
 J &= !j(x). \tau_J. \bar{k}\langle x \rangle. 0 \\
 K &= !k(x). \tau_K. \bar{l2}\langle x \rangle. 0 \\
 L &= (!l1(x) \mid !l2(x)). \tau_L. (\bar{e2}\langle x \rangle. 0 + 0)
 \end{aligned}$$

Таким образом, весь бизнес-процесс переключения освещения может быть описан в виде следующих ниже выражений:

$$P = A \mid B \mid (A + C) \mid D \mid E \mid (F \mid (G \mid H + I + J \mid K)) \mid L \mid (E + 0) \text{ или}$$

$$\begin{aligned}
 P &= !a(x). \tau_A. \bar{b}\langle x \rangle. 0 \mid !b(x). \tau_B. (\bar{a}\langle x \rangle. 0 + \bar{c}\langle x \rangle. 0) \mid (!a(x). \tau_A. \bar{b}\langle x \rangle. 0) + (c(x). \tau_C. \bar{d}\langle x \rangle. 0) \mid \\
 &d(x). \tau_D. \bar{e}\langle x \rangle. 0 \mid e1(x). !e2(x). \tau_E. (\bar{f}\langle x \rangle. 0 \mid \bar{g}\langle x \rangle. 0) \mid (!f(x). \tau_F. \bar{l1}\langle x \rangle. 0) \mid \\
 &(!g(x). \tau_G. (\bar{h}\langle x \rangle. 0 + \bar{i}\langle x \rangle. 0 + \bar{j}\langle x \rangle. 0) \mid (!h(x). \tau_H. \bar{k}\langle x \rangle. 0 + !i(x). \tau_I. \bar{k}\langle x \rangle. 0 + !j(x). \tau_J. \bar{k}\langle x \rangle. 0) \mid \\
 &!k(x). \tau_K. \bar{l2}\langle x \rangle. 0) \mid (!l1(x) \mid !l2(x)). \tau_L. (\bar{e2}\langle x \rangle. 0 + 0) \mid (e1(x). !e2(x). \tau_E. (\bar{f}\langle x \rangle. 0 \mid \bar{g}\langle x \rangle. 0 + 0)
 \end{aligned}$$



### Заключение

Моделирование бизнес-процессов – это эффективное средство поиска путей оптимизации, средство прогнозирования и минимизации рисков, возникающих на различных этапах управления процессами.

Использование BPMN в качестве нотации для моделирования бизнес-процессов, является мощным и современным инструментом. Этот инструмент нацелен на бизнес-аналитиков, архитекторов и разработчиков программного обеспечения. Данная нотация создавалась как способ сделать более быстрой всю разработку деловых процессов: от их проектирования до внедрения. Такая гибкость и простота осуществляется за счет процессно-ориентированного подхода к моделированию приложений.

Использование  $\lambda$ -счисления в качестве формального аппарата для описания моделей BPMN дает возможность создавать средства имитационного моделирования бизнес-процессов и решать задачи верификации процессов.

Моделирование бизнес-процессов для управления уличным освещением с помощью BPMN-моделей и  $\lambda$ -исчисления позволило решить задачи мониторинга и диагностики сетей, управления переключениями и учета энергопотребления, а также более рационально организовать взаимодействие генерирующих компаний с конечными плательщиками электрической энергии.

### Список литературы References

1. Михелев М.В. Формализация бизнеса с помощью графоаналитических моделей / Михелев М.В., Маторин С.И. // Научные ведомости БелГУ. Сер. История. Политология. Экономика. Информатика. – Белгород, 2009.- № 1 (56). – Выпуск № 9/1. – С. 86–94.

Mihelev M.V. Formalizaciya biznesa s pomoshch'yu grafoanaliticheskikh modelej / Mihelev M.V., Matorin S.I. // Nauchnye vedomosti BelGU. Ser. Istorija. Politologija. Jekonomika. Informatika. – Belgorod, 2009.- № 1(56). – Vypusk № 9/1. – S. 86–94.

2. Михелев М.В. Моделирование бизнес-процессов в управлении наружным освещением / Михелев М.В., Маторин С.И. // Журнал научных публикаций аспирантов и докторантов. – Курск, 2009. - № 3. - С. 136–139.

Mihelev M.V. Modelirovanie biznes-processov v upravlenii naruzhnym osveshcheniem / Mihelev M.V., Matorin S.I. // Zhurnal nauchnykh publikacij aspirantov i doktorantov. – Kursk, 2009. - № 3. - S. 136–139.

3. R. Milner Communicating and Mobile Systems: the  $\pi$ -Calculus. Cambridge University Press, ISBN 052164320, 1999.

R. Milner Communicating and Mobile Systems: the  $\pi$ -Calculus. Cambridge University Press, ISBN 052164320, 1999.

4. Михелев М.В. Формализация моделей процессов на основе  $\pi$ -исчисления./ Михелев М.В., Маторин С.И.// Научные ведомости БелГУ. Сер. История. Политология. Экономика. Информатика. – Белгород, 2009. № 9(64)2009 Выпуск 11/1 – С. 165–169.

Mihelev M.V. Formalizaciya modelej processov na osnove pi-ischisleniya./ Mihelev M.V., Matorin S.I.// Nauchnye vedomosti BelGU. Ser. Istorija. Politologija. Jekonomika. Informatika. – Belgorod, 2009. № 9 (64) 2009 Vypusk 11/1 - S. 165–169.