

радиолучей является эллиптическая поверхность, центр которой определяется координатами (19), а размеры – выражениями (22), (25) при заданных доверительной вероятности  $P_s$  и дисперсиях  $\sigma_j^2$  угловых ошибок пеленгов.

#### Литература

1. Корниенко С. А., Сивакозов А. И., Федоренко В. В. Решение задачи радиоконтроля на основе использования методов планиметрии // Известия Института инженерной физики. 2007. № 1. С. 16–18.
2. Сивакозов А. И., Федоренко Н. В. Математическое моделирование зон формирования отраженных лучей в задаче пеленгации закрытых источников излучения радиосигналов // Информационные технологии моделирования и управления. 2006. № 9. С. 1141–1146.
3. Сивакозов А. И. Моделирование области неопределенности местоположения источника радиоизлучений с учетом угловых погрешностей пеленгов отраженных радиолучей // Информационные технологии моделирования и управления. 2007. № 2. С. 221–227.
4. Двайт Г. Б. Таблицы интегралов и другие математические формулы. М.: Наука, 1977. 224 с.
5. Кукес И. С., Старик М. Е. Основы радиопеленгации. М.: Сов. радио, 1964. 640 с.
6. Вентцель Е. С., Овчаров Л. А. Теория вероятностей и ее инженерные приложения. М.: Высш. шк., 2000. 480 с.

УДК 658:007

**Яковлев Сергей Владимирович, Дерябина Светлана Евгеньевна,  
Ильслова Марина Васильевна**

## РАЗРАБОТКА МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ ПРОЦЕССОВ УПРАВЛЕНИЯ ИНЦИДЕНТАМИ УСЛУГ СВЯЗИ

*Разработана имитационная модель процессов управления инцидентами услуг связи на базе методологии цветных сетей Петри в среде CPN Tools.*

*Ключевые слова: компания связи, услуга, ITSM, ITIL, бизнес-процесс, имитационная модель, CPN Tools, пространство состояний, маркировка.*

**Yakovlev Sergei Vladimirovich, Derjabina Svetlana Evgen'evna, Il'jasova Marina Vasil'evna  
DEVELOPMENT OF A MATHEMATICAL MODEL OF THE PROCESSES  
OF INCIDENT MANAGEMENT COMMUNICATIONS SERVICES**

*The simulation model of administrative processes by incidents of communication services on the basis of methodology of color Petri nets in the environment of CPN Tools is developed.*

*Keywords: communication company, service, ITSM, ITIL, business process, simulation model, CPN Tools, state space, marking.*

**Введение.** В последние годы среди российских компаний наблюдается все больший рост популярности сервис-ориентированных подходов к управлению информационными технологиями (ИТ). Данный подход к управлению и организации ИТ-услуг, направленный на удовлетворение потребностей бизнеса, регулируется по средствам ITSM (Information Technology Service Management). Для содействия реализации подхода к управлению ИТ-услугами используются библиотека передового опыта организации ИТ – ITIL (IT Infrastructure Library), пакет открытых документов CobiT (Control Objectives for Information and Related Technology – задачи информационных и смежных технологий) и ряд других стандартов и методологий, отраженных на рис. 1 [1].

Процесс управления инцидентами считается одним из базовых процессов, обеспечивающих поддержку и предоставление ИТ сервисов. Целью процесса управления инцидентами является скорейшее восстановление нормального функционирования сервиса в соответствии с соглашением об уровне услуг и минимизация воздействия отказа на жизнедеятельность бизнеса.

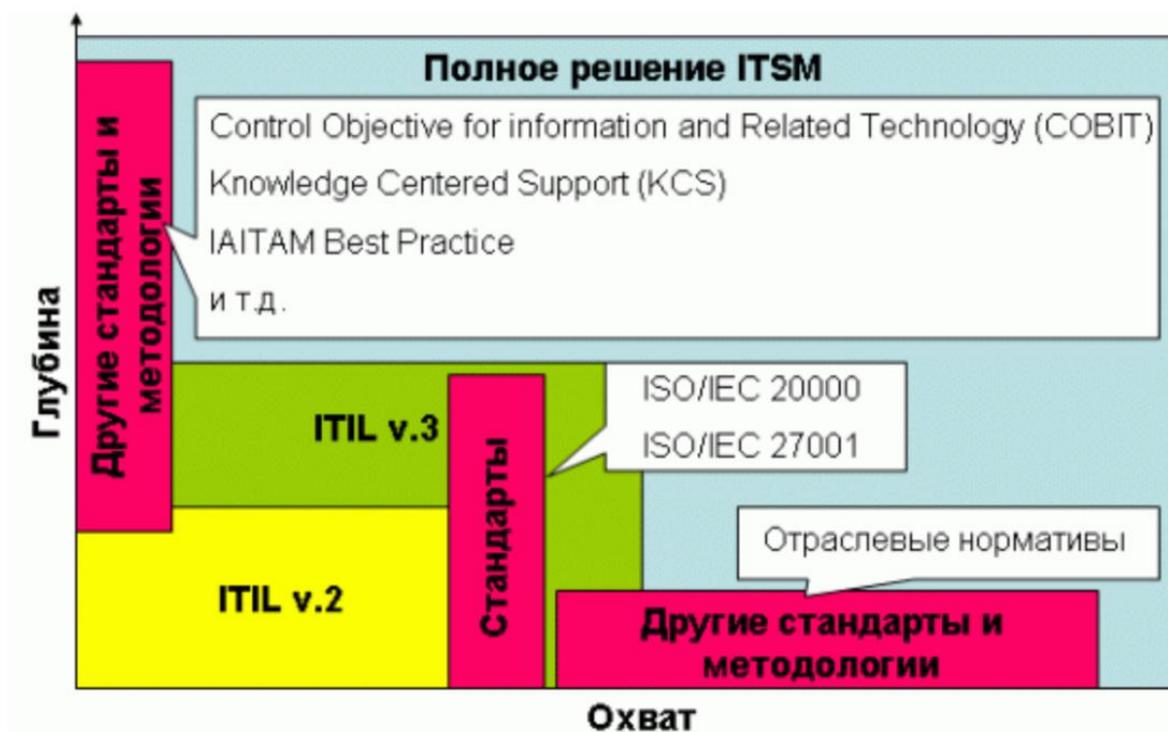


Рис. 1. Состав методологии ITSM

Инцидент – любое событие, не являющееся частью нормальной работы услуги, ведущее или способное привести к остановке услуги или снижению уровня ее качества.

**Постановка задачи.** Целью настоящего исследования является разработка модели процессов управления инцидентами услуг связи на основе методологии раскрашенных сетей Петри [2, 3]. Программная среда создания и имитационного моделирования CPN Tools [4] позволяет осуществлять в том числе формальные методы анализа свойств раскрашенных сетей Петри.

Возможности методологии раскрашенных сетей Петри, реализованные в среде CPN Tools, позволяют в явном виде идентифицировать в виде маркера ресурсы процесса управления инцидентами и их атрибуты, учитывать временные задержки и вероятности выполнения альтернативных путей.

**Решение задачи.** Математическая модель процессов управления инцидентами услуг связи приведена на рис. 2, 3. Вероятностные и временные характеристики исследуемой модели определены в соответствии с табл. 1 и 2.

Таблица 1

Вероятностные характеристики модели процессов управления инцидентами услуг связи

№ п/п	Действие	Вероятность
1	Совпадение инцидента с известными решениями	0,65
	Не совпадение инцидента с известными решениями	0,25
	Высокий приоритет инцидента	0,1
2	Решение в Service desk удалось	0,95
	Решение в Service desk не удалось	0,05
3	Инцидент не сложен	0,8
	Инцидент сложен: последующий уровень поддержки	0,2

Таблица 2

Временные характеристики модели процессов управления инцидентами услуг связи

№ п/п	Действие	Переходы, элементы	Интервал времени, мин
1	Составление подробной записи об инциденте	del1(), t1	10 – 60
2	Классификация	del2(), t2, t3, t4	10 – 60
3	Решение инцидента в службе Service Desk	del3(), t5	5 – 30
4	Информация о состоянии инцидента, сравнение инцидента с предыдущими инцидентами	del4(), t6	30 – 120
5	Управление проблемами	del6(), t10	20 – 60
6	Решение о создании новой записи проблемы	del7(), t11	5 – 30
7	Определение сложности инцидента	del5(), t7	30 – 120
8	Инцидент сложен: Последующий уровень поддержки	del8(), t14	60 – 180
9	Доступ к инциденту	del9(), t15	15 – 35
10	Сбор и группировка необходимых фактов, выборка пострадавших элементов конфигурации (CLS), ассоциация инцидента с известными ошибками	del10(), t16	20 – 120
11	Отчеты, связанные с интегрированным набором инструментов	del11(), t17	10 – 45
12	Отчеты, связанные с отдельным набором инструментов	del12(), t18	10 – 45
13	Диагностика	del13(), t19	15 – 20
14	Устранение инцидента	del14(), t20	10 – 20
15	Восстановление сервиса	del15(), t21	10 – 20

Для оценки эффективности процесса необходимо определить четкие измеряемые целевые показатели KPI (Key Performance Indicators, ключевые показатели эффективности).

Для измерения продуктивности и эффективности процесса управления инцидентами необходимо сделать выводы о таких особенностях математической модели, как

- общее количество инцидентов;
- среднее фактическое время, затраченное на разрешение инцидента или поиск обходного решения, с разбивкой по коду влияния;
- процент инцидентов, обработанных в рамках согласованного времени реакции;
- средние затраты на инцидент;
- процент инцидентов, закрытых службой Service Desk без обращений к другим уровням поддержки;
- обработанные инциденты по каждой рабочей станции Service Desk;
- количество и процент инцидентов, разрешенных к удалению.

На рис. 4, 5 представлены результаты имитационного моделирования.

Система CPN Tools предоставляет возможности для анализа структурных свойств моделей на основе формирования пространства состояний. Пример такого отчета показан в таблице 3.

Важным свойством сети Петри является отсутствие тупиковых или «мёртвых» маркировок. Для устранения этого свойства анализируется проблема возникновения тупиковой маркировки и изменяет структуру сети Петри и соответствующий ей алгоритм работы моделируемой системы.

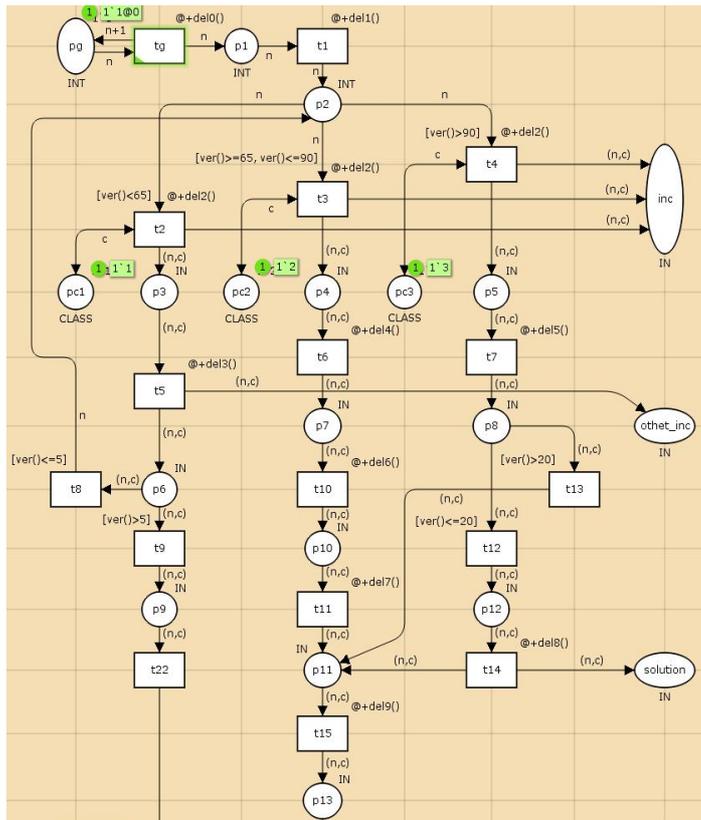


Рис. 2. Начальное состояние модели процессов управления инцидентами услуг связи (1-й фрагмент модели)

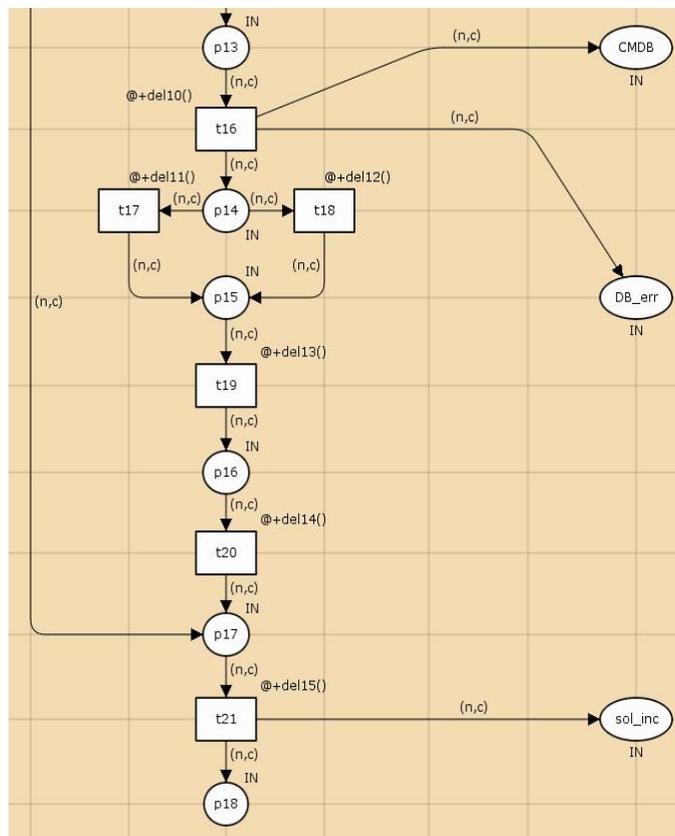


Рис. 3. Начальное состояние модели процессов управления инцидентами услуг связи (2-й фрагмент модели)

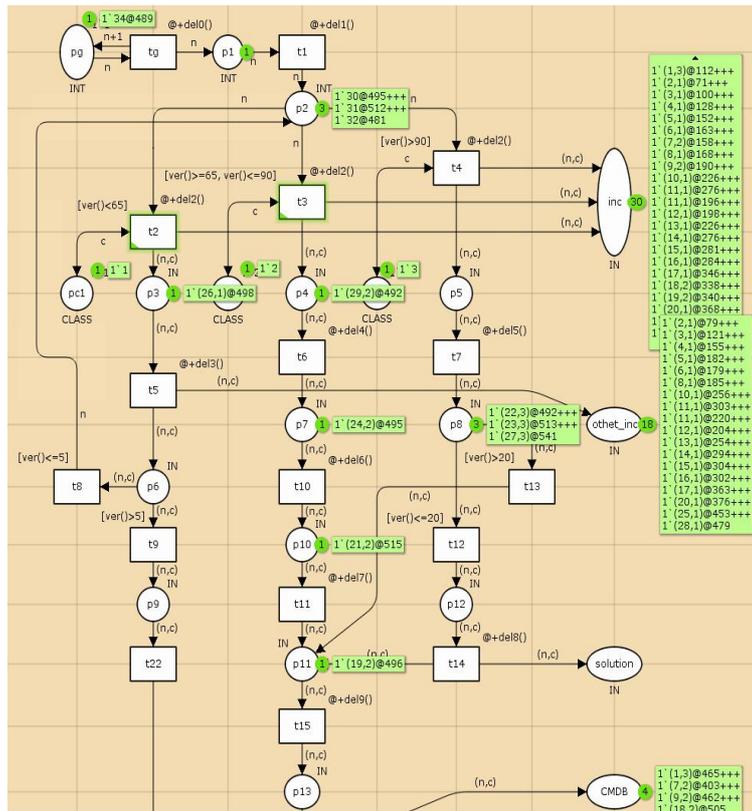


Рис. 4. Конечное состояние модели процессов управления инцидентами услуг связи (первый фрагмент модели)

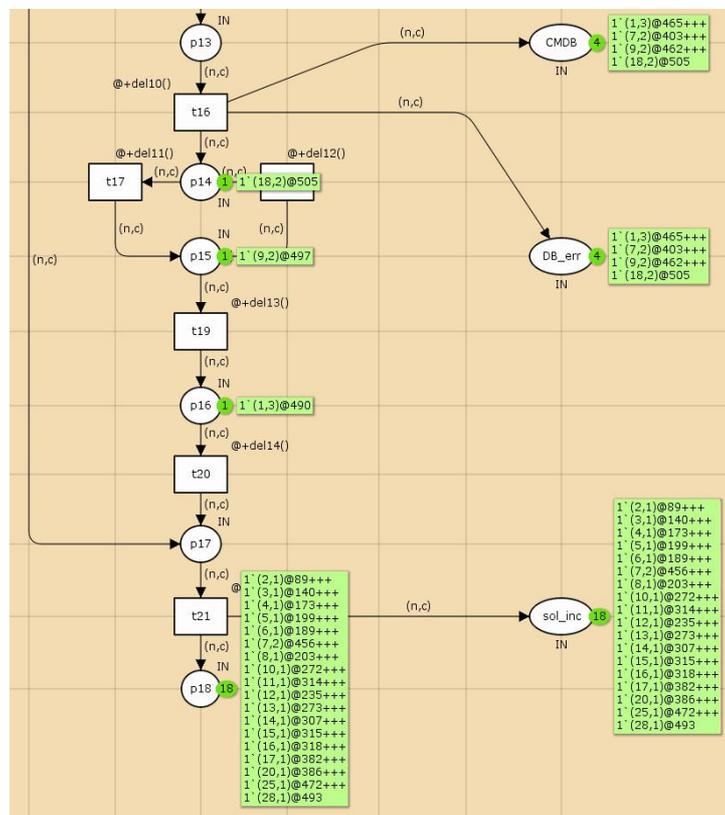


Рис. 5. Конечное состояние модели процессов управления инцидентами услуг связи (второй фрагмент модели)

Таблица 3

## Отчет о проведении анализа пространства состояний

Отчет	Комментарии																																																																																							
State Space Nodes: 84193 Arcs: 84513 Secs: 300 Status: Partial	Пространство состояний вычислено полностью и содержит: 84193 узлов, 84513 дуг, 300 секций																																																																																							
Best Integer Bounds <table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="width: 80%;"></th> <th style="width: 10%; text-align: center;">Upper</th> <th style="width: 10%; text-align: center;">Lower</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>New_Page'CMDB 1</td><td style="text-align: center;">0</td><td style="text-align: center;">0</td></tr> <tr><td>New_Page'DB_err 1</td><td style="text-align: center;">0</td><td style="text-align: center;">0</td></tr> <tr><td>New_Page'inc 1</td><td style="text-align: center;">7</td><td style="text-align: center;">0</td></tr> <tr><td>New_Page'othet_inc 1</td><td style="text-align: center;">5</td><td style="text-align: center;">0</td></tr> <tr><td>New_Page'p10 1</td><td style="text-align: center;">1</td><td style="text-align: center;">0</td></tr> <tr><td>New_Page'p1 1</td><td style="text-align: center;">2</td><td style="text-align: center;">0</td></tr> <tr><td>New_Page'p11 1</td><td style="text-align: center;">0</td><td style="text-align: center;">0</td></tr> <tr><td>New_Page'p12 1</td><td style="text-align: center;">0</td><td style="text-align: center;">0</td></tr> <tr><td>New_Page'p13 1</td><td style="text-align: center;">0</td><td style="text-align: center;">0</td></tr> <tr><td>New_Page'p14 1</td><td style="text-align: center;">0</td><td style="text-align: center;">0</td></tr> <tr><td>New_Page'p15 1</td><td style="text-align: center;">0</td><td style="text-align: center;">0</td></tr> <tr><td>New_Page'p16 1</td><td style="text-align: center;">0</td><td style="text-align: center;">0</td></tr> <tr><td>New_Page'p17 1</td><td style="text-align: center;">2</td><td style="text-align: center;">0</td></tr> <tr><td>New_Page'p18 1</td><td style="text-align: center;">3</td><td style="text-align: center;">0</td></tr> <tr><td>New_Page'p2 1</td><td style="text-align: center;">8</td><td style="text-align: center;">0</td></tr> <tr><td>New_Page'p3 1</td><td style="text-align: center;">7</td><td style="text-align: center;">0</td></tr> <tr><td>New_Page'p4 1</td><td style="text-align: center;">5</td><td style="text-align: center;">0</td></tr> <tr><td>New_Page'p5 1</td><td style="text-align: center;">2</td><td style="text-align: center;">0</td></tr> <tr><td>New_Page'p6 1</td><td style="text-align: center;">4</td><td style="text-align: center;">0</td></tr> <tr><td>New_Page'p7 1</td><td style="text-align: center;">2</td><td style="text-align: center;">0</td></tr> <tr><td>New_Page'p8 1</td><td style="text-align: center;">1</td><td style="text-align: center;">0</td></tr> <tr><td>New_Page'p9 1</td><td style="text-align: center;">2</td><td style="text-align: center;">0</td></tr> <tr><td>New_Page'pc1 1</td><td style="text-align: center;">1</td><td style="text-align: center;">1</td></tr> <tr><td>New_Page'pc2 1</td><td style="text-align: center;">1</td><td style="text-align: center;">1</td></tr> <tr><td>New_Page'pc3 1</td><td style="text-align: center;">1</td><td style="text-align: center;">1</td></tr> <tr><td>New_Page'pg 1</td><td style="text-align: center;">1</td><td style="text-align: center;">1</td></tr> <tr><td>New_Page'sol_inc 1</td><td style="text-align: center;">3</td><td style="text-align: center;">0</td></tr> <tr><td>New_Page'solution 1</td><td style="text-align: center;">0</td><td style="text-align: center;">0</td></tr> </tbody> </table>		Upper	Lower	New_Page'CMDB 1	0	0	New_Page'DB_err 1	0	0	New_Page'inc 1	7	0	New_Page'othet_inc 1	5	0	New_Page'p10 1	1	0	New_Page'p1 1	2	0	New_Page'p11 1	0	0	New_Page'p12 1	0	0	New_Page'p13 1	0	0	New_Page'p14 1	0	0	New_Page'p15 1	0	0	New_Page'p16 1	0	0	New_Page'p17 1	2	0	New_Page'p18 1	3	0	New_Page'p2 1	8	0	New_Page'p3 1	7	0	New_Page'p4 1	5	0	New_Page'p5 1	2	0	New_Page'p6 1	4	0	New_Page'p7 1	2	0	New_Page'p8 1	1	0	New_Page'p9 1	2	0	New_Page'pc1 1	1	1	New_Page'pc2 1	1	1	New_Page'pc3 1	1	1	New_Page'pg 1	1	1	New_Page'sol_inc 1	3	0	New_Page'solution 1	0	0	Сеть ограничена сверху, так как все позиции ограничены
	Upper	Lower																																																																																						
New_Page'CMDB 1	0	0																																																																																						
New_Page'DB_err 1	0	0																																																																																						
New_Page'inc 1	7	0																																																																																						
New_Page'othet_inc 1	5	0																																																																																						
New_Page'p10 1	1	0																																																																																						
New_Page'p1 1	2	0																																																																																						
New_Page'p11 1	0	0																																																																																						
New_Page'p12 1	0	0																																																																																						
New_Page'p13 1	0	0																																																																																						
New_Page'p14 1	0	0																																																																																						
New_Page'p15 1	0	0																																																																																						
New_Page'p16 1	0	0																																																																																						
New_Page'p17 1	2	0																																																																																						
New_Page'p18 1	3	0																																																																																						
New_Page'p2 1	8	0																																																																																						
New_Page'p3 1	7	0																																																																																						
New_Page'p4 1	5	0																																																																																						
New_Page'p5 1	2	0																																																																																						
New_Page'p6 1	4	0																																																																																						
New_Page'p7 1	2	0																																																																																						
New_Page'p8 1	1	0																																																																																						
New_Page'p9 1	2	0																																																																																						
New_Page'pc1 1	1	1																																																																																						
New_Page'pc2 1	1	1																																																																																						
New_Page'pc3 1	1	1																																																																																						
New_Page'pg 1	1	1																																																																																						
New_Page'sol_inc 1	3	0																																																																																						
New_Page'solution 1	0	0																																																																																						

**Выводы.** Разработана математическая модель процессов управления инцидентами услуг связи, позволяющая провести анализ и оценить качество организации системы управления инцидентами в соответствии с выбранными критериями. Этот процесс может быть итерационным и многофакторным.

Наблюдая за процессом функционирования системы, мы можем сделать заключение: соответствует ли ее поведение ожидаемому или нет, и затем внести необходимые поправки в модель, таким образом, модель верифицируется (проверяется на корректность).

Для анализа эффективности функционирования моделируемой системы собирается статистическая информация, которая затем может быть представлена в виде графиков, гистограмм или таблиц.

Помимо имитационного моделирования, для анализа построенной модели среда CPN Tools предоставляет формальные методы анализа – при помощи автоматического построения пространства допустимых состояний исследуются свойства безопасности, живости, достижимости и др.

Формальные методы анализа раскрашенных сетей Петри, а также сам процесс и результаты имитационного моделирования помогают получить важную информацию о структуре и динамическом поведении моделируемой системы. Эта информация используется для оценки системы

управления инцидентами на основании выбранных критериев в том числе для последующего совершенствования ее бизнес-процессов.

#### *Литература*

1. LANDesker [Электронный ресурс]. URL : <http://landesker.livejournal.com/1186.html/> (дата обращения: 05.12.2012).
2. Котов В. Е. Сети Петри. М.: Наука, 1984. 158 с.
3. Jensen K. Coloured Petri Nets: Basic Concepts, Analysis Methods and Practical Use. Berlin: Springer. Vol. 1. 1996. Vol. 2. 1997. Vol. 3. 1997.
4. Coloured Petri Nets. [Электронный ресурс]. URL: <http://cs.au.dk/CPnets/> (дата обращения: 04.12.2012)

УДК 658:007

**Яковлев Сергей Владимирович, Дерябина Светлана Евгеньевна,  
Ильцова Марина Васильевна**

## **РАЗРАБОТКА МОДЕЛЕЙ ПРОЦЕССОВ ПРЕДОСТАВЛЕНИЯ УСЛУГ ОПЕРАТОРА СВЯЗИ**

*Разработаны модели бизнес-процессов инфокоммуникационной компании, связанные с доступом к сети Интернет с использованием нотации BPMN.*

*Ключевые слова: инфокоммуникационная компания, услуги связи, бизнес-процесс, модель, BPMN, технология.*

**Yakovlev Sergei Vladimirovich, Derjabina Svetlana Evgen'evna,  
Il'jasova Marina Vasil'evna  
DEVELOPMENT OF MODELS OF PROCESSES OF SERVICE  
OF THE TELECOM OPERATOR**

*The models of business processes Internet connection infocommunication companies using the notation BPMN.*

*Key words: information-communication company, communication services, business process, model, BPMN, technology.*

**Введение.** Конкуренция на рынке инфокоммуникационных услуг усиливается с каждым днем, сами рынки становятся все более разнородными, а структура бизнес-процессов усложняется. Для успешной конкуренции компания связи должна иметь четко сформулированную стратегию развития бизнеса, вытекающие из неё модель управления бизнесом и тщательно спланированные процессы основных видов деятельности. Следующим шагом является создание или модернизация существующей системы поддержки бизнеса и операционной деятельности – OSS/BSS (Operation Support Systems / Business Support Systems) с целью полной или частичной автоматизации различных аспектов функционирования инфокоммуникационной компании [1].

**Постановка задачи.** Целью настоящего исследования является разработка моделей процессов предоставления услуг оператора связи на основе нотации BPMN (Business Process Model and Notation). BPMN является системой условных обозначений (нотацией) для моделирования бизнес-процессов. Разработана некоммерческой организацией Business Process Management Initiative (BPMI) [2] и поддерживается консорциумом Object Management Group [3]. На момент написания статьи последней версией является BPMN 2.0.

Нотация BPMN позволяет преобразовать модель в исполняемый язык, описать взаимодействие бизнес – бизнес и моделировать как внутренние, так и внешние процессы, поддерживает механизмы обработки исключительных ситуаций [1]. Преимуществом BPMN является возможность моделирования обмена сообщениями, а также отображения объектов данных и описания их трансформации в ходе процесса.

**Решение задачи.** Рассмотрим особенности оказания услуги доступа к сети Интернет, где основными проводными технологиями на данный момент являются: ADSL (Asymmetric Digital Subscriber Line – асимметричная цифровая абонентская линия) и FTTB (Fiber to the Building) – оптическое волокно до здания.