

УДК 004.046

## ГРАФИЧЕСКАЯ НОТАЦИЯ ДЛЯ ПРЕДСТАВЛЕНИЯ ПРОЦЕССА УПРАВЛЕНИЯ КОМПЛЕКСНЫМИ РИСКАМИ

**Сеньков А.В.**

Филиал ФГБОУ ВО НИУ «Московский энергетический институт»,  
Смоленск, e-mail: a.v.senkov@mail.ru

В статье определена потребность в разработке графической нотации для представления процесса управления комплексными рисками. Разработаны требования к такой нотации заключающиеся в способности нотации, во-первых, отражать все аспекты комплексных рисков: процессный, структурный, системный; во-вторых, оперировать элементами процесса управления рисками и обеспечивать их консолидацию; в-третьих, быть применимой как в ходе прелиминарного, так и в ходе прецедентного управления рисками и, в-четвертых, быть легко читаемой специалистами, занимающимися управлением рисками и достаточно формальной для автоматической интерпретации её автоматизированными системами. Предложена графическая нотация для представления процесса управления комплексными рисками, удовлетворяющая выдвинутым требованиям и включающая диаграммы: процессного, структурного и системного аспектов рисков, диаграмму риск-ситуаций, диаграммы прецедентного и прелиминарного управления рисками. Предложен способ автоматической интерпретации графической нотации для представления процесса управления комплексными рисками, обеспечивающий наполнение базы знаний интеллектуальной информационной системы управления комплексными рисками и/или системы поддержки принятия решений для компоновки такой системы.

**Ключевые слова:** процесс управления комплексными рисками, нотация, риск-ситуация

## THE GRAPHICAL NOTATION FOR REPRESENTATION OF PROCESS OF MANAGEMENT OF COMPLEX RISKS

**Senkov A.V.**

Smolensk branch of Federal Autonomous Educational Institution of Higher Education Moscow Power Engineering Institute (National Research University), Smolensk, e-mail: a.v.senkov@mail.ru

In the article the need for development of the graphical notation for representation of process of management of complex risks is determined. Requirements to the notation are developed. First, the notation shall reflect all aspects of complex risks: process, structural, system. Secondly, the notation shall operate with elements of risk management process and provide their mutually coordination. Thirdly, the notation shall be applicable both during preliminary, and during precedential risk management. Fourthly, the notation shall be easily read by specialists who are engaged in risk management and rather formal for automatic interpretation by its automated systems. The graphical notation for representation of process of management of complex risks which is meeting the made demands and including charts is offered: process, structural and system aspects of risks charts, risk-situations chart, precedential and preliminary risk management charts. The method of automatic interpretation of the graphical notation for representation of process of management of complex risks is offered. The method provides filling of the knowledge base of the intelligent information system for complex risks management and systems of decision support for configuration of such system.

**Keywords:** process of management of complex risks, notation, risk-situation

При возрастании масштабов сложных организационно-технических систем и происходящих в них процессов все большее значение приобретает управление комплексными рисками. Процесс управления такими рисками, как правило, описывается в достаточно обобщенном виде (например, в [14]). Для решения ряда задач предлагались оригинальные подходы к графическому представлению процесса управления рисками (например, в [1, 3] и др.). В ряде случаев применяются нотации для описания бизнес-процессов: ARIS [11], BPMN [15] и другие. Однако ни один из перечисленных подходов не удовлетворяет всем требованиям к графическому представлению процесса управления рисками, которые сложились в результате разработки ряда

моделей для управления рисками различных типов [4–8], что обуславливает необходимость разработки графической нотации, предназначенной для отражения процесса управления рисками, с одной стороны, обладающей достаточной наглядностью, а с другой, обеспечивающей выполнение всех необходимых требований, предъявляемых к ней.

### Требования к графической нотации для представления процесса управления комплексными рисками

Одной из ключевых особенностей комплексных рисков является их многоаспектность, заключающаяся в различной природе условий и обстоятельств, приводящих к возникновению риск-события (реализации

риска). Такие условия могут быть определены структурой системы, процессами, в ней протекающими, или другими особенностями системы и её взаимодействия с внешней средой. Назовем аспектом риска ту грань, которая рассматривается для целей управления рисками и выделим структурный, процессный и системный аспекты рисков.

Структурный аспект риска определяется составом системы и взаимосвязями элементов системы между собой. Наиболее часто для структурного изображения системы при управлении рисками применяется дерево отказов.

Процессный аспект риска проявляется во временных зависимостях между событиями и риск-событиями (прямых, косвенных или условных). Процессный аспект риска часто отражается моделями бизнес-процессов и различных видов темпоральных моделей.

Системный аспект риска проявляется при рассмотрении системы во взаимодействии с внешней средой. Как правило, системный аспект риска отражается с использованием онтологий, когнитивных карт и фреймов.

Кроме различных аспектов рисков, которыми следует управлять, в работе [9] отражена другая особенность управления рисками, связанная с целью такого управления. Комплексно, все виды мероприятий по управлению рисками можно разделить на 2 типа:

1) прелиминарные мероприятия, т.е. мероприятия, выполняемые заранее с целью недопущения реализации риска или снижения вероятности (возможности) его наступления, последствий, значимости риска или других его параметров;

2) прецедентные мероприятия, т.е. мероприятия, выполняемые по мере реализации рисков и направленные на борьбу с уже наступившими рисками (недопущение их развития, устранение последствий и т.д.).

Наиболее ярким примером прелиминарных мероприятий является изменение структуры системы для снижения рисков. Также прелиминарным мероприятием можно считать страхование рисков.

Как правило, в рамках законодательства описываются именно такого рода меры и мероприятия, направленные на предотвращение рисков. Особенно характерно это для рисков в сфере производственной безопасности (охраны труда, промышленной, пожарной и экологической безопасности). Законодательство в этих сферах определяет перечень мер, которые должны выполняться на предприятии, и направленных на снижение соответствующих рисков.

В то же время, зачастую фрагментарно, описываются требования к действиям по устранению наступивших рисков, т.е. описываются требования к составу и последовательности выполнения прецедентных мероприятий. Создаются планы ликвидации аварийных ситуаций и другие подобные планы, имеющие своей целью жесткую регламентацию действий, которые должна выполнить организация в случае реализации некоторого нежелательного события или ситуации.

Управление, построенное на применении прелиминарных мероприятий, назовем прелиминарным управлением, а управление, построенное на выполнении прецедентных мероприятий назовем прецедентным управлением.

Кроме всего перечисленного выше, графическая нотация должна учитывать все элементы процесса управления рисками: источники рисков, риск-события, риск-ситуации, мероприятия по снижению рисков, мероприятия по устранению последствий реализации рисков и другие, отраженные в [4].

Таким образом, можно сформулировать следующие требования к графической нотации для представления процесса управления комплексными рисками. Графическая нотация должна:

1) отражать все аспекты комплексных рисков: процессный, структурный, системный;

2) оперировать элементами процесса управления рисками и обеспечивать их консолидацию;

3) быть применима как в ходе прелиминарного, так и в ходе прецедентного управления рисками;

4) быть легко читаемой специалистами, занимающимися управлением рисками, и одновременно достаточно формальной для автоматической интерпретации её автоматизированными системами.

### **Графическая нотация для представления процесса управления комплексными рисками**

В предлагаемой графической нотации должны быть отражены следующие элементы, задействованные в процессе управления рисками: риск-ситуация, риск-событие, источник риска, событие, элемент системы, элемент внешней среды, прелиминарное мероприятие, прецедентное мероприятие, а также свыше двух десятков связей между ними. Отображение такого количества разнотипных элементов на одной диаграмме привело бы к значительному снижению её читаемости, в связи с чем предлагается

выделить в рамках графической нотации следующие типы диаграмм:

- 1) диаграмма процессного аспекта рисков;
- 2) диаграмма структурного аспекта рисков;
- 3) диаграмма системного аспекта рисков;
- 4) диаграмма риск-ситуаций;

5) диаграмма прецедентного управления рисками;

6) диаграмма прелиминарного управления рисками.

В табл. 1 приведены графические изображения различных элементов диаграмм.

**Таблица 1**

Элементы графической нотации для представления процесса управления комплексными рисками

| № п/п | Элемент                   | Графическое изображение | Комментарий                                                                        |
|-------|---------------------------|-------------------------|------------------------------------------------------------------------------------|
| 1     | Риск-ситуация             |                         |                                                                                    |
| 2     | Риск-событие              |                         |                                                                                    |
| 3     | Событие                   |                         |                                                                                    |
| 4     | Источник риска            |                         |                                                                                    |
| 5     | Прецедентное мероприятие  |                         |                                                                                    |
| 6     | ПРЕЛИМИНАРНОЕ мероприятие |                         |                                                                                    |
| 7     | Элемент системы           |                         |                                                                                    |
| 8     | Элемент внешней среды     |                         |                                                                                    |
| 9     | Логический элемент        |                         | Внутри логического элемента отображается логическая операция, которую он выполняет |
| 10    | Комментарий               |                         |                                                                                    |

### Диаграмма процессного аспекта рисков

Диаграмма процессного аспекта рисков предназначена для отражения процессного аспекта рисков в графическом виде. Процессный аспект рисков предполагает представление взаимодействия источников рисков (событий) и вызываемых ими риск-событий во времени.

Диаграмма включает элементы: источники рисков, события и риск-события.

Одним из наиболее развитых на текущий момент аппаратов для учета временных зависимостей между событиями является пропозициональная темпоральная логика [13].

Пропозициональная темпоральная логика является модальной темпоральной логикой, построенной на базе классической логики с дополненными модальными операторами для выражения дискретного линейного времени.

Языком  $L_P$  PTL является счетное множество пропозициональных символов  $p, q, r, s, \dots$ . Формулы строятся с использованием следующих символов:

- $L_P$  – множество пропозициональных символов языка;
- $T, F, \neg, \wedge, \vee, \Rightarrow, \Leftrightarrow$  – классические связки;
- $O, \diamond, \square$  – унарные темпоральные операторы будущего времени;
- $U, W$  – бинарные темпоральные операторы будущего времени;
- $\otimes, \bullet, \blacklozenge, \blacksquare$  – унарные темпоральные операторы прошлого времени;
- $J, Z$  – бинарные темпоральные операторы прошлого времени.

Множеством правильно построенных формул PTL являются:

– все пропозициональные символы языка LP есть ППФ;

– если A и B – ППФ, то ППФ также будут и следующие выражения:  $T, F, \neg A, A \wedge B$ ;

–  $A \vee B, A \Rightarrow B, A \Leftrightarrow B, OA, \diamond A, \square A, AUB, AWB, \bullet A, \otimes A, \blacklozenge A, \blacksquare A, AJB, AZB$ .

Здесь модальные операторы имеют следующий смысл:  $O$  – следующий (next),  $\bullet$  – прошлый (last),  $\otimes$  – прошлый (last),  $\square$  – всегда в будущем (always in the future),  $\blacksquare$  – всегда в прошлом (always in the past),  $\diamond$  – иногда в будущем (sometime in the future),  $\blacklozenge$  – иногда в прошлом (sometime in the past); бинарные операторы:  $U$  – до тех пор, пока (until),  $W$  – пока не (unless),  $J$  – с тех пор, как (since),  $Z$  – с тех пор, как (zince).

Для моделирования рассуждений для управления рисками особый интерес представляют темпоральные операторы прошлого времени, которые позволяют учитывать предысторию моделирования. Ключевыми темпоральными операторами прошлого времени являются «когда-либо в прошлом» ( $\blacklozenge$ ), «всегда в прошлом» ( $\bullet$ ), «когда-либо в прошлом на интервале  $n, \dots, m$ » ( $\blacklozenge_n^m$ ), «всегда в прошлом на интервале  $n, \dots, m$ » ( $\bullet_n^m$ ) [2].

Сложным темпоральным высказыванием называется высказывание, в котором простые темпоральные высказывания связаны между собой темпоральными отношениями. Воспользуемся подходом, предложенным в [16]. На множестве темпоральных высказываний определим множество темпоральных отношений  $Rt = \{b, bi, m, mi, o, oi, d, di, s, si, f, fi, e\}$  [12]. Графическая иллюстрация используемых отношений представлена в табл. 2.

Таблица 2

Основные отношения между временными интервалами

| № п/п | Отношение                                   | Обозначение | Иллюстрация |
|-------|---------------------------------------------|-------------|-------------|
| 2     | $X$ before $Y$<br>$Y$ after $X$             | $b$<br>$bi$ |             |
| 3     | $X$ meets $Y$<br>$Y$ met – by $X$           | $m$<br>$mi$ |             |
| 4     | $X$ overlaps $Y$<br>$Y$ overlapped – by $X$ | $o$<br>$oi$ |             |
| 5     | $X$ during $Y$<br>$Y$ includes $X$          | $d$<br>$di$ |             |
| 6     | $X$ starts $Y$<br>$Y$ started – by $X$      | $s$<br>$si$ |             |
| 7     | $X$ finishes $Y$<br>$Y$ finished – by $X$   | $f$<br>$fi$ |             |
| 8     | $X$ equals $Y$                              | $e$         |             |

Грамматика темпоральных высказываний необходима для формального определения принадлежности некоторого высказывания к классу сложных темпоральных высказываний. Для определения данной грамматики в [16] предлагается воспользоваться формой Бэкуса – Наура:

$$\begin{aligned} S &\rightarrow Ty \wedge S \mid R(Ty, Ty) \wedge S; \\ R &\rightarrow b \mid bi \mid m \mid mi \mid o \mid oi \mid d \mid di \mid s \mid si \mid f \mid fi \mid e; \\ T &\rightarrow \diamond \mid \bullet \mid \diamond_n^m \mid \bullet_n^m. \end{aligned}$$

где  $b, bi, m, mi, o, oi, d, di, s, si, f, fi, e, \diamond, \bullet, \diamond_n^m, \bullet_n^m, \vee, \wedge, y$  – терминалы грамматики;  $y$  – некоторое немодальное высказывание. Нетерминал  $T$  представляет используемые в нотации модальности.

Как следует из вышеописанной грамматики, в графической нотации могут применяться либо унарные, либо бинарные отношения (как классические, так и темпоральные).

Приведем пример диаграммы процессного аспекта рисков (рис. 1).

Приведенный пример следует «читать» сверху вниз: от искомого риск-события к его источникам. Так, в приведенном примере, если на протяжении последних 30 дней не проводилось обучение безопасным приемам труда и применяется сырье низкого качества, то работник может получить травму. Кроме

того, использование сырья низкого качества может привести к выходу из строя станка.

### Диаграмма структурного аспекта рисков

Диаграмма структурного аспекта рисков предназначена для отражения структурного аспекта рисков в графическом виде. Структурный аспект рисков предполагает представление состава системы и структурной взаимосвязи её элементов с точки зрения возникновения рисков.

Диаграмма включает элементы: риск-события, источники рисков.

Для установления структурных взаимосвязей элементов могут использоваться следующие логические операции, повторяющие набор операций дерева отказов: И, ИЛИ, НЕ, Исключающее ИЛИ,  $m$  из  $n$  ( $\wedge, \vee, \neg, \Leftrightarrow, m/n$ ). Из состава логических операций дерева отказов исключается «приоритетное И», поскольку оно отражает процессный аспект риска.

Для математического описания такой диаграммы достаточно классической логики высказываний, описанной, например [10].

Пример диаграммы структурного аспекта рисков приведен на рис. 2.

В приведенном примере сбой при приеме студентов в вуз наступает в результате сбоя в работе приемной комиссии, сбоя в работе учебного отдела, или сбоя в работе управления административно-хозяйственной деятельности.

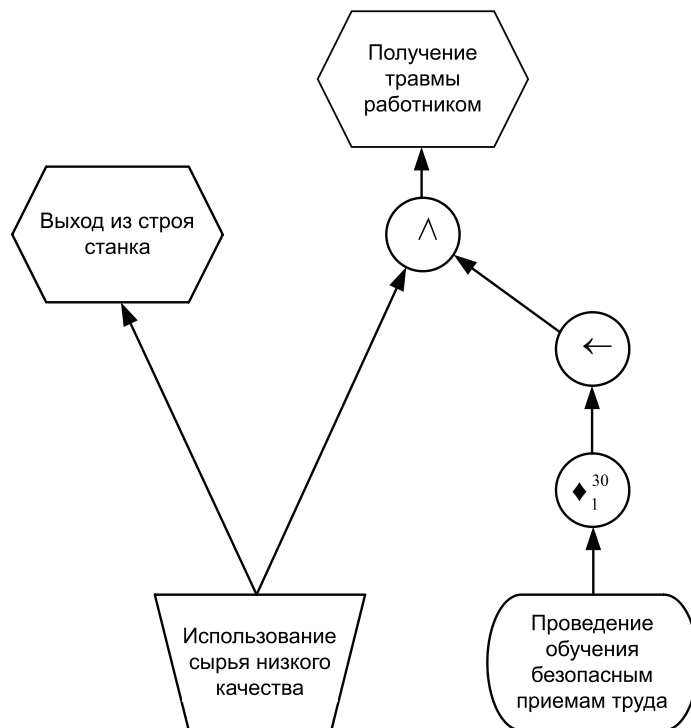


Рис. 1. Пример диаграммы процессного аспекта рисков

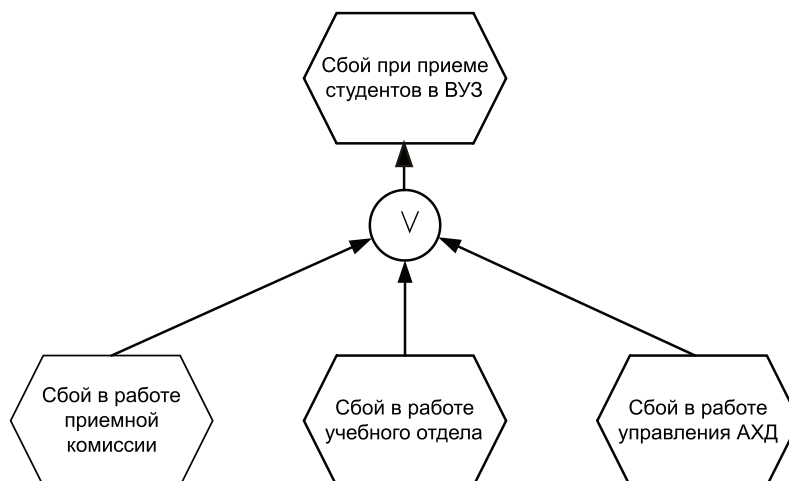


Рис. 2. Пример диаграммы структурного аспекта рисков

### Диаграмма системного аспекта рисков

Диаграмма системного аспекта рисков предназначена для отражения системного аспекта рисков в графическом виде. Системный аспект рисков предполагает представления риск-ситуаций, характерных для системы в целом и возникающих в результате взаимодействия системы с внешней средой. Диаграмма отражает взаимовлияния отдельных элементов системы, внешней среды на уровни рисков.

В отличие от других диаграмм, отражающих аспекты рисков, на диаграмме системного аспекта рисков отражаются показатели и характеристики системы, в том числе, отвечающие за уровни рисков.

Диаграмма включает элементы: риск-ситуация, элементы системы, элементы внешней среды.

В диаграмме системного аспекта рисков используется только один тип связи –

влияние, и не используются другие типы связей (они предусматриваются другими диаграммами).

Пример диаграммы системного аспекта рисков приведен на рис. 3.

В приведенном примере на снижение числа студентов, обучающихся на платной основе влияют внутренние факторы: слабо развитая техническая база вуза и низкий уровень подготовки специалистов в вузе, а также внешний фактор – неблагоприятная демографическая ситуация.

### Диаграмма риск-ситуаций

Диаграмма риск-ситуаций предназначена для связывания риск-событий в риск-ситуации. Диаграмма риск-ситуаций строится в виде древовидной структуры. Одни и те же риск-события в диаграмме риск-ситуаций могут встречаться несколько раз. Каждая риск-ситуация является вершиной

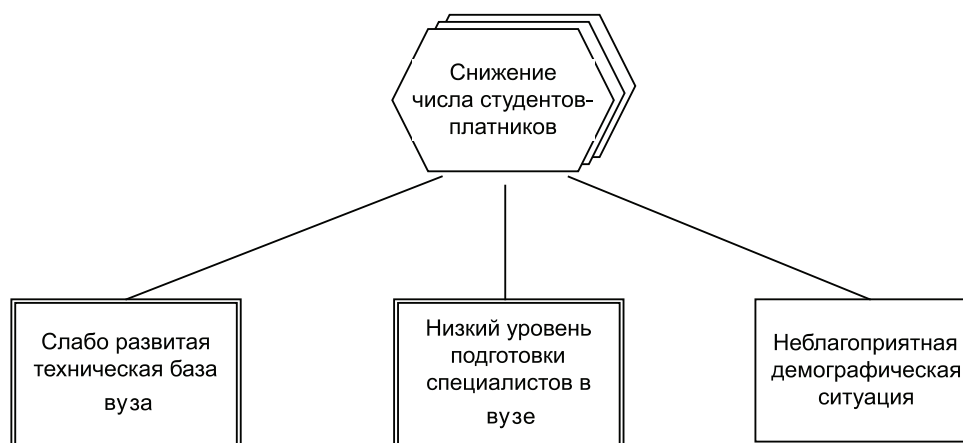


Рис. 3. Пример диаграммы системного аспекта рисков



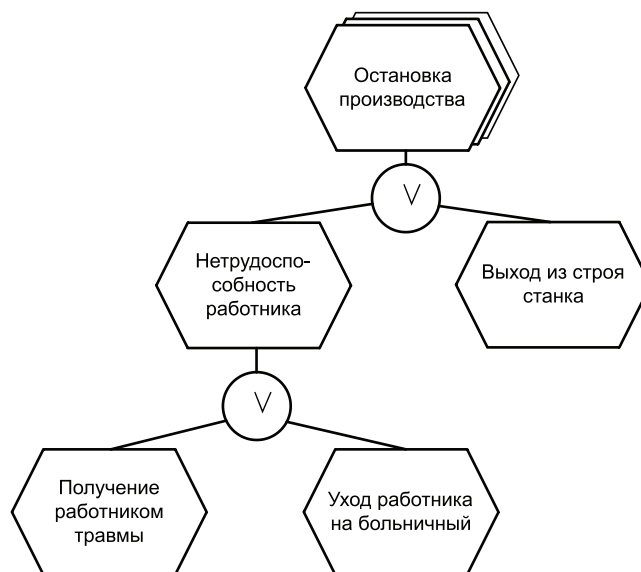


Рис. 4. Пример диаграммы риск-ситуаций

дерева риск-событий. Таким образом, диаграмма риск-ситуаций представляется лесом деревьев риск-событий.

Диаграмма включает элементы: риск-ситуация, риск-событие.

Пример диаграммы риск-ситуаций приведен на рис. 4.

В приведенном примере риск-ситуация «Остановка производства» возникает при выходе из строя станка или нетрудоспособности работника. Нетрудоспособность, в свою очередь, возникает в результате получения работником травмы или его ухода на больничный.

#### Диаграмма прецедентного управления рисками

Диаграмма прецедентного управления рисками предназначена для отражения

прецедентных мероприятий и риск-событий или риск-ситуаций, на устранение которых они направлены.

Диаграмма включает элементы: прецедентное мероприятие, риск-событие, риск-ситуация.

Пример диаграммы прецедентного управления рисками приведен на рис. 5.

В приведенном примере при возникновении возгорания на производстве должны быть выполнены следующие задачи: оповещение и эвакуация сотрудников, начало тушения собственными силами и вызов МЧС.

#### Диаграмма прелиминарного управления рисками

Диаграмма прелиминарного управления рисками предназначена для отражения прелиминарных мероприятий.

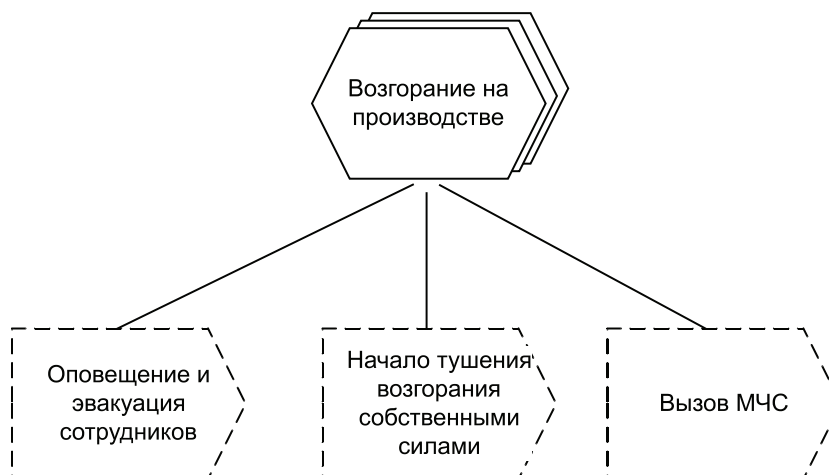


Рис. 5. Пример диаграммы прецедентного управления рисками

Диаграмма включает следующие элементы: прелиминарное мероприятие, источник рисков, риск-событие, риск-ситуация.

Для прелиминарного управления рисками характерны следующие особенности: во-первых, возможность воздействия мероприятия на различные характеристики риска (возможность наступления, ущерб, значимость или другие); во-вторых, наличие временных зависимостей между мероприятием и его воздействием. Кроме того, мероприятия могут влиять на источник риска или на риск-событие.

Исходя из этих особенностей, в диаграммах прелиминарного управления рисками также должна применяться рассмотренная в рамках диаграммы процессного аспекта рисков, грамматика темпоральных высказываний, которая обеспечит учет особенностей воздействий мероприятий.

Пример диаграммы приведен на рис. 6.

В приведенном примере существует два способа снижения вероятности ухода работника на больничный: улучшение микроклимата на рабочем месте, которое дает моментальный эффект, и выдача витаминных комплексов, которая дает эффект на период с 10 по 60 день после выдачи. Для устранения источника риска «Использование сырья низкого качества» может быть предпринята только закупка высококачественного сырья.

#### Способ автоматической интерпретации графической нотации для представления процесса управления комплексными рисками

Исходными данными для способа автоматической интерпретации графиче-

ской нотации для представления процесса управления комплексными рисками является альбом диаграмм, изображенных в соответствии с приведенными для графической нотации правилами. Альбом диаграмм (схем) может быть представлен в неструктурированном (в виде документа), или в структурированном виде (в виде файла специализированного формата, графического векторного файла и т.д.). Диаграммы, представленные в структурированном виде, могут быть проинтерпретированы автоматически. Интерпретация альбома диаграмм предполагает конечной целью наполнение базы знаний интеллектуальной информационной системы управления комплексными рисками и/или системы поддержки принятия решений для компоновки такой системы.

Автоматическая интерпретация графической нотации для представления процесса управления комплексными рисками осуществляется в соответствии со следующими этапами.

**Этап 1.** Определение элементов, участвующих в управлении рисками

Шаг 1. На основании диаграммы риск-ситуаций осуществляется идентификация всех риск-ситуаций, характерных для рассматриваемой системы. Полученный перечень дополняется риск-ситуациями из диаграммы системного аспекта рисков.

Шаг 2. На основании диаграммы риск-ситуаций осуществляется определение базового перечня риск-событий, входящих в состав риск-ситуаций. На основании диаграмм процессного, структурного и системного аспектов рисков, а также диаграмм

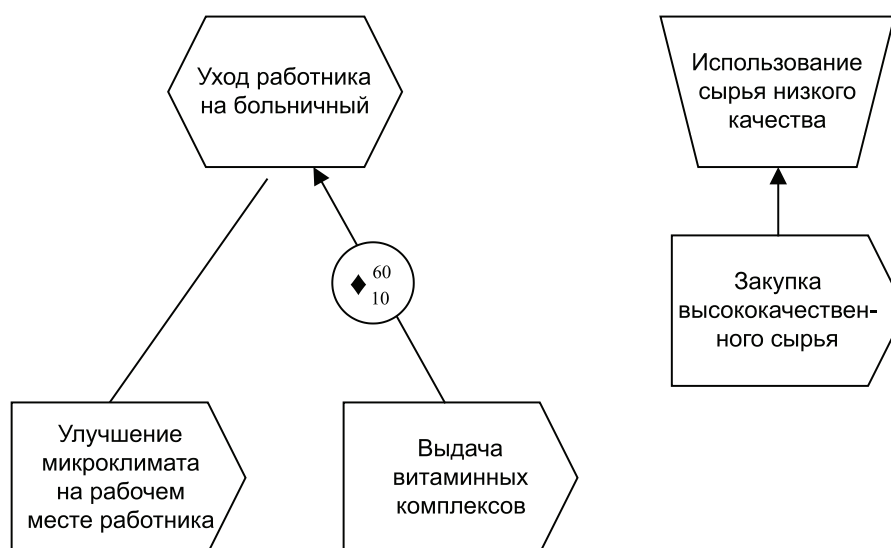


Рис. 6. Пример диаграммы прелиминарного управления рисками



управления рисками полученный список дополняется.

Шаг 3. На основании диаграммы прецедентного управления рисками определяются соответствующие мероприятия.

Шаг 4. На основании диаграммы прелиминарного управления рисками определяются соответствующие мероприятия.

Шаг 5. На основании диаграмм процессного и структурного аспектов рисков, а также диаграммы прелиминарного управления рисками выделяются источники рисков, характерных для системы.

Шаг 6. На основании диаграммы системного аспекта управления рисками выделяются элементы системы и элементы внешней среды, способные оказать влияние на уровень рисков СОТС.

**Этап 2.** Установление взаимосвязей между элементами, участвующими в управлении рисками.

Шаг 1. На основании диаграммы прецедентного управления рисками осуществляется наполнение плана реагирования на наступление риск-ситуаций путем увязывания риск-событий и риск-ситуаций с мероприятиями прецедентного управления ими.

Шаг 2. На основании диаграммы прелиминарного управления рисками осуществляется наполнение базы знаний в части прелиминарных мероприятий. Каждое мероприятие связывается с источниками рисков, риск-событиями и риск-ситуациями, на управление которыми оно направлено. Устанавливается характеристика связи (с точки зрения темпоральных зависимостей) и вид воздействия.

Шаг 3. На основании диаграммы риск-ситуаций осуществляется наполнение базы знаний в части структуры каждой риск-ситуации.

Шаг 4. На основании диаграммы системного аспекта управления рисками осуществляется наполнение базы знаний в части влияния элементов системы и внешней среды на риск-ситуации.

Шаг 5. На основании диаграммы процессного аспекта управления рисками осуществляется наполнение базы знаний в части связей событий (как источников рисков) с риск-событиями и характеристик этих связей (как темпоральных, так и логических зависимостей).

Шаг 6. На основании диаграммы структурного аспекта управления рисками осуществляется наполнение базы знаний в части связей источников рисков с риск-событиями (включая логические связи).

**Этап 3.** Верификация диаграмм (осуществляется с участием эксперта – составителя альбома диаграмм).

Шаг 1. Идентифицируются риск-события, участвующие только в диаграмме риск-ситуаций. Такие риск-события необходимо либо исключить из альбома диаграмм, либо включить в одну из диаграмм, отражающих аспекты рисков.

Шаг 2. Идентифицируются риск-события и риск-ситуации, для которых не определены ни мероприятия по прецедентному, ни мероприятия по прелиминарному управлению рисками. Для таких риск-событий и риск-ситуаций рекомендуется ввести мероприятия по управлению ими.

Шаг 3. Идентифицируются риск-ситуации, не связанные ни с одним риск-событием. Для таких риск-ситуаций рекомендуется указать как минимум риск-событие, аналогичное риск-ситуации.

Представленный способ автоматической интерпретации графической нотации для представления процесса управления комплексными рисками обеспечивает перевод альбома диаграмм, составленного для системы в вид, удобный для дальнейшей автоматической обработки, наполнение на основании этого альбома базы знаний для управления комплексными рисками и верификацию полученных данных.

### Заключение

Выработаны требования к графической нотации для представления процесса управления комплексными рисками, заключающиеся в способности нотации, во-первых, отражать все аспекты комплексных рисков: процессный, структурный, системный; во-вторых, оперировать элементами процесса управления рисками и обеспечивать их консолидацию; в-третьих, быть применимой как в ходе прелиминарного, так и в ходе прецедентного управления рисками и, в-четвертых, быть легко читаемой специалистами, занимающимися управлением рисками и достаточно формальной для автоматической интерпретации её автоматизированными системами.

Предложена графическая нотация для представления процесса управления комплексными рисками, удовлетворяющая выдвинутому требованию и включающая диаграммы: процессного, структурного и системного аспектов рисков, диаграмму риск-ситуаций, диаграммы прецедентного и прелиминарного управления рисками.

Предложен способ автоматической интерпретации графической нотации для представления процесса управления комплексными рисками, обеспечивающий наполнение базы знаний интеллектуальной информационной системы управления комплексными рисками и/или системы поддержки принятия решений для компоновки такой системы.

*Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ, проект № 16-37-60059.*

#### Список литературы

- ГОСТ 12.0.230-2007. Система стандартов безопасности труда. Системы управления охраной труда. Общие требования. – [http://ohranatruda.ru/ot\\_biblio/normativ/data\\_normativ/51/51463](http://ohranatruda.ru/ot_biblio/normativ/data_normativ/51/51463).
- Еремеев А.П. Логика ветвящегося времени и ее применение в интеллектуальных системах поддержки принятия решений // Сб. тр. 10-й Нац. конф. по искусственному интеллекту с междунар. уч. КИИ-2006. В 3-х т. Т.3. – М.: Физматлит, 2006. – С. 746–754.
- Сеньков А.В. Способы и программные средства интеллектуальной поддержки принятия решений на основе риск-ситуаций: дис. ... канд. техн. наук; филиал ФГБОУ ВПО «НИУ «МЭИ» в г. Смоленске. – Смоленск, 2012.
- Сеньков А.В., Борисов В.В. Модели поддержки принятия решений на основе риск-ситуаций // Нечеткие системы и мягкие вычисления. – 2014. – Т. 9, № 1. – С. 19–36.
- Сеньков А.В., Занегин И.С. Модель и способы мониторинга комплексных рисков в сложных организационно-технических системах // Информатика, математическое моделирование, экономика: сборник научных статей по итогам Пятой Международной научно-практической конференции. В 2-х т. Т. 2. – Смоленск: Смоленский филиал Российского университета кооперации, 2015. – С. 35–39.
- Сеньков А.В., Бобряков А.В. Нечеткая онтологическая модель мониторинга и управления комплексными рисками сложной экономической системы на примере вуза // Международный журнал информационных технологий и энергоэффективности. – 2016. – Т. 1, № 1. – С. 2–10.
- Сеньков А.В. Развитие методов и моделей анализа и оценки производственных рисков на основе нечеткого подхода // Информационные технологии, энергетика и экономика: сб. трудов VI Межрег. научн.-техн. конф. студентов и аспирантов. – В 3 т. Т. 1. – 2008. – С. 89.
- Сеньков А.В. Способ оценки производственных рисков на основе нечетких деревьев отказов // Радиоэлектроника, электротехника и энергетика: Тезисы докладов XV Международной научн.-техн. конф. студентов и аспирантов. – В 3 т. Т. 1. – 2009. – С. 292.
- Сеньков А.В., Андреева О.Н. Подход к построению интеллектуальной системы для управления пожарами, авариями и инцидентами на промышленных предприятиях на основе теории мультиагентных систем // Фундаментальные исследования. – 2016. – № 10–3. – С. 560–565.
- Черняк Н.А. Логика: учебное пособие. – Омск: Омск. гос. ун-т, 2004.
- Шеер А.-В. Моделирование бизнес- процессов. – М.: Весть-МетаТехнология, 2000.
- Allen J.F. Maintaining Knowledge about Temporal Intervals // Communications of the ACM. – 1983. – Vol. 26, № 11. – P. 832–843.
- Eremeev A.P., Kurilenko I.E. Temporal reasoning component for real-time intelligent decision-support systems // Scientific and Technical Information Processing. – 2011. – Т. 38, № 5. – P. 332–343.
- ISO 31000:2009 – Risk management Principles and guidelines.
- Object Management Group. Business Process Model and Notation v.2.0. Режим доступа: <http://www.omg.org/spec/BPMN/2.0/PDF>, accessed 01.10.2016.
- Senkov A.V., Zaharov A.S., Borisov V.V. Accident Risks Assessment by Temporal Fuzzy Bayesian Network // International Journal of Applied Engineering Research. – 2016. – Vol. 11, № 22. – P. 10731–10736.