

Применение модели дерева отказов для интерпретации диаграммы структурного аспекта рисков

Фирсова Полина Юрьевна

Филиал ФГБОУ ВО НИУ «Московский энергетический институт» в г. Смоленске

Студент

Сеньков Алексей Викторович

Филиал ФГБОУ ВО НИУ «Московский энергетический институт» в г. Смоленске

к.т.н., доцент кафедры вычислительная техника

Аннотация

В статье рассматриваются вопросы интерпретации графической нотации для представления процесса управления комплексными рисками, а именно диаграммы структурного аспекта рисков, с использованием дерева отказов. Сделан вывод о способности модели дерева отказов покрыть все возможные комбинации, представляемые диаграммой структурного аспекта рисков.

Ключевые слова: дерево отказов, диаграмма структурного аспекта рисков, управление рисками

Application of the failure tree model for interpretation of the diagram of the structural aspects of risks

Firsova Polina Yurevna

Smolensk branch of Federal Autonomous Educational Institution of Higher Education Moscow Power Engineering Institute (National Research University), Smolensk

student

Senkov Alexey Viktorovich

Smolensk branch of Federal Autonomous Educational Institution of Higher Education Moscow Power Engineering Institute (National Research University), Smolensk

Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of Computer Science

Abstract

The article considers the interpretation of graphical notation for the presentation of the process of managing complex risks, namely the diagram of the structural aspect of risks using the tree of failures. The conclusion is made about the ability of the fault tree model to cover all possible combinations represented by a structural risk diagram.

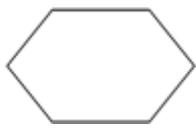
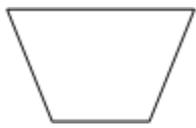
Keywords: tree of failures, diagram of the structural aspect of risk, risk management

Управление комплексными рисками представляет собой сложный процесс, требующий рассмотрения системы, на предмет возникновения рисков, с различных точек зрения (аспектов): структурного, процессорного и системного [5]. В рамках [4] предложена графическая нотация для представления процесса управления комплексными рисками.

Для графического отображения структурного аспекта используется диаграмма структурного аспекта рисков.

Диаграмма структурного аспекта рисков предполагает представление состава системы и структурной взаимосвязи ее элементов с точки зрения возникновения рисков. Диаграмма включает следующие элементы: риск-события, источники рисков, графическая нотация представлена в таблице 1 [4,5].

Таблица 1 – Графическая нотация диаграммы структурного аспекта рисков

№	Элемент	Графическое изображение	Описание
1	Риск-событие		Событие, наступление которого может принести ущерб системе или процессу
2	Источник риска		Действие или объект, порождающий риск-события, которые приводят к возникновению риск-события

Для установления взаимосвязей между элементами введены следующие логические операции: И, ИЛИ, НЕ, Исключающие ИЛИ, m из n ($\wedge, \vee, \neg, \Leftrightarrow, m/n$).

Сама по себе диаграмма структурного аспекта риска не является инструментом анализа, а представляет лишь способ наглядного отображения структурного аспекта рисков. Для анализа структурного аспекта рисков в соответствии с [5] могут быть использованы, например, следующие методы и модели:

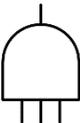
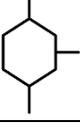
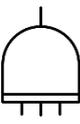
- дерево отказов;
- дерево решений;
- байесовские сети;
- нечеткая производственная модель;
- анализ «Что- если?»;
- анализ первопричин;
- анализ надежности людей.

Следует учитывать, что для проведения такого анализа с использованием одной из предложенных моделей требуется сначала провести интерпретацию диаграммы в модель.

Остановимся более подробно на модели дерева отказов. Данная модель обладает следующими преимуществами: анализ сосредоточен на отыскании отказов, предоставляет возможность проведения качественного и количественного анализа системы, позволяет сосредоточиться на конкретном отказе системы [3].

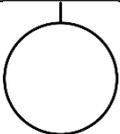
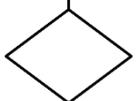
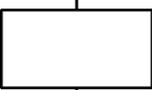
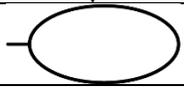
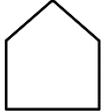
Принцип построения дерева отказов основывается на дедуктивной логике исследований, т.е. интересующее нас нежелательное событие является вершиной дерева, и далее выявляются все причины, которые могут привести к исходному нежелательному событию. Для построения дерева отказов используют логические символы и символы событий [2]. Логические символы, необходимые для построения дерева отказа представлены в таблице 2[3].

Таблица 2 – Логические символы, используемые для построения дерева отказов

№	Графическое изображение	Название символа	Причинная взаимосвязь
1		И	Выходное событие происходит, если все входные события случаются одновременно
2		ИЛИ	Выходное событие происходит, если случается любое из входных событий
3		Запрет	Наличие входа вызывает появление выхода тогда, когда происходит условное событие
4		Приоритетное И	Выходное событие имеет место, если все входные события происходят в нужном порядке слева направо
5		Исключающее ИЛИ	Выходное событие происходит, если случается одно (но не оба) из входных событий
6		m из n	Выходное событие происходит, если случается m из n входных событий

Символы событий используемые в построении дерева отказов представлены в таблице 3 [3].

Таблица 3 – Графическое изображение событий, используемых для построения дерева отказов

№	Графическое изображение	Описание
1		Первичный отказ
2		Не проработанное событие
3		Результирующие событие
4		Условное событие
5		Ожидаемое событие

Преобразование элементов диаграммы в элементы модели происходит следующим образом. Элемент «источник риска», диаграммы структурного аспекта рисков, может быть представлен графическими элементами модели «круг» и «ромб». Однако, при построении диаграммы источник нежелательного события заранее известен, из чего следует, что элемент «источник риска» будет преобразован в графический элемент модели «круг». В свою очередь, элемент «риск-событие» может быть представлен в виде графического элемента модели «прямоугольник» или в виде комбинации элементов: «прямоугольник», «овал», «дом» и связывающий их логический элемент модели.

Логические элементы диаграммы структурного аспекта рисков практически полностью совпадают с элементами дерева отказов, за исключением таких элементов как «Запрет», «Приоритетное ИЛИ» и «НЕ». Отсутствие элементов в диаграмме «Запрет» и «Приоритетное ИЛИ» не влияет на интерпретацию диаграммы структурного аспекта рисков в дерево отказов. В модели дерева отказов элемент «НЕ» отсутствует, однако данный логический элемент может быть представлен в виде графического элемента модели «Запрет», при этом значение условного события, для данного логического элемента, должно быть противоположным по отношению к входному событию. Рассмотрим пример, показывающий корректность данного преобразования, где в качестве нежелательного события выступает риск-событие «оповещение об отказе станка». Данная нежелательная ситуация наступит при появлении риск-события «выход из строя станка» и отсутствии риск-события «выход из строя системы оповещения». Диаграмма структурного аспекта рисков для события «оповещение об отказе станка» изображена на рисунке 1, результат преобразования диаграммы в модель дерева отказов представлен на рисунке 2.

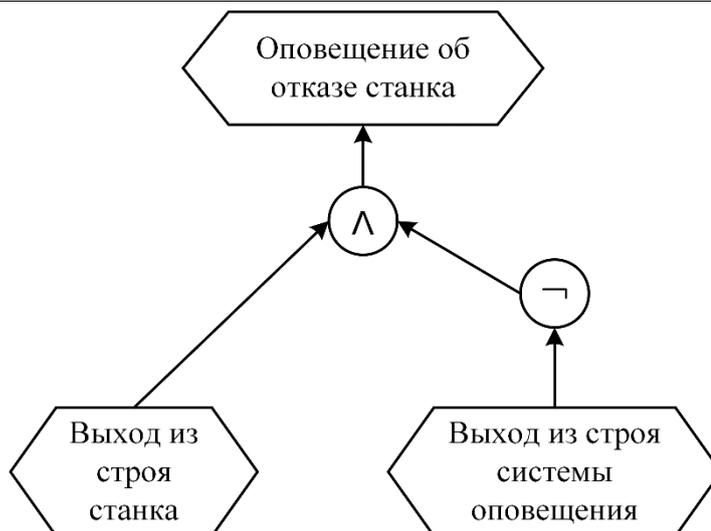


Рисунок 1 – Диаграмма структурного аспекта рисков для события «оповещение об отказе станка»

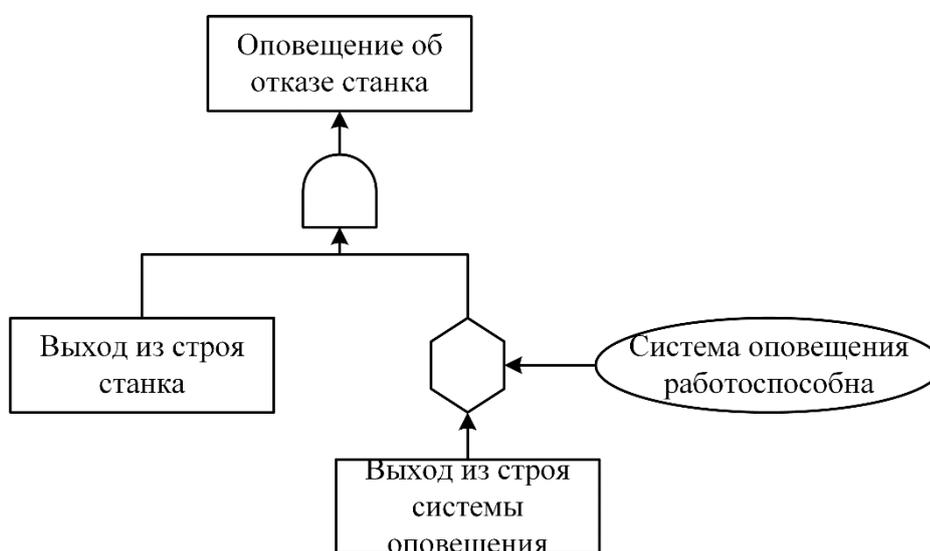


Рисунок 2 - Дерево отказов для события «оповещение об отказе станка»

При преобразовании диаграммы в модель дерева отказов просмотр элементов происходит «слева направо» в направлении «сверху вниз». Он включает следующие этапы:

1. нахождение первого элемента диаграммы структурного аспекта риска, изображаемого в виде элемента «риск-событие», и замена его на элемент модели «прямоугольник»;
2. определение логического элемента, для которого найденный на предыдущем этапе элемент является выходным и замена его на эквивалентный ему логический элемент дерева отказов;
3. далее нахождение всех элементов, которые являются входными для найденного логического элемента. Если найденный элемент – «источник риска», то заменяем его на элемент модели «круг». В случае если найденный элемент – «риск-событие», то заменяем его на элемент модели

«прямоугольник». Возможен случай, когда найденный элемент – логический элемент, тогда заменяем его на эквивалентный ему логический элемент дерева отказов;

4. далее осуществляем просмотр всех найденных на предыдущем этапе элементов. В случае, если найденный элемент является выходным для некоторого логического элемента, то переходим на 2 шаг. Если таких элементов не было обнаружено, то преобразование закончено.

По окончании интерпретации диаграммы структурного аспекта рисков в дерево отказов, необходимо проверить полученное дерево и при необходимости при помощи логики высказываний привести к типовым элементам модели. На рисунках 3,4 представлен пример преобразования структуры дерева отказов к типовым элементам.

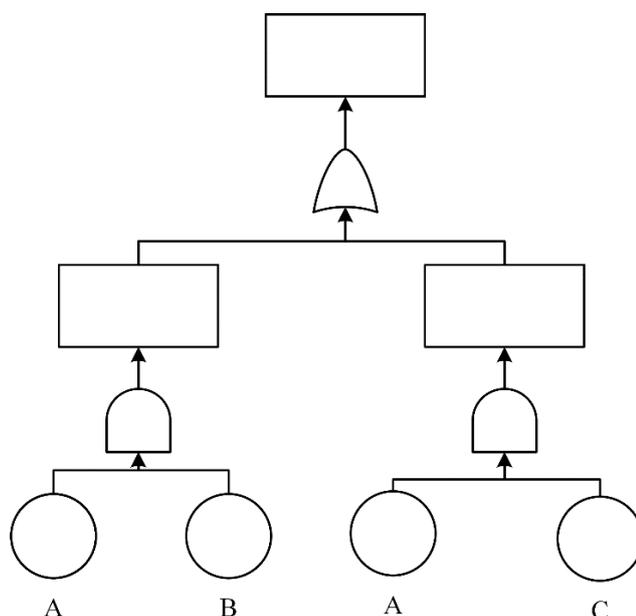


Рисунок 3 – Пример неправильно построенного дерева отказов

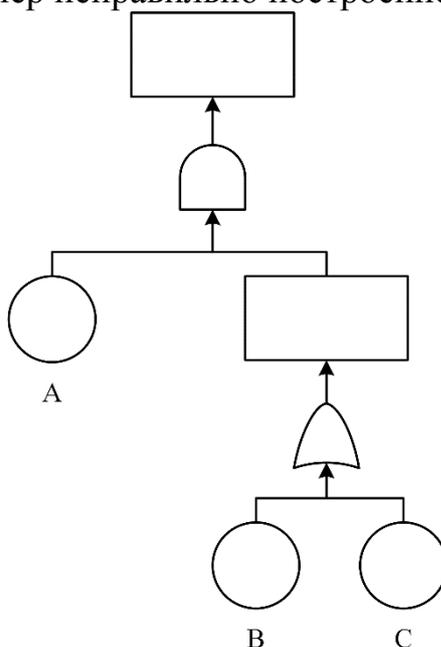


Рисунок 4 – Пример правильно построенного дерева отказов

Рассмотрим пример построения диаграммы структурного аспекта рисков. В примере в качестве нежелательного события выступает риск-событие «сбой при приёме студентов в ВУЗ» [4]. Данное нежелательное событие наступит при появлении хотя бы одного из следующих риск-событий: сбой в работе приемной комиссии, сбой в работе учебного отдела, сбой в работе управления АХД. Пример диаграммы структурного аспекта приведен на рисунке 5.

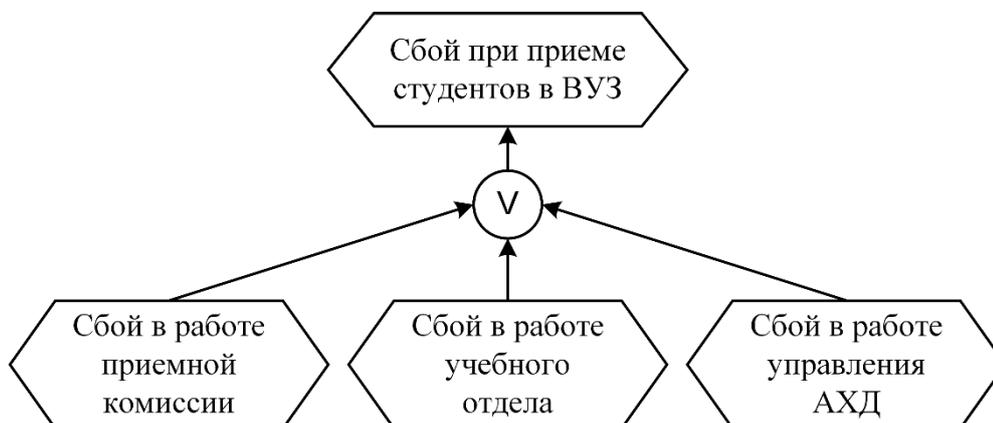


Рисунок 5 – Диаграмма структурного аспекта рисков для события «сбой при приеме студентов в ВУЗ»

Преобразуем рассмотренный ранее пример в дерево отказов. Исходя из графических обозначений дерева отказов и диаграммы структурного аспекта рисков, графический элемент, изображающий «риск-событие» может быть заменен на графический элемент «прямоугольник» в представлении дерева отказов. Результат преобразования диаграммы структурного аспекта в дерево отказов представлен на рисунке 6.

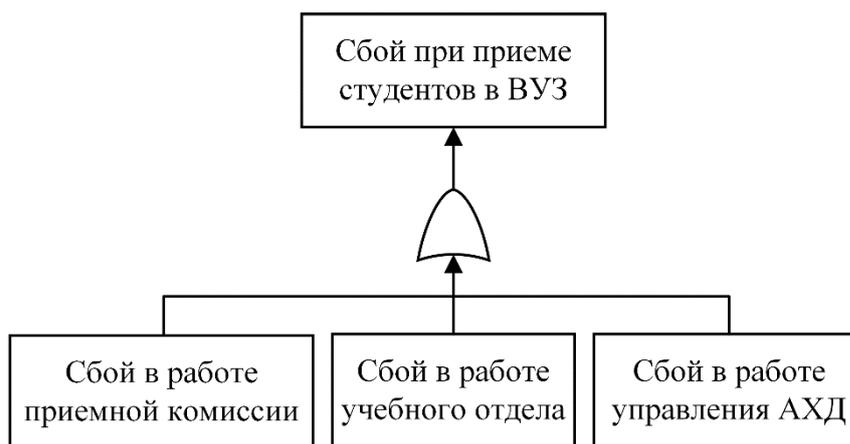


Рисунок 6 – Дерево отказов для события «сбой при приеме студентов в ВУЗ»

Далее рассмотрим случай обратного преобразования, из дерева отказов в диаграмму структурного аспекта рисков, на примере события отсутствия освещения в помещении[1]. В качестве событий, привлеченных к

нежелательной ситуации, были выделены: обрыв цепи выключателя, перегорание лампочки, промежуточное событие – отключение сети, которое наступает вследствие возникновения следующих событий: отказ сети или отказ предохранителя.

Как уже отмечалось ранее, графический элемент дерева отказов «прямоугольник» может быть заменен на графический элемент «риск-событие» в представлении диаграммы структурного аспекта рисков. В свою очередь, графические элементы «круг» и «ромб», в нотации дерева отказов, могут быть представлены в виде графического элемента «источник риска» в диаграмме структурного аспекта рисков.

Дерево отказов для события «Отсутствие освещения в помещении» представлено на рисунке 7, а соответствующая ему диаграмма структурного аспекта рисков изображена на рисунке 8.

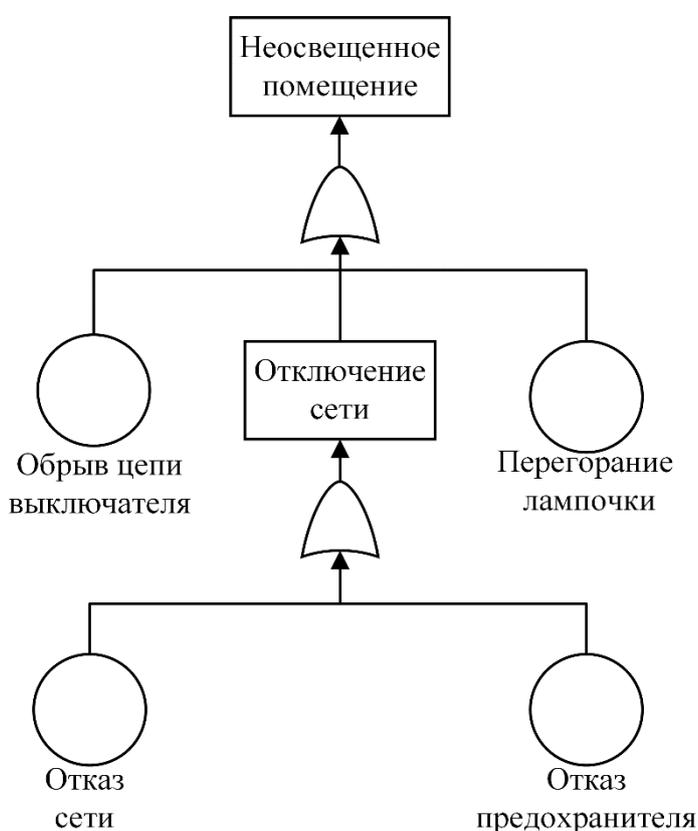


Рисунок 7- Дерево отказов для события «отсутствия освещения в помещении»

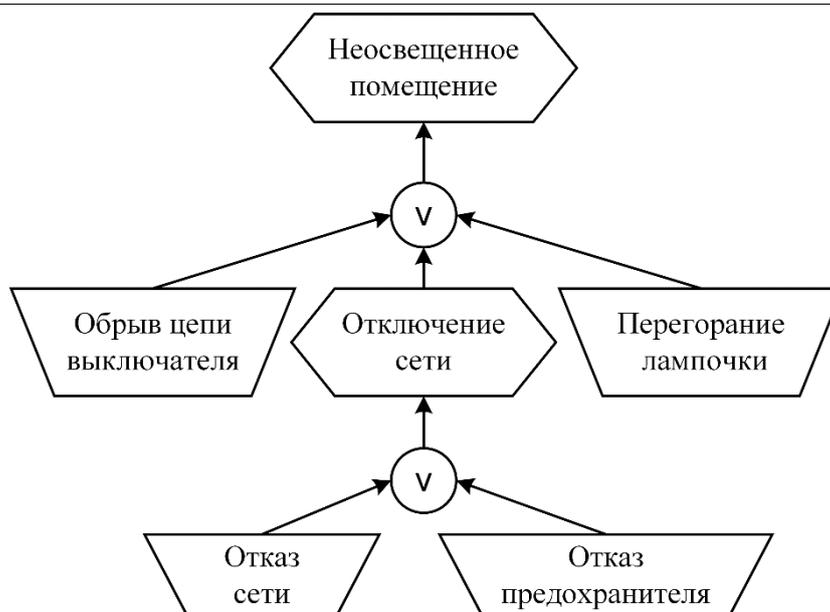


Рисунок 8 – Диаграмма структурного аспекта рисков для события «отсутствия освещения в помещении»

В результате рассмотренных примеров можно сделать вывод, что дерево отказов может быть без ограничений использоваться для интерпретации структурного аспекта рисков. Стоит отметить, что некоторые логические символы, которых изначально нет в диаграмме структурного аспекта риска можно заменить на им эквивалентные. Так, например, в дереве отказов знак «приоритетное И» эквивалентен знаку «Запрет», который, в свою очередь, эквивалентен знаку «И». Графические элементы дерева отказов («овал», «прямоугольник», «дом») в диаграмме структурного аспекта риска будут представлены в виде риск-событий. Однако, затруднения могут возникнуть с графическими элементами дерева отказов («круг», «ромб»), дело в том, что данные графические элементы в диаграмме структурного аспекта будут изображены в виде графического элемента «источник риска», который не позволит однозначно определить тип символа события при преобразовании из диаграммы структурного аспекта в дерево отказов. Для разрешения выявленного противоречия достаточно условиться о правилах интерпретации «источников риска» заблаговременно.

Библиографический список

1. Ветошкин А.Г. Надежность технических систем и техногенный риск: уч. пос. Пенза: Изд-во ПГУАиС, 2003. 155 с.
2. Викторова В.С., Степанянц А.С. Модели и методы расчета надежности технических систем. 2-е изд. М: ЛЕНАНД, 2016. 256 с.
3. Костерев В.В. Надежность технических систем и управление риском: уч. пос. М: МИФИ, 2008. 280 с.
4. Сеньков А.В. Графическая нотация для представления процесса управления комплексными рисками // Современные наукоемкие

технологии. 2016. №12 (часть 1). С. 72–81.

5. Сеньков А.В. Управление рисками: интеллектуальные модели, методы, средства. Смоленск: Универсум, 2016. 217 с.