

УДК 65.011.3.

М.А. Елисеева

*Севастопольский национальный университет ядерной энергии и промышленности,
Севастополь*

АНАЛИЗ НЕОПРЕДЕЛЕННОСТИ ПРИ ОЦЕНИВАНИИ РИСКА БЕЗОПАСНОСТИ СЛОЖНЫХ ОБЪЕКТОВ

В статье рассмотрен подход анализа неопределенности при оценивании риска безопасности сложных объектов. Проведен анализ методов определения значений неопределенности при оценивании риска. Рассмотрены основные подходы оценивания неопределенности. Сформулирован алгоритм анализа неопределенности при оценивании риска безопасности сложных объектов. Выделены подходы повышения качества анализа неопределенности при оценивании риска безопасности сложных объектов.

Ключевые слова: риск, неопределенность, безопасность сложных объектов.

Введение

Безопасность сложных объектов (СО) описывается параметрами риска [1]. Неразрывными с понятием риска являются характеристики вероятности, неопределенности и случайности. Существование риска непосредственно связано с неопределенностью. Неопределенность предполагает наличие факторов, при которых результаты действий не являются детерминированными, а степень возможного влияния этих факторов на результаты неизвестна – это неполнота или неточность информации об условиях реализации проекта и эксплуатации СО. При оценивании риска используются различные методы моделирования. Результаты моделирования содержат неопределенность, которую необходимо учитывать и оценивать. В моделях можно выделить три основные категории источников неопределенностей [2]: полнота моделирования; адекватность моделирования; неопределенность исходных параметров.

Уменьшение влияния источников неопределенности на конечный результат возможно за счет повышения качества информации, используемой при моделировании. Качество информации зависит от степени достоверности данных, полученных и используемых при моделировании, от правильности выбора данных, правильности выбора метода моделирования, определения и построения модели. Чем точнее информация, используемая при моделировании, тем меньше неопределенность при оценивании риска. Для уменьшения неопределенности при оценивании риска используемая информация должна быть документирована, а методы моделирования оценивания риска – стандартизированы. Так как на сегодняшний день база, регламентирующая анализ неопределенности при оценивании риска безопасности СО несовершенна [2, 3, 5], анализ неопределенности при оценивании безопасности СО является актуальной научной задачей.

Цель исследования: определить подходы повышения качества анализа неопределенности при оценивании риска безопасности СО. Для определения основных подходов в рамках рассматриваемой задачи необходимо рассмотреть методы определения значений неопределенностей и определить алгоритм анализа неопределенности при оценивании риска.

Основной раздел

В процессе оценки величины риска для установления допустимого уровня рисков должны исследоваться начальные события или обстоятельства, последовательность потенциально опасных событий, любые смягчающие факторы и характеристики, а также природа и частота возможных последствий идентифицированных опасностей. Эти критерии и меры должны распространяться на риски для людей, имущества и окружающей среды и должны включать значения неопределенностей оценок [3].

При оценивании риска используются следующие методы определения значений неопределенностей [3]:

- анализ неопределенностей, связанных с используемыми данными, методами и моделями, применяемыми для оценки ожидаемого риска. Анализ неопределенностей предусматривает определение изменений и неточностей в результатах моделирования, которые являются следствием отклонения параметров и предположений, применяемых при построении модели. Анализ неопределенности включает определение погрешностей результатов, вызванных изменениями параметров и предположений;

- анализ чувствительности тесно связан с анализом неопределенности. Анализ чувствительности подразумевает определение изменений в реакции модели на отклонения отдельных параметров модели. Анализ чувствительности включает в себя определение амплитуды изменений риска в зависимости от изменений отдельных индивидуальных входных параметров. Такой анализ применяют для

идентификации высокоточных данных, к отклонениям которых риск малочувствителен.

Оценка неопределенности состоит из преобразования неопределенности критических параметров

модели в неопределенность результатов в соответствии с моделью риска. Методы оценки величины риска и определения значений неопределенностей представлены в табл. 1.

Таблица 1

Методы оценки величины риска и определения значений неопределенностей

| Методы оценки величины риска и определения значений неопределенностей | Описание и применение | Метод определения значений неопределенностей |
|---|--|---|
| Анализ «дерева событий» | Совокупность приемов идентификации опасности и анализа частот, в которых используется индуктивный подход с целью перевода различных иницирующих событий в возможные исходы | Анализ неопределенности |
| Анализ видов и последствий отказов, а также Анализ видов, последствий и критичности отказов | Совокупность приемов идентификации главных источников опасности и анализа частот, с помощью которых анализируются все аварийные состояния данной единицы оборудования на предмет их влияния как на другие компоненты, так и на систему в целом | Анализ неопределенности и анализ чувствительности |
| Анализ «дерева неисправностей» | Совокупность приемов идентификации опасности и анализа частот нежелательного события, с помощью которых определяются все пути его реализации. Используется графическое изображение | Анализ неопределенности |
| Исследование опасности и связанных с ней проблем | Совокупность приемов идентификации фундаментальной опасности, при помощи которых оценивается каждая часть системы с целью обнаружения того, могут ли происходить отклонения от назначения конструкции и какие последствия это может повлечь | Анализ неопределенности |
| Анализ влияния человеческого фактора | Совокупность приемов анализа частот в области воздействия людей на показатели работы системы, при помощи которых определяется влияние ошибок человека на надежность | Анализ неопределенности |
| Предварительный анализ опасности | Совокупность приемов идентификации опасности и анализа частот, используемых на ранней стадии проектирования с целью идентификации опасностей и оценки их критичности | Анализ неопределенности |
| Классификация групп риска по категориям | Классификация видов риска по категориям в порядке приоритетности групп риска | Анализ неопределенности |
| Ведомости проверок | Составление перечней типовых опасных веществ и/или источников потенциальных аварий, которые нуждаются в рассмотрении. С их помощью можно оценивать соответствие законам и стандартам | Анализ неопределенности |
| Общий анализ отказов | Метод, предназначенный для определения того, возможен ли случайный отказ (авария) ряда различных частей или компонентов в рамках системы, и оценки его вероятного суммарного эффекта | Анализ неопределенности |
| Модели описания последствий | Оценка воздействия события на людей, имущество или окружающую среду. Используются как упрощенные аналитические подходы, так и сложные компьютерные модели | Анализ чувствительности |
| Метод Делфи | Способ комбинирования экспертных оценок, которые могут обеспечить проведение анализа частоты, моделирования последствий и/или оценивания риска | Анализ чувствительности |
| Индексы опасности | Совокупность приемов по идентификации/оценке опасности, которые могут быть использованы для ранжирования различных вариантов системы и определения менее опасных вариантов | Анализ неопределенности |
| Метод Монте-Карло и другие методы моделирования | Совокупность приемов анализа частоты, в которых используется модель системы для оценки вариаций в исходных условиях и допущениях | Анализ чувствительности |
| Парные сопоставления | Способ оценки и ранжирования совокупности рисков путем попарного сравнения | Анализ неопределенности |
| Обзор данных по эксплуатации | Совокупность приемов, которые могут быть использованы для выявления потенциально проблемных областей, а также для анализа частоты, основанного на данных об авариях, данных о надежности и прочее | Анализ неопределенности |
| Анализ скрытых процессов | Метод выявления скрытых процессов и путей, которые могли бы привести к наступлению непредвиденных событий | Анализ чувствительности |
| Обзор данных по эксплуатации | Совокупность приемов, которые могут быть использованы для выявления потенциально проблемных областей, а также для анализа частоты, основанного на данных об авариях, данных о надежности и прочее | Анализ неопределенности |
| Анализ скрытых процессов | Метод выявления скрытых процессов и путей, которые могли бы привести к наступлению непредвиденных событий | Анализ чувствительности |
| Структурная схема надежности | Совокупность приемов анализа частот, на основе которых создается модель системы и ее резервов для оценки надежности системы | Анализ неопределенности и анализ чувствительности |

Проведенный анализ показывает, что в зависимости от метода оценивания риска и соответственно

требований к достоверности оценок риска, используются различные методы определения значений не-

определенности: анализ неопределенности и/или анализ чувствительности.

Рассмотренные методы определения значений неопределенности при оценивании риска, в зависимости от ситуации, могут применяться как каждый в отдельности, так и в виде различных совокупностей.

Данные методы подразумевают [3], что:

– требования к полноте и точности оценки риска должны быть сформулированы настолько полно, насколько это возможно;

– там, где это возможно, должны быть выявлены источники неопределенности, которые могут относиться как к неопределенностям данных, так и к неопределенностям модели.

Применение описанных методов заключается в преобразовании неопределенности параметров в неопределенность результатов оценки риска.

Такое преобразование можно осуществить путем оценивания неопределенности, при этом нормативная база оценивания неопределенности, на сегодняшний день, описывает два больших класса, включающих основные подходы оценивания неопределенности [4]: модельный, который осуществляется на базе Руководства GUM “Основные приемы оценивания неопределенности измерений на основе модельного подхода” (1992 г.), и эмпирический, который регламентируется Рекомендациями INC-1 “Выражение экспериментальных неопределенностей” (1980 г.).

При модельном подходе оценивания неопределенности GUM рекомендует производить расчет расширенной неопределенности как произведение суммарной стандартной неопределенности на коэффициент охвата k , представляющий собой коэффициент Стьюдента для эффективного числа степеней свободы, вычисляемого по формуле Велча-Саттерсвейта:

$$v_{\text{eff}} = u_c^4(y) / \sum_{j=1}^m \frac{u_{jA}^4(y)}{n_j - 1}.$$

Такой подход дает недостоверные оценки неопределенности при малом числе наблюдений n_j и не работоспособен при наличии корреляции между входными величинами [4].

При эмпирическом подходе в соответствии с Рекомендациями INC-1 “Выражение экспериментальных неопределенностей” используют: наиболее достоверную из имеющихся оценок общей прецизионности; наиболее достоверную оценку общего смещения и его неопределенности; оценки любых неопределенностей, связанные с теми факторами, которые недостаточно полно отражены в установленных характеристиках эффективности.

Недостатком эмпирического подхода является невозможность анализа вкладов неопределенности, которая в дальнейшем позволила бы оптимизировать измерительный процесс [4].

Таким образом, можно сделать вывод, что при оценивании неопределенности величины риска в каждом конкретном случае необходимо руководствоваться возможностями и требованиями к определению достоверности оценок риска.

При оценке риска безопасности СО разделяют априорную и апостериорную информацию. Независимо от этого, информация должна содержать: данные о виде и характере опасных событий; данные и требования моделей оценивания риска; требования нормативных документов. Оценка риска характеризуется следующей последовательностью процедур:

- 1) определение начальных опасных событий;
- 2) определение последовательности и вероятности возникновения опасных событий;
- 3) определение характера и частоты последствий.

В общем виде алгоритм анализа неопределенности при оценивании риска можно представить следующим образом (рис. 1).

Алгоритм описывает последовательность операций анализа неопределенности при оценивании риска. Описанная последовательность операций должна быть документально оформлена с использованием указанных документов. Для выполнения указанных операций используется информация о безопасности СО, которая может быть получена из эксплуатационного опыта работы СО или как типовая базовая информация. Результатом проведенных операций является информация, о полученных результатах анализа и оценке риска. Так как используемые данные не могут быть абсолютно достоверными, то при оценивании риска в каждой конкретной ситуации неопределенность только возрастает, соответственно данные о риске содержат неопределенность, которая должна быть учтена в оценке риска при определении допустимых вероятностей и способствовать повышению достоверности при управлении рисками [5]. На сегодняшний день в управлении рисками можно выделить следующие подходы повышения качества анализа неопределенности при оценивании риска безопасности СО:

- совершенствование методов анализа неопределенности при оценивании риска;
- совершенствование моделей оценивания риска;
- разработка стандартизированных методик оценивания риска.

Выводы

Анализ методов оценивания риска способствует выбору метода определения значений неопределенности для каждого конкретного случая, в соответствии с требованиями к достоверности результата. Для определения последовательности операций анализа неопределенности при оценивании риска безопасности СО, сформулирован алгоритм, который может способствовать повышению оценивания достоверности принимаемых решений.

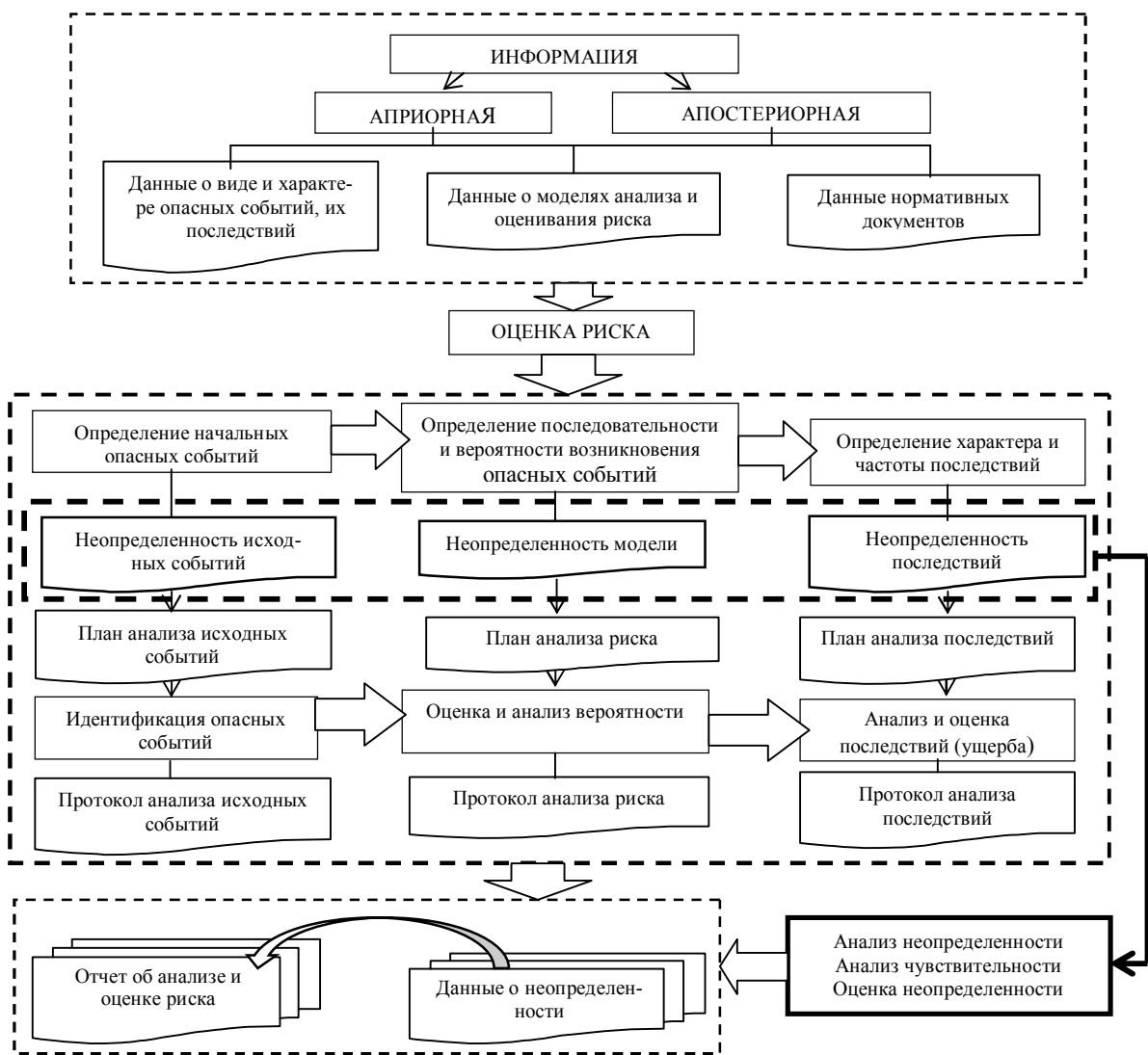


Рис. 1. Алгоритм анализа неопределенности при оценивании риска

Список литературы

1. Острейковский В.А. Теория надежности: Учеб. для вузов / В.А. Острейковский. – М.: Высш. школа, 2003. – 463 с.: ил.
2. Вероятностный анализ безопасности атомных станций. Уч. пособие / [В.В. Бегун, О.В. Горбунов, И.Н. Каденко, Е.Н. Письменный и др.]. – К., 2000. – 568 с.
3. ГОСТ Р 51901.1-2002 Менеджмент риска. Анализ риска технологических систем.
4. Захаров И.П., Водотыка С.В. Оценивание неопределенности измерений: Эволюция нормативной базы и основных подходов / И.П. Захаров, С.В. Водотыка // Системы

обработки информации. Темат. выпуск: неопределенность измерений: нормативные аспекты. – Х.: ХУ ПС, 2009. – Вып. 5(79). – С. 9-14.

5. Елисеева М.А. Аспекты повышения качества управления рисками для АЭС и атомной промышленности / М.А. Елисеева // Аннотации докладов НИЯУ МИФИ. Инновационные ядерные технологии. Высокие технологии в медицине. – 2013. – № 1. – С. 225.

Поступила в редколлегию 18.02.2013

Рецензент: д-р техн. наук проф. И.П. Захаров, Харьковский национальный университет радиоэлектроники, Харьков.

АНАЛІЗ НЕВИЗНАЧЕНОСТІ ПРИ ОЦІНЮВАННІ РИЗИКУ СКЛАДНИХ ОБ'ЄКТІВ

М.О. Єлисеєва

У статті розглянуто підхід аналізу невизначеності при оцінюванні ризику безпеки складних об'єктів. Проведено аналіз методів визначення значень невизначеності при оцінюванні ризику. Визначені підходи підвищення якості аналізу невизначеності при оцінюванні ризику безпеки складних об'єктів.

Ключові слова: ризик, невизначеність, безпека складних об'єктів.

UNCERTAINTY ANALYSIS IN THE ESTIMATION OF THE RISK OF THE SECURITY OF COMPLEX OBJECTS

M.A. Yelyseyeva

In the article the author considers the approach of the analysis of uncertainty in assessing the risk of the security of complex objects. The analysis of methods of determining the values of the uncertainty in estimating the risk. Allocated approaches improve the quality of analysis of uncertainty in assessing the risk of the security of complex objects.

Keywords: risk, uncertainty, security of complex objects.