

И. М. Якимов, А. П. Кирпичников, В. В. Мокшин,  
М. Т. Махмутов, М. Л. Пейсахова, А. Х. Валиева, Б. А. Низамиев

## СТРУКТУРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ БИЗНЕС-ПРОЦЕССОВ В СИСТЕМАХ BPMN EDITOR, ELMA, RUNAWFE

*Ключевые слова:* структурное моделирование, моделирование систем, бизнес-процесс, системы BPMN Editor, ELMA, RunaWFE, система массового обслуживания, транзакт, генератор транзактов, очередь, обслуживающий аппарат, приоритет.

*Приводится описание методики компьютерного моделирования бизнес-процессов, включающей в себя построение структурных моделей в системах BPMN Editor, ELMA, RunaWFE, позволяющих вводить структуры моделируемых бизнес-процессов в графическом виде. Приведены 3 примера наиболее характерных моделей систем массового обслуживания.*

*Keywords:* structural modeling, business process, systems BPMN Editor, ELMA, RunaWFE, queuing system, transact, transact generator, queue, priority.

*This article describes the methods of computer modeling of business processes, including the construction of structural models in systems BPMN Editor, ELMA, RunaWFE, allows you to enter a simulated structure of business processes in a graphical form. 3 shows an example of the most typical models of queuing systems.*

Под бизнес-процессом понимают процессы, которые управляют функционированием системы, а в широком смысле можно понимать последовательность действий и операций в сложной системе, приводящие ее к определенному результату. Стандарт IDEF и система BPwin для его реализации [1], разработанные для представления бизнес-процессов в 1981 году, оказались очень удачными и нашли широкое применение на практике. Однако время идёт и всё, что когда-либо было создано, со временем устаревает и требует замены на более эффективные средства. Одним из возможных заменителей стандарта IDEF может стать стандарт BPMN (Business Process Model and Notation) (нотация моделирования бизнес-процессов) [2], разработанный рабочей группой компаний «Object Management Group» (OMG). Эти технологии использовались для описания систем, приведенных в работах [3-6].

Основной целью стандарта BPMN является обеспечение понятной нотацией для описания бизнес-процессов всех бизнес-пользователей: от бизнес-аналитиков, создающих схемы процессов, и разработчиков, ответственных за внедрение технологий выполнения бизнес-процессов, до руководителей и обычных пользователей, управляющих этими бизнес-процессами и отслеживающих их выполнение. Таким образом, стандарт BPMN нацелен на устранение расхождения между моделями бизнес-процессов и их реализацией.

В BPMN существуют пять основных категорий элементов: элементы потока (Flow Objects), данные (Data), соединяющие элементы (Connecting Objects), зоны ответственности (Swimlanes), Артефакты (Artifacts).

Элементы потока являются важнейшими графическими элементами, определяющими ход Бизнес-процесса. Элементы потока, в свою очередь, делятся на: события (Events), действия (Activities) и Шлюзы (Gateways).

События происходят в течение бизнес-процесса. События имеют причины и результаты. Они изображаются в виде круга со свободным центром, предназначенным для помещения в него различных триггеров, поясняющих события. Выделяют три типа событий: Стартовое (Start), Промежуточное (Intermediate) и Конечное (End).

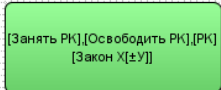
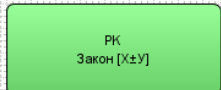
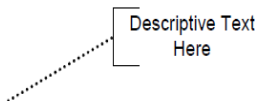
Действие – общий термин, обозначающий работу, выполняемую в ходе бизнес-процесса. Действия могут быть либо элементарными, либо составными. Выделяют следующие виды действий, являющихся частью модели Процесса: Подпроцесс (Sub-Process) и Задача (Task). И Задача, и Подпроцесс изображаются в виде прямоугольников с закругленными углами.

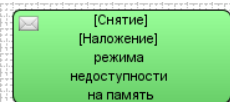
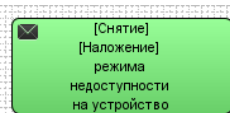
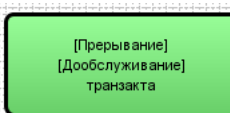
Шлюзы используются для обозначения разветвлений и слияния процессов. Внутренние маркеры указывают тип разветвления или слияния. В таблице 1 приведены основные графические элементы моделирования стандарта BPMN в BPMN Editor.

Система ELMA [2] реализует концепцию BPM (Business Process Management) (управление бизнес-процессами), близкую к стандарту BPMN, но не полностью совпадающую с ним. Она нацелена на управление бизнес-процессами и позволяет строить гибкие адаптивные информационные системы и принимать решения, способные оперативно менять бизнес-процесс при изменении внутренних или внешних условий его реализации.

В таблице 2 представлены элементы моделирования для создания структурных схем в системе ELMA.

**Таблица 1 – Основные графические элементы моделирования стандарта BPMN в BPMN Editor**

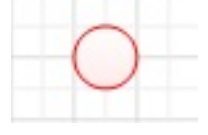
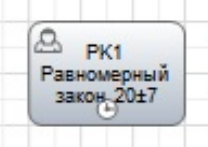
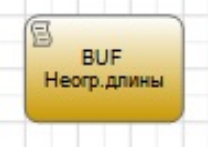
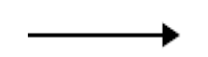
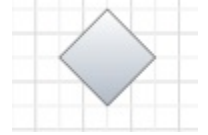
| Наименование и пояснение                                                                                                                                                                             | Нотация                                                                                                                                                                                    |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Стартовое событие</b><br>Указывает на точку начала Процесса.<br>На языке GPSS аналогом стартового события является блок GENERATE                                                                  | <br>GT                                                                                                    |
| <b>Конечное событие</b><br>Указывает на точку завершения Процесса. На языке GPSS аналогами конечного события являются блок TERMINATE и команда START (значение операнда A указывается под элементом) | <br>Завершение моделирования                                                                              |
| <b>Задача</b><br>Это элементарное действие, включенное в состав Процесса. На языке GPSS аналогами задачи являются блоки SEIZE, RELEASE, ADVANCE или комбинация данных блоков                         | <br>Частный случай<br> |
| <b>Память</b><br>На языке GPSS аналогом памяти является команда STORAGE. Внутри указывается название памяти и ее объем                                                                               |                                                                                                         |
| <b>Текстовая аннотация</b><br>Позволяет вводить в Процесс дополнительную информацию                                                                                                                  |                                                                                                         |
| <b>Стандартный поток операций</b><br>Потоки, берущие начало от Стартового события и следующие по ходу выполнения Действий. После шлюзов нужен знак «+» или «-» над стрелкой                          |                                                                                                         |
| <b>Поток операций по умолчанию</b><br>Потоки, берущие начало от шлюзов при невыполнении Условий                                                                                                      |                                                                                                         |

|                                                                                                                                                                                                                              |                                                                                                                                                                                                                      |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Параллельный шлюз</b><br>На языке GPSS аналогом параллельного шлюза является блок SPLIT                                                                                                                                   | <br>Parallel Gateway                                                                                                              |
| <b>Эксклюзивный шлюз</b><br>По заданному условию обеспечивается выбор только одной из указанных возможностей. На языке GPSS аналогами эксклюзивного шлюза являются LOOP, GATE, TEST, SELECT, TRANSFER. Имеет два обозначения | <br>Exclusive Gateway<br><br>Exclusive Gateway |
| <b>Недоступность памяти</b><br>На языке GPSS аналогами недоступности памяти являются блоки SAVAIL и SUNAVAIL                                                                                                                 |                                                                                                                                   |
| <b>Недоступность устройства</b><br>На языке GPSS аналогами недоступности устройства являются блоки FAVAIL и FUNAVAIL                                                                                                         |                                                                                                                                  |
| <b>Прерывание-дообслуживание</b><br>На языке GPSS аналогами прерывания-дообслуживания являются блоки PREEMPT и RETURN                                                                                                        |                                                                                                                                 |

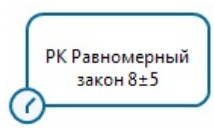
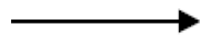
Остальных элементов, из таблицы 1 в ELMA не существует.

Система RunaWFE [7] – также реализует концепцию BPM. Она ориентирована на конечного пользователя. Основная задача системы – контроль за выдачей заданий исполнителям и исполнением выданных заданий. Система RunaWFE позволяет строить гибкие адаптивные информационные системы, способные оперативно меняться вместе с изменением бизнес-процессов компании. В таблице 3 представлены элементы моделирования для создания структурных схем в RunaWFE.

**Таблица 2 – Элементы моделирования для создания структурных схем в системе ELMA**

| Наименование и пояснение                                                                                                                                                                              | Нотация                                                                             |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Стартовое событие</b><br>Указывает на точку начала Процесса. На языке GPSS аналогом стартового события является блок GENERATE                                                                      |    |
| <b>Конечное событие</b><br>Указывает на точку завершения Процесса. На языке GPSS аналогами конечного события являются блок TERMINATE и команда START                                                  |    |
| <b>Задача</b><br>Это элементарное действие, включенное в состав Процесса. На языке GPSS аналогами задачи являются блоки SEIZE, RELEASE, ADVANCE или комбинация данных блоков                          |    |
| <b>Память</b><br>На языке GPSS аналогом памяти является команда STORAGE. Внутри указывается название памяти и ее объем                                                                                |   |
| <b>Стандартный поток операций</b><br>Потоки, берущие начало от Стартового события и следующие по ходу выполнения Действий. После шлюзов нужен знак «+» или «-» над стрелкой                           |  |
| <b>Параллельный шлюз</b><br>На языке GPSS аналогом параллельного шлюза является блок SPLIT                                                                                                            |  |
| <b>Эксклюзивный шлюз</b><br>По заданному условию обеспечивается выбор только одной из указанных возможностей. На языке GPSS аналогами эксклюзивного шлюза являются LOOP, GATE, TEST, SELECT, TRANSFER |  |

**Таблица 3 – Элементы моделирования для создания структурных схем в системе RunaWFE**

| Наименование и пояснение                                                                                                                                                                              | Нотация                                                                               |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Стартовое событие</b><br>Указывает на точку начала Процесса. На языке GPSS аналогом стартового события является блок GENERATE                                                                      |    |
| <b>Конечное событие</b><br>Указывает на точку завершения Процесса. На языке GPSS аналогами конечного события являются блок TERMINATE и команда START                                                  |    |
| <b>Задача</b><br>Это элементарное действие, включенное в состав Процесса. На языке GPSS аналогами задачи являются блоки SEIZE, RELEASE, ADVANCE или комбинация данных блоков                          |    |
| <b>Память</b><br>На языке GPSS аналогом памяти является команда STORAGE. Внутри указывается название памяти и ее объем                                                                                |   |
| <b>Стандартный поток операций</b><br>Потоки, берущие начало от Стартового события и следующие по ходу выполнения Действий. После шлюзов нужен знак «+» или «-» над стрелкой                           |  |
| <b>Параллельный шлюз</b><br>На языке GPSS аналогом параллельного шлюза является блок SPLIT                                                                                                            |  |
| <b>Эксклюзивный шлюз</b><br>По заданному условию обеспечивается выбор только одной из указанных возможностей. На языке GPSS аналогами эксклюзивного шлюза являются LOOP, GATE, TEST, SELECT, TRANSFER |  |
| <b>Недоступность памяти</b><br>На языке GPSS аналогами недоступности памяти являются блоки SAVAIL и SUNAVAIL                                                                                          |  |
| <b>Недоступность устройства</b><br>На языке GPSS аналогами недоступности устройства являются блоки FAVAIL и FUNAVAIL                                                                                  |  |

Приведём четыре примера создания структурных моделей в системах: BPMN Editor, ELMA, RunaWFE.

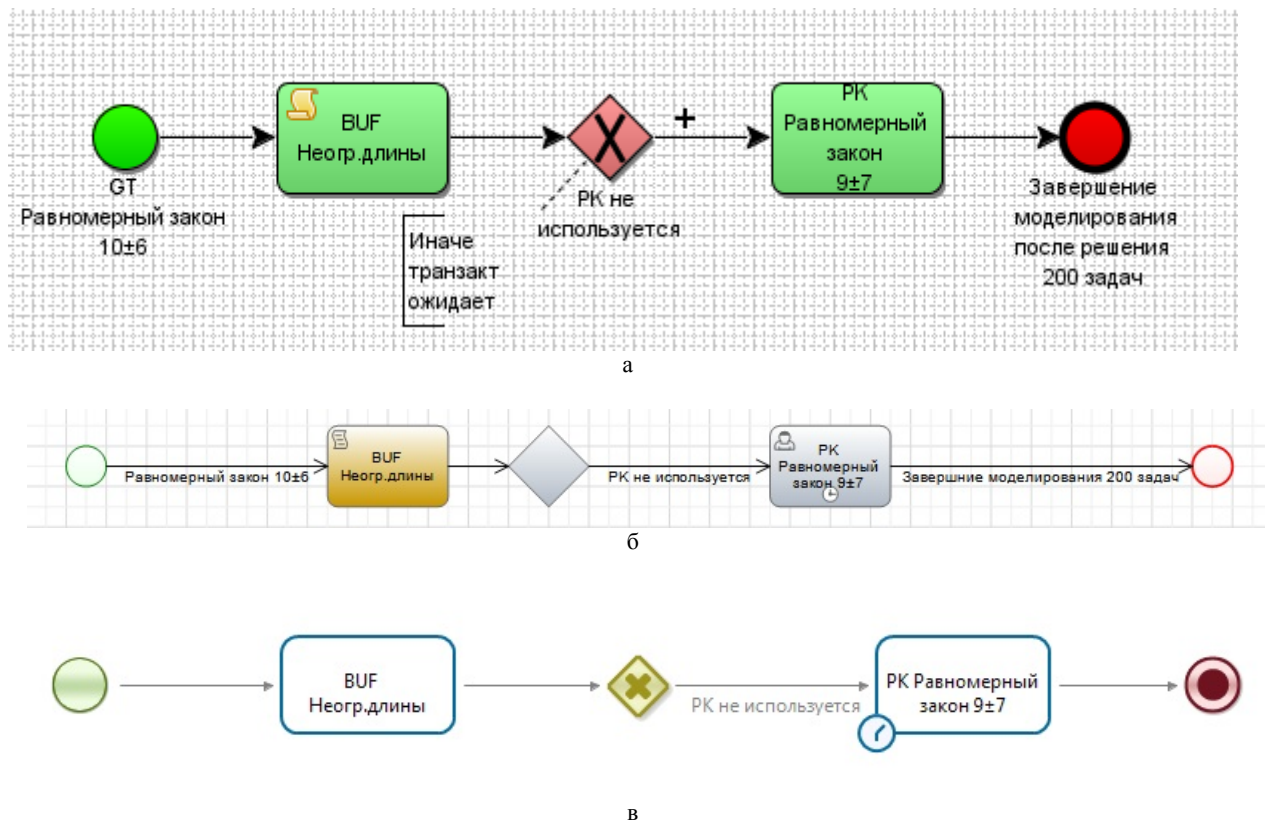
**Пример 1. Система массового обслуживания генератор транзактов – очередь – устройство**

СМО генератор транзактов (GT) (равномерный закон  $10 \pm 6$ ) – очередь неограниченной длины – обслуживающий аппарат

(РК) (равномерный закон  $9 \pm 7$ ). Моделирование завершается после решения 200 задач.

Структурные схемы примера 1 в системах BPMN Editor, ELMA, RunaWFE приведены на рис.1.

По примеру 1 можно отметить, что системы ELMA и RunaWFE менее удобны для наглядного построения структурных схем. Например, в них нет возможности подписывать характеристики начального и конечного событий, а также условных шлюзов.

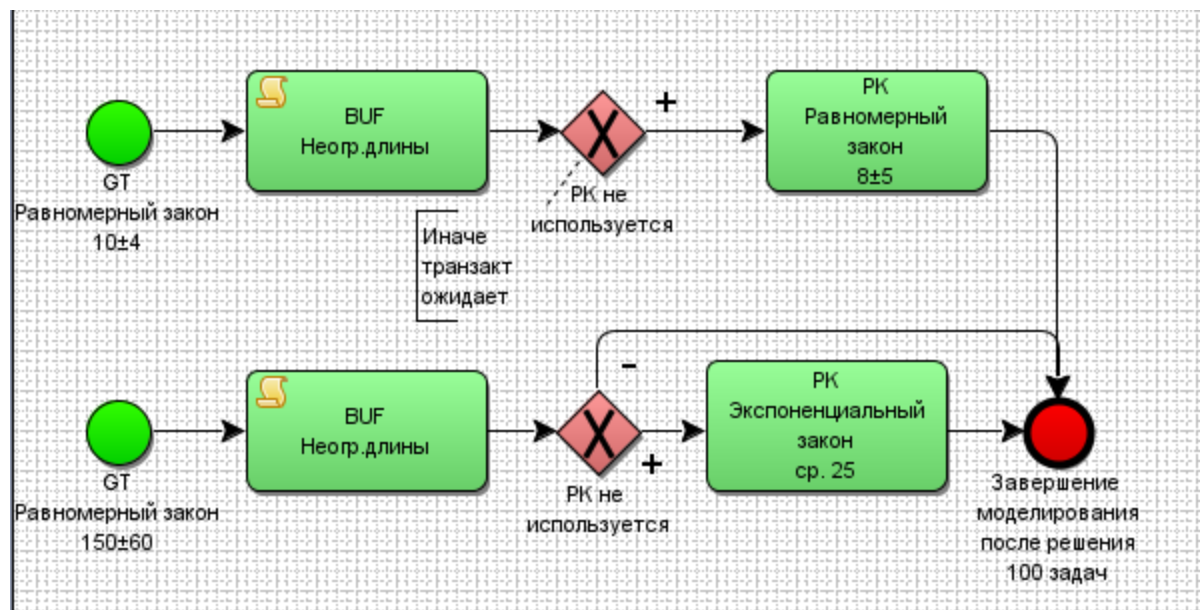


**Рис. 1 – Структурная схема примера 1: а) – в системе BPMN Editor, б) – в системе ELMA, в) – в системе RunaWFE**

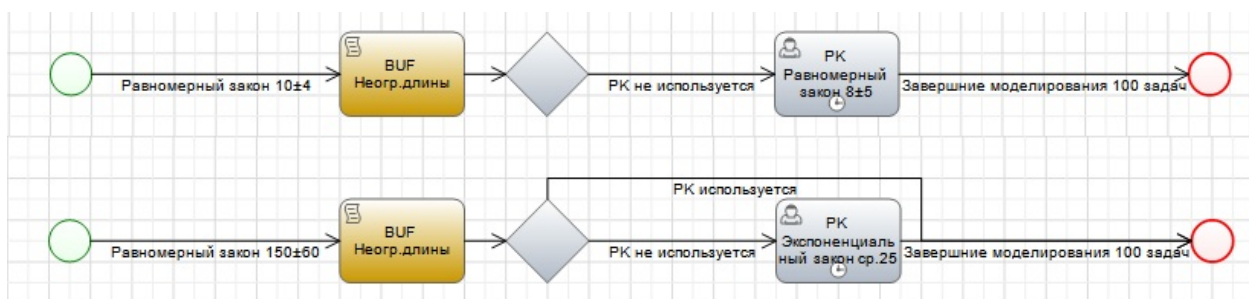
В системе BPMN Editor есть возможность подписывать стрелки, а также переносить все надписи в требуемые места. Присутствует возможность масштабирования всех элементов. Также в данной системе наиболее полно представлен стандарт BPMN, что определённо является её главным преимуществом. Например, есть элемент под названием «Текстовая аннотация», который порой просто не заменим в процессе составления структурных схем (на рис.1а представлен в виде надписей, помещённых в большую квадратную скобку).

В ELMA имеется возможность подписывать каждую стрелку, что может помочь лучше и понятнее описать бизнес-процессы. Именно так и

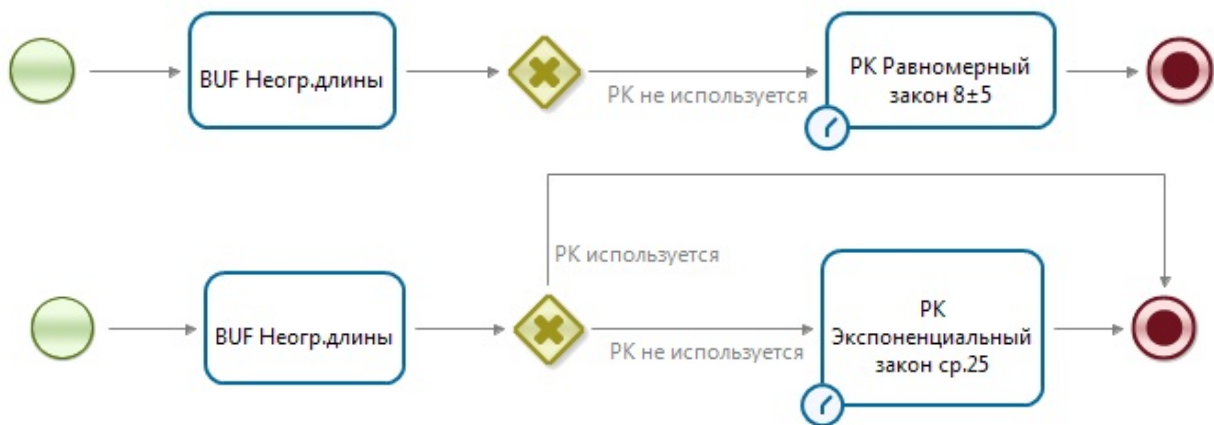
подписаны характеристики начала, конца и условий моделирования примера 1. В данной системе неудобно редактировать уже сделанные модели, т.к. нет возможности перемещения элементов из одного места в другое, что является явным недостатком системы. Но не стоит забывать, что сравнивать BPMN Editor и ELMA не совсем правильно, т.к. эти системы имеют разное предназначение. Первая является простой программой, предназначенной только для составления структурных моделей, а вторая является инструментом для организации работы крупных компаний, а также для осуществления электронного документооборота.



а



б



в

**Рис. 2 – Структурная схема примера 2: а) – в системе BPMN Editor, б) – в системе ELMA, в) – в системе RunaWFE**

Система RunaWFE является альтернативой системе ELMA, и её точно так же не совсем правильно сравнивать с системой BPMN Editor. Система RunaWFE позволяет в отличие от системы ELMA перемещать элементы после их создания. Недостатком системы является то, что отсутствует возможность подписей стрелок, кроме тех, что следуют из условных шлюзов. И как уже было сказано ранее, нет возможности подписать сами шлюзы и события начала и конца. Поэтому в описательном плане RunaWFE проигрывает двум другим системам.

Различие в доступном наборе элементов систем можно заметить на рис.1. Условный шлюз со знаком «X» называется «Эксклюзивный шлюз с маркером», а без знака «X» - «Эксклюзивный шлюз без маркера». Согласно нотации BPMN эти шлюзы равнозначны, поэтому ошибки в данных рисунках не допущено. В системах ELMA и RunaWFE есть возможность «прикрепить» к элементу «Процесс» часы или таймер, указывающие его продолжительность.

## **Пример 2. Система массового обслуживания с транзактами двух приоритетов**

СМО с генераторами транзактов с нулевым и первым приоритетами. Для нулевого приоритета GT (равномерный закон  $10 \pm 4$ ) – очередь неограниченной длины – РК (равномерный закон  $8 \pm 5$ ). Для первого приоритета GT (равномерный закон  $150 \pm 60$ ) – очередь неограниченной длины – РК (экспоненциальный закон, среднее 25). Отказы транзактам с нулевым приоритетом при поступлении транзактов с первым приоритетом. Моделирование завершается после решения 100 задач.

Структурные схемы примера 2 в системах BPMN Editor, ELMA, RunaWFE приведены на рис.2.

При составлении схем примера 2 в трёх системах было выявлено, что у систем ELMA и RunaWFE есть следующий недостаток по сравнению с BPMN Editor: нет возможности отражать в одной схеме несколько событий начала. Поэтому искусственно в этих двух системах было сделано по две схемы. Это очень неудобно, а также не правильно. В данной задаче может быть только один конец, как это сделано в BPMN Editor. Два конца могут запутать пользователя, т.к. получается согласно рисункам 2б и 2в нужно завершить 200 задач, а не 100, как следует. К сожалению, в системах ELMA и RunaWFE нет текстовой аннотации, позволяющей объяснить это на рисунке, потому в таких случаях требуется использовать словесное описание.

В системе RunaWFE нет элемента Память, потому вместо него используется элемент Задача, что ухудшает наглядность примера.

## **Пример 3. Система массового обслуживания с выбором устройства по правилу «первый свободный с наименьшим номером»**

СМО генератор транзактов (равномерный закон  $10 \pm 3$ ) – восемь устройств (равномерный закон  $75 \pm 50$  для каждого). Выбор устройства по правилу «первый свободный с наименьшим номером». Если все устройства заняты транзакт получает отказ. Моделирование завершается после решения 100 задач.

Структурные схемы примера 3 в системах BPMN Editor, ELMA, RunaWFE приведены на рис.3.

Построение больших схем вызывает трудности во всех трёх системах. В BPMN Editor и

ELMA есть возможность масштабирования, а в RunaWFE такой возможности нет.

С наихудшей стороны на данном примере себе показывает ELMA, т.к. в ней невозможно составить схему. Дело в том, что в данной системе шлюзы нельзя ставить подряд друг за другом. Из-за этого странного ограничения схема данного примера в данной системе не реализуема.

BPMN Editor лучше всех справляется с поставленными задачами.

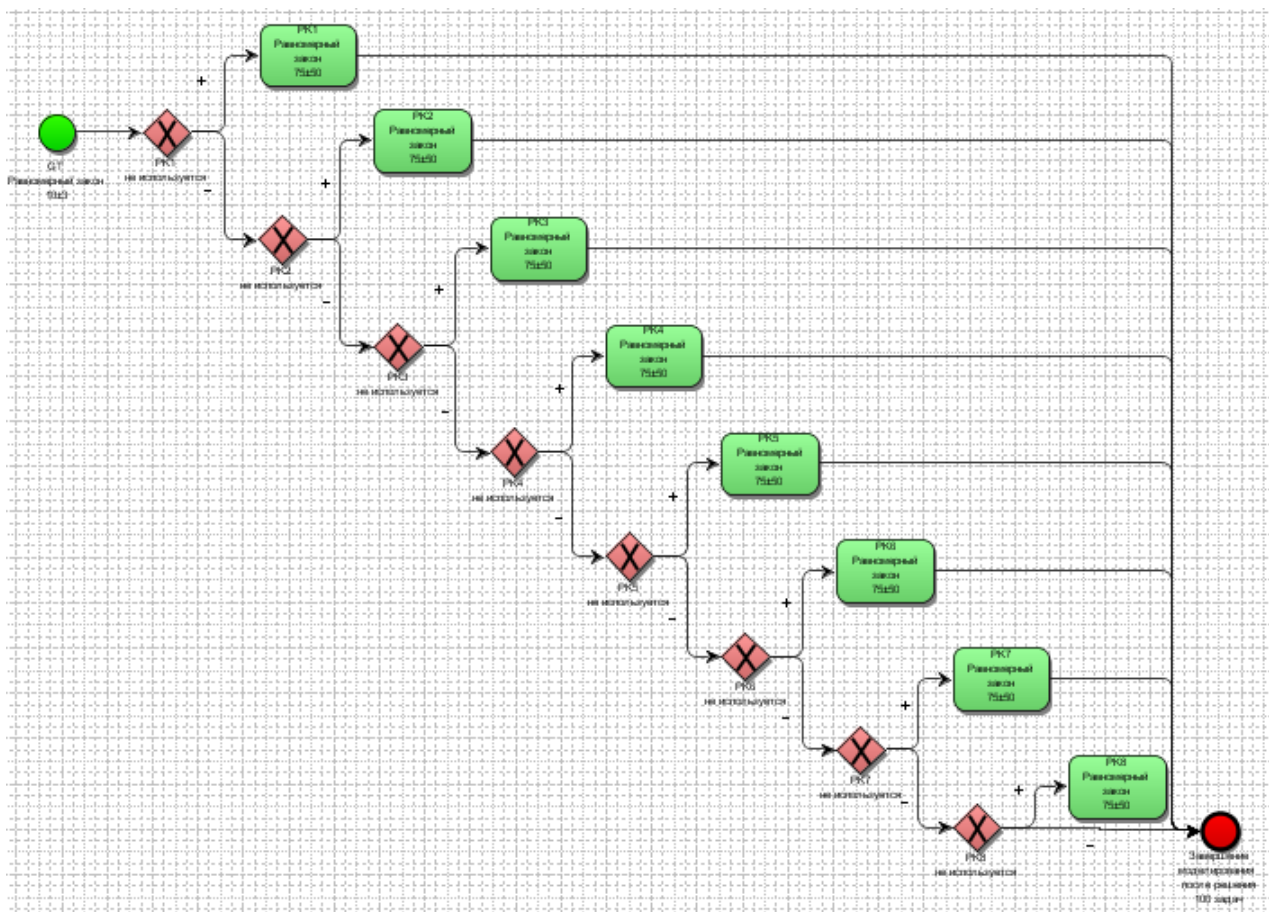
## **Заключение**

1. Структурные схемы, построенные на системах BPMN Editor, ELMA, RunaWFE являются отличной альтернативой устаревающим IDEF-диаграммам, реализуемым в системе BPwin.

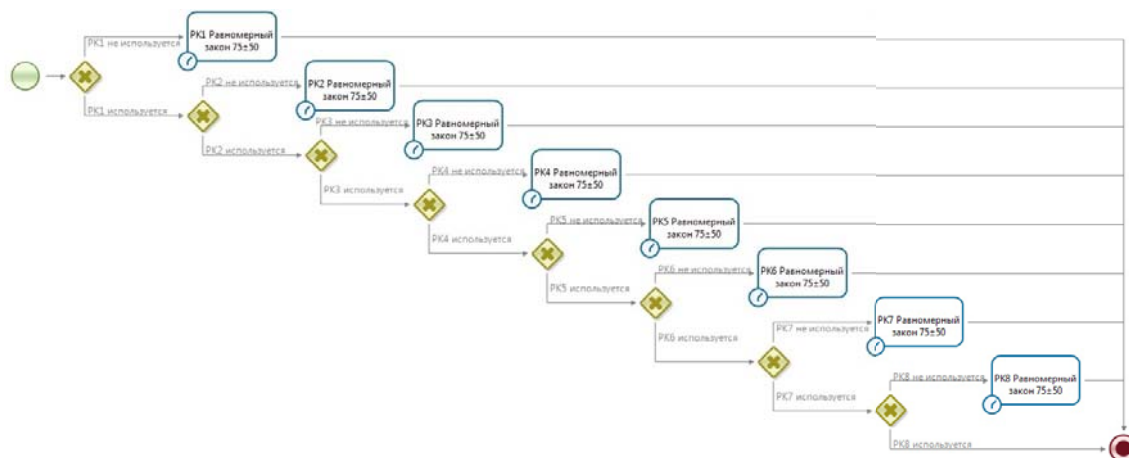
В КНИТУ-КАИ изучение их проводится по курсу моделирование систем. Авторы статьи подготовили к изданию учебное пособие, в котором приведено более 50 примеров, структурные схемы которых получены в стандарте BPMN. Безусловно, структурная модель должна чётко и наглядно доводить до пользователей всю необходимую информацию, и стандарт BPMN справляется с этой задачей лучше, чем IDEF-диаграммы. Причиной тому большее количество элементов и возможностей стандарта BPMN.

2. В предложенной статье рассмотрены возможности систем структурного моделирования на сравнительно несложных примерах. Такой подход позволил обратить внимание на реализацию наиболее часто встречающихся на практике реализаций бизнес-процессов. Вместе с тем все преимущества рассмотренных систем начинают проявляться только на построении структурных схем сравнительно несложных бизнес-процессов, структурные модели которых позволяют проведение качественного анализ, в первую очередь направленные на исследование нежелательных явлений построения бизнес-процессов:

- 1) наличие элементов без входов или выходов (т.е. не связанных с другими элементами);
- 2) наличие одинаковых элементов;
- 3) наличие обратных связей в бизнес-процессах, которые позволяют изменять бизнес-процесс в зависимости от результатов на выходе.



а



б

Рис. 3 – Структурная схема примера 3: а) – в системе BPMN Editor, б) – в системе RunaWFE

3. По сложившемуся мнению авторов статьи лучшие возможности для построения наглядных структурных схем предоставляет система BPMN Editor, т.к. это её прямое предназначение в отличие от систем ELMA и RunaWFE, нацеленных на управление бизнес-процессами. Последние две системы требуют их установки на ПК, они занимают определённое количество памяти в отличие от BPMN Editor, которая занимает малый объём памяти и не требует инсталляции.

## Литература

1. Якимов И.М., Кирпичников А.П., Мокшин В.В., Костюхина Г.В., Шигаева Т.А. Комплексный подход к моделированию сложных систем в системе BPwin-Arena // Вестник Казанского технологического университета. 2014. Т. 17. № 6. С. 287-292.
2. <http://www.elma-bpm.ru/bpmn2>
3. Мокшин В.В., Якимов И.М. Метод формирования модели анализа сложной системы / Информационные технологии, №5. – М.: Изд-во Новые технологии, 2011. – С. 46-51.

4. Мокшин В.В., Кирпичников А.П., Шарнин Л.М. Отслеживание объектов в видео потоке по значимым признакам на основе фильтрации частиц // Вестник Казанского технологического университета. – Казань: КНИТУ, 2013. Т. 16. № 18. – С. 297-303.
5. Степанова М.А., Сытник А.С., Кирпичников А.П., Мокшин В.В. Оптимизация процесса ремонта грузоподъемных машин по математической модели // Вестник Казанского технологического университета. 2013. Т. 16. № 20. С. 309-314.
6. Мокшин В.В., Якимов И.М., Юльметьев Р.М., Мокшин А.В. Рекурсивно-регрессионная самоорганизация моделей анализа и контроля сложных систем // Нелинейный мир. М: 2009. №1. С. 48-63.
7. Г.Г. Куликов, А.Г. Михеев, М.В. Орлов, Р.К. Габбасов, Д.В. Антонов Создание BPMN-моделей в программном продукте *Runa WFE*: Лабораторный практикум по дисциплине «Автоматизированные информационные системы в экономике»/ Уфимск. гос. авиац. техн. ун-т, - Уфа, 2012. 61 с.

---

© **И. М. Якимов** - канд. техн. наук, проф. каф. автоматизированных систем обработки информации и управления КНИТУ-КАИ им А.Н.Туполева; **А. П. Кирпичников** - д-р физ.-мат. наук, зав. каф. интеллектуальных систем и управления информационными ресурсами КНИТУ, kirpichnikov@kstu.ru; **В. В. Мокшин** - канд. техн. наук, доц. каф. автоматизированных систем обработки информации и управления КНИТУ-КАИ им А.Н.Туполева, vladimir\_kgtu@mail.ru; **М. Т. Махмутов** - бакалавр той же кафедры, munirka93@inbox.ru; **М. Л. Пейсахова** - бакалавр той же кафедры, peysahova@list.ru; **А. Х. Валиева** - бакалавр той же кафедры, v-alfiya@mail.ru; **Б. А. Низамиев** - бакалавр той же кафедры, bulat\_nizamiev@mail.ru.