

Разработка дерева событий по цели, стратегиям и задачам системы

С.Н. Масаев¹, А.Н. Минкин², И.А. Галунский¹, Р.В. Луценко¹

¹Сибирский государственный университет науки и технологий имени академика М.Ф. Решетнева, Красноярск

²Финансовый университет при Правительстве Российской Федерации

Аннотация: Сочетание системного анализа и долгосрочного планирования является важным условием для обеспечения устойчивого развития и повышения конкурентоспособности предприятий. В данном контексте использование метода анализа дерева событий (Event Tree Analysis — ETA) играет ключевую роль в оценке выполнения стратегических целей, задач и выявлении потенциальных рисков. Данное исследование направлено на разработку и применение дерева событий для анализа различных аспектов деятельности системы, включая постановку целей, разработку стратегий и выполнение задач. Применение метода ETA позволяет не только моделировать возможные сценарии развития событий, но и разрабатывать меры по минимизации рисков, что способствует достижению долгосрочной устойчивости и успешного функционирования системы.

Ключевые слова: дерево событий, системный анализ, стратегическое планирование, управление рисками, минимизация угроз, устойчивое развитие, конкурентоспособность предприятий, количественный анализ, качественный анализ, зависимые события, условные вероятности, защитные механизмы, частота событий.

Устойчивое развитие предприятия как сложной системы требует не только эффективного управления текущими процессами, но и четкого понимания долгосрочных стратегий. Интеграция системного анализа и долгосрочного планирования помогает выявлять риски и разрабатывать меры для их минимизации. В статье рассматривается, как метод анализа дерева событий может быть применен для построения дерева, связанного с целями, стратегиями и задачами системы, что позволяет точнее оценивать их выполнение и снижать потенциальные угрозы.

В написании данной статьи большой вклад внесли Клеменс П.Л., Родни Дж., Хонг Ын Су, Копеланд Т., Антикаров В. Описание методов статьи привнесло четкий взгляд в понимании материала.

Анализ дерева событий (Event Tree Analysis — ETA) — это индуктивный метод, моделирующий возможные последствия иницирующего события с учетом защитных механизмов [1]. Он позволяет оценить вероятность различных сценариев. Процесс начинается с

определения инициирующего события, после чего аналитик задает вопрос: «Что произойдет, если...?», строя дерево возможных исходов. Ключевой этап — составление полного списка инициирующих событий для охвата всех значимых сценариев.

ЕТА выявляет все возможные пути развития неблагоприятных ситуаций, выделяя ветви, соответствующие успешному срабатыванию или отказу защитных механизмов [2]. Успешные ветви отражают условия, при которых защитные системы работают корректно. Важно учитывать взаимосвязь событий, так как вероятности в ЕТА условны и зависят от предшествующих факторов. На рис. 1 представлены основные этапы выполнения этого анализа.

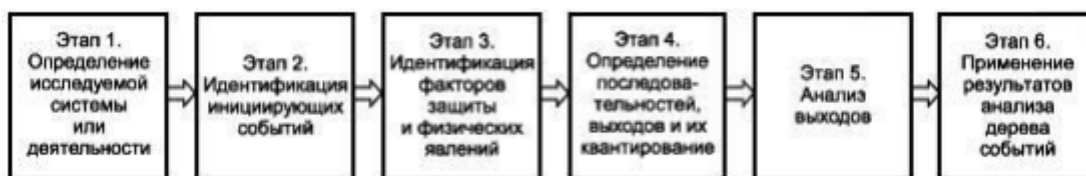


Рис. 1 – Процесс разработки дерева событий

Преимущества метода ЕТА:

- Применим к системам любого типа.
- Визуализирует последовательность событий после инициирующего события.
- Оценивает множественные и зависимые отказы системы.
- Анализирует как успешное функционирование, так и сбои системы.
- Выявляет конечные события, которые сложно предсказать.
- Обнаруживает уязвимости, единичные отказы и слабые защитные меры.
- Упрощает анализ сложных систем через разделение на подсистемы.

Метод позволяет отслеживать пути развития отказов и упрощает анализ сложных систем, разбивая их на функциональные подсистемы [3].

Ключевое преимущество ЕТА — возможность моделировать взаимодействие защитных механизмов при возникновении инициирующего события, что делает систему и ее реакции на неблагоприятные сценарии более прозрачными и облегчает оценку рисков.

Перед количественным анализом частоты или вероятности исходов необходимо провести детальный качественный анализ дерева событий [4]. Он включает изучение инициирующих, ключевых, промежуточных и основных событий, а также связанных с ними деревьев неисправностей. Основные принципы анализа иллюстрируются с помощью стандартного графического представления дерева событий, как показано на рис. 2.

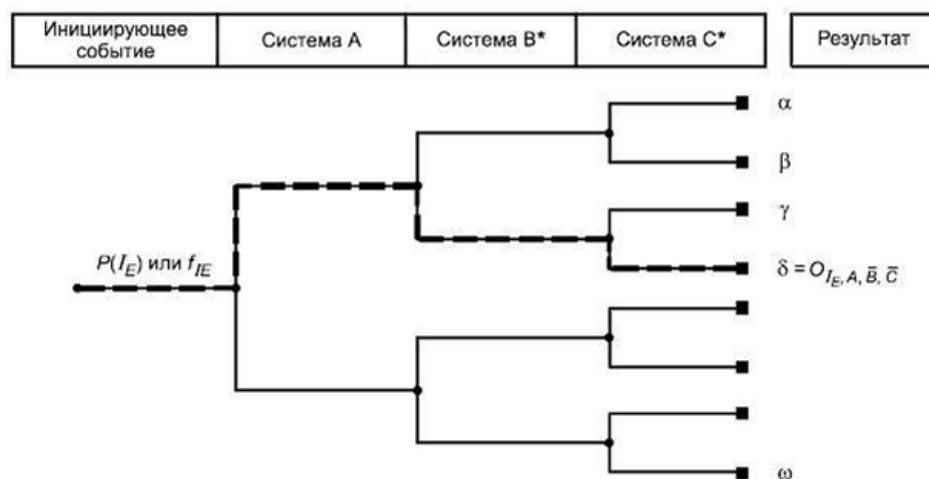


Рис. 2 – Дерево событий

При построении дерева событий важно учитывать временные рамки и логическую взаимосвязь защитных факторов, а также зависимость их срабатывания друг от друга. Если условные вероятности успеха или отказа защитных механизмов независимы, количественный анализ становится значительно проще. Для вывода формулы (1) для вероятности P последовательности необходимо использовать теорему условной вероятности и определения:

$$P_n = P_c \times P(A) \times P(B) \times P(C), \quad (1)$$

где P – вероятность реализации инициирующего события; $P(A)$ – вероятность успеха системы A при реализации данного инициирующего события (условная вероятность). $P(B)$ и $P(C)$ аналогично системы A .

Иницирующее событие может быть описано или с помощью безразмерной вероятности реализации события P , или с помощью частоты (1/время) [5]. Если оценивают частоту, эта математическая модель может быть использована для вычисления частоты F последовательности (2):

$$F_n = F \times P(A) \times P(B) \times P(C), \quad (2)$$

где F – частота реализации инициирующего события;

Выполняя расчеты для всех возможных последовательностей, получают количественную оценку всех выходов инициирующего события.

В данной части рассмотрим применение метода ЕТА для оценки частоты остановки конвейерной ленты на производственном предприятии. Используем структуру дерева событий, представленную на рис.3, чтобы вычислить частоту остановки конвейерной ленты с учетом вероятностей отказов в обнаружении признаков поломки и отсутствия планового осмотра.

Частота остановки (3)

$$F = 2.0e^{-3}, \quad (3)$$

Вероятности отказов защитных систем:

– Невозможность обнаружения признаков (4).

$$P(A) = 0.05, \quad (4)$$

– Отсутствие планового осмотра (5).

$$P(B) = 0.1, \quad (5)$$

Сценарии развития событий: если признаки поломки обнаружены и проведен плановый осмотр – риск минимизирован [6]. Если признаки поломки не обнаружены или плановый осмотр не проведен – критический сценарий.

Частота остановки конвейерной ленты из-за невозможности обнаружения признаков поломки (6).

$$F_1 = 2.0e^{-3} \times 0.05 = 1.0e^{-4}, \quad (6)$$

Частота остановки конвейерной ленты из-за отсутствия планового осмотра при условии, что признаки поломки могут быть обнаружены (7).

$$F_2 = 2.0e^{-3} \times 0.95 \times 0.1 = 1.9e^{-4}, \quad (7)$$

Частота остановки конвейерной ленты при условии, что признаки поломки могут быть обнаружены и проводится плановый осмотр (8).

$$F_3 = 2.0e^{-3} \times 0.95 \times 0.9 = 1.71e^{-3}, \quad (8)$$

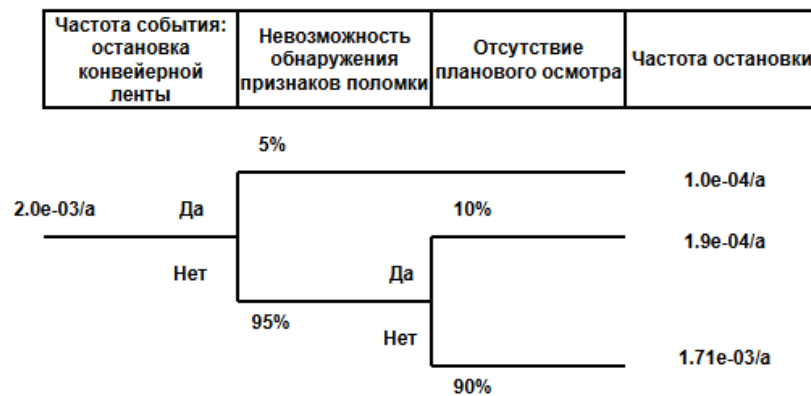


Рис. 3 – Дерево событий для остановки конвейерной ленты

Метод ЕТА позволяет количественно оценить эффективность системы предотвращения остановки конвейерной ленты и выявить слабые места. Даже при низкой исходной частоте остановок, сочетание мер обнаружения и планового осмотра снижает риск до приемлемого уровня [7]. Также используем смежный подход, но для задач и стратегий. В нем значения риска будут показаны на каждом этапе. Для этого создадим стратегическую карту.

Модуль 1: стратегическое планирование, бюджетирование, финансы и учет.

1. Задача: контроль за деятельностью предприятия и выявление оперативных проблем.

- Риски: накопление проблем, большой объем проблем, мешающий дальнейшей работе, провальное развитие бизнеса.
2. Задача: анализ управленческих и стратегических ситуаций и обеспечение процесса выработки стратегических решений.
- Риски: проигрышная стратегия, ошибочный сбор информации и его анализ, провальное развитие бизнеса.
3. Задача: финансовый анализ и прогнозирование, разработка финансового плана, управление кредитной политикой.
- Риски: ошибочный анализ, ошибочный сбор информации и его анализ, провальное развитие бизнеса.
4. Задача: контроль бюджета, бухгалтерский учет и расчет зарплаты:
- Риски: человеческий фактор, ошибочный сбор информации и его анализ, провальное развитие бизнеса.
5. Задача: обеспечение достоверной информацией о состоянии предприятия на текущий момент и подготовка прогноза на будущее, а также обеспечение контроля за работой служб предприятия и четкой координации работ и ресурсов.
- Риски: недостоверность отчетности. Срыв сроков предоставления отчетности, ошибочный сбор информации и его анализ, провальное развитие бизнеса.
6. Стратегия: реорганизация отделов.

Модуль 2: маркетинг и дистрибуция.

1. Задача: исследование и анализ рынка, прогнозирование продаж:
- Риски: действия конкурентов, провал плана продаж, низкие продажи.
2. Задача: управление продажами.
- Риски: слишком мало товара, провал плана продаж, низкие продажи.
-

3. Задача: Анализ и установление цены.

- Риски: слишком высокая цена, провал плана продаж, низкие продажи.

4. Задача: учет заказов.

- Риски: человеческий фактор, нет точных данных по продажам, низкие продажи.

5. Задача: ведение статистики продаж.

- Риски: сбой оборудования, нет точных данных по продажам, низкие продажи.

6. Стратегия: реорганизовать отдел продаж.

Модуль 3: разработка новой продукции.

1. Задача: исследование рынка и анализ спроса на продукцию.

- Риски: выход конкурентной продукции в день выхода своей продукции, провал плана продаж, остановка завода.

2. Задача: исследование и анализ имеющихся ресурсов.

- Риски: перебои с пополнением ресурсов, простой конвейерного производства, остановка завода.

3. Задача: рекомендации по производству новой продукции.

- Риски: сложность реализации, простой конвейерного производства, остановка завода.

4. Стратегия: реорганизовать отдел продаж с оборудованием и программным обеспечением.

Модуль 4: планирование и управление производством и материальными потоками.

1. Задача: планирование объемов работ и разработка календарных планов.

- Риски: срыв сроков, накапливание почти готовых заказов: мало места на складе, наложенный платеж откладывается, простой прибыли.
2. Задача: анализ работы оборудования.
- Риски: неточные данные, накапливание почти готовых заказов: мало места на складе, наложенный платеж откладывается, простой прибыли.
3. Задача: контроль за выполнением производственных заказов, состоянием производственных мощностей.
- Риски: много заказов почти собраны, но не хватает последних запчастей, накапливание почти готовых заказов: мало места на складе, наложенный платеж откладывается, простой прибыли.
4. Задача: управление запасами и производственными ресурсами предприятия.
- Риски: перебои с пополнением ресурсов, накапливание почти готовых заказов: мало места на складе, наложенный платеж откладывается, простой прибыли.
5. Стратегия: правильное распределение нагрузки.
- Модуль 5: оперативное управление производственными операциями
1. Задача: разработка оперативно-календарных планов и составление сменно-суточных заданий.
- Риски: срыв сроков, накапливание заданий, низкий коэффициент полезного действия (далее КПД).
2. Задача: организация работы по выполнению производственных программ и заданий.
- Риски: неправильное оценивание приоритетности задач, низкая квалификация работников, низкий КПД.
3. Задача: задачи и содержание оперативного учета производства.
-

Разработка дерева событий с использованием метода ЕТА представляет собой эффективный инструмент для системного анализа и управления рисками, связанными с достижением стратегических целей и задач [9]. Риск рассматривается в аспекте выявления технических и организационных факторов риска [10]. Метод позволяет не только визуализировать возможные сценарии развития событий, но и оценить их вероятности, что способствует более обоснованному принятию решений.

Интеграция метода ЕТА в процессы долгосрочного планирования обеспечивает устойчивое развитие системы, улучшает контроль над рисками и способствует достижению поставленных целей. Таким образом, дерево событий, разработанное с помощью ЕТА, становится важным инструментом для повышения конкурентоспособности и успешного функционирования системы в условиях неопределенности.

Литература

1. Clemens P.L., Rodney J. System Safety and Risk Management. NIOSH Instructional Module, A Guide for Engineering Educators. Cincinnati, Ohio // National Institute for Occupational Safety and Health, 2001. С. 93 – 97.
2. Copeland T. Real Options: A Practitioner's Guide. Weinheim: Wiley. 2002. С. 119 – 127.
3. Hong Eun Su. Quantitative Risk Assessment Based on Event Tree Analysis Method: Application to TBM Shield Design, 2009. С. 269 – 277.
4. Hed G.L., Horn S. Essentials of Risk Management. In 2 vols. Insurance Institute of America, 1991. С. 14 – 16.
5. Риполь-Сарагоси Ф.Б., Золотухина Н.П.. Формирование мотивационной основы управленческого анализа предприятия, бизнеса // Инженерный вестник Дона, 2011, №4. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n4y2011/698.

6. Чижова В.И. Системный анализ и управление рисками для здоровья человека на основании данных автоматизированной системы мониторинга // Инженерный вестник Дона, 2012, №4. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n4p2y2012/1344.
7. Williams C.A. Jr., Heins R.M. Risk Management and Insurance. New York, 1985. С. 145 – 163.
8. Балабанов И.Т. Риск-менеджмент, 1996. С. 53 – 72.
9. Грабовый П.Г. Конкуренция и управление рисками на предприятиях в условиях рынка, 1997. С. 256 – 260.
10. Трушкова Е.А. Исследование этапов методологии определения профессионального риска // Инженерный вестник Дона, 2012, №4. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n4p2y2012/1317.

References

1. Clemens P.L., Rodney J. National Institute for Occupational Safety and Health, 2001. Pp. 93 – 97.
 2. Copeland T. Real Options: A Practitioner's Guide. Weinheim: Wiley. 2002. Pp. 119 – 127.
 3. Hong Eun Su. Quantitative Risk Assessment Based on Event Tree Analysis Method: Application to TBM Shield Design, 2009. Pp. 269 – 277.
 4. Hed G.L., Horn S. Essentials of Risk Management. In 2 vols. Insurance Institute of America, 1991. Pp. 14 – 16.
 5. Ripol`-Saragosi F.B., Zolotukhina N.P. Inzhenernyj vestnik Dona, 2011, No. 4. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n4y2011/698.
 6. Chizhova V.I. Inzhenernyj vestnik Dona, 2012, No. 4. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n4p2y2012/1344.
 7. Williams C.A. Jr., Heins R.M. Risk Management and Insurance. New York, 1985. Pp. 145 – 163.
-



8. Balabanov I.T. Risk-menedzhment [Risk-management.], 1996. Pp. 53-72.
9. Grabovy`j P.G. Konkurenciya i upravlenie riskami na predpriyatiyax v usloviyax ry`nka [Competition and Risk Management at Enterprises in Market Conditions], 1997. Pp. 256-260
10. Trushkova E.A. Inzhenernyj vestnik Dona. 2012. №4. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n4p2y2012/1317.

Дата поступления: 4.02.2025

Дата публикации: 27.03.2025