

Мельник Д.М., Куклев Е.А.

Сценарный анализ в управлении безопасностью полетов на авиационном предприятии гражданской авиации

Аннотация: В данной работе рассматривается методология комплексного сценарного анализа, основанного на моделировании состояния авиационного предприятия при возможных внешних и внутренних угрозах для безопасности полетов воздушных судов с помощью языка знаковых орграфов. Рассмотрены формализованные методы описания и анализа стратегии управления безопасностью полетов на авиационном предприятии.

Ключевые слова: моделирование, авиационное предприятие, риск, нечеткие показатели, уравнение катастрофа, ориентированный, граф

Введение

Авиационное предприятие состоит из сложной сети взаимодействующих элементов, где существуют границы между различными функциональными процессами (интерфейсы), в которых участвуют различные внутренние подразделения, а также различные внешние организации, и все они вносят свой вклад в безопасную деятельность организации. Факторы опасности и связанные с ними факторы риска, возникающие в точках взаимодействия между различными элементами внутри производственных процессов, являются одними из самых распространенных причин возникновения событий в области безопасности полетов. Один фактор опасности может стать причиной возникновения одного или нескольких других факторов опасности и привести к авиационному событию. В соответствии с определением, данным в Постановлении Правительства РФ [1], в гражданской авиации фактор опасности есть действие или бездействие, обстоятельство, условие или их сочетание, создающие угрозу безопасности полетов гражданских воздушных судов. При этом причиной неблагоприятного события (катастрофа, авария, чрезвычайное происшествие, серьезный авиационный инцидент)

является именно сочетание факторов опасности, в их взаимосвязи. Следовательно, авиационные предприятия в большей степени контролируют факторы опасности (включая их интерфейсы), когда они установлены и оцениваются на предмет приемлемости риска. Одним из методов получения информации о состоянии безопасности полетов являются сценарии. В теории управления сценарий следует рассматривать, прежде всего, как инструмент формального анализа альтернативных вариантов срабатывания цепи факторов опасности, способных привести к авиационному событию до создания условия для его возникновения. Для авиационного предприятия сценарный анализ предусматривает применение проактивного подхода в управлении безопасностью полетов. Сценарный подход относится к классу объектно-ориентированных методов представления информации о внутренней обстановке и состоянии внешней среды авиационного предприятия. Основная задача, решаемая в рамках сценарного подхода, заключается в формировании необходимых исходных данных для подготовки и принятия эффективных опережающих решений для контроля и поддержания приемлемого уровня безопасности полетов.

Принципиальной новизной сценарного подхода является возможность прогнозирования поведения моделируемой системы путем формирования сценария ее развития в соответствии с заданным набором факторов опасности [2].

1. Постановка задачи по сценарному анализу безопасности полетов на авиационном предприятии

Международная организация гражданской авиации (ИКАО) для эффективного обеспечения безопасности полетов предлагает проводить оценку поставщика услуг гражданской авиации на основе интегрированной оценки взаимозависимостей функциональной системы. Такой подход получил название «интегрированное управление риском (IRM)». IRM имеет общесистемную функцию координации, согласования и оптимизации процессов управления факторами риска с единой целью их уменьшения [3].

Принимается, что *невозможно управлять «вероятностью»*, значение которой мало и которая находится для события типа

«катастрофы» в диапазоне значений аргумента (от 3-до 6) σ – на «хвостах» *распределений*.

Суть проблемы в том, что обнаруживается неоднозначность трактовки основных позиций безопасности в аксиоматике рисков. Существует нестыковка определений *безопасности и надежности систем как свойства* [4, 5], тогда как по ИКАО [3]: *безопасность это – состояние*.

Предлагается применить подходы, основанные на гипотезе нечеткой измеримости неопределенности возникновения событий с вероятностью «почти-ноль» НАСА, ИКАО [5].

В качестве инструмента прогнозирования возможностей возникновения катастроф (крушений) предлагается применить риск-ориентированный подход (РОП) НАСА/ИКАО [5], позволяющий исследовать *заранее конфликтные ситуации с учетом неопределенности (неистинности) информации о редких событиях в высоконадежных системах*. Новым является математический объект в виде «интегрального риска» \hat{R} , который задает уровень опасности заранее на всех цепях событий, которые могут обнаруживаться, в том числе и на ориентированных графах в соответствии с работами д.т.н. Кульбы В.В. [2].

Предлагается использовать новое (обобщенное) *понятие «риска» как нечеткого количества опасности в системах*. В связи с этим здесь предлагается применить подходы, основанные на гипотезе нечеткой измеримости неопределенности возникновения событий типа цепей с вероятностью «почти-ноль» на ориентированных графах [2].

Модели свойств функциональности системы, вытекающие из диаграмм, создаются на основе концепции Fuzzy Sets методики нечеткого вывода «Сугено-Мамдауи» [5].

В качестве примера ИКАО предлагает рассматривать взаимосвязи между разного рода показателями. К примеру, показатель «подготовка пилота по схемам захода на посадку в установившемся режиме» оказывает влияние на показатель «количество выездов за пределы взлетно-посадочной полосы», или показатель «низкое качество орнитологического обеспечения полетов» влечет за собой увеличение «количества столкновений воздушных судов с птицами в полете» [3].

В тоже время ИКАО конкретных методик по определению взаимосвязи между разного рода показателями до настоящего времени официально не опубликовало. В гражданской авиации для поставщиков услуг существуют требования по наличию как системы управления безопасностью полетов (СУБП), так и системы управления качеством (СМК). При этом отклонения от заданных (планируемых) значений показателей качества Q и показателей безопасности полетов S и представляют собой факторы опасности. Учитывая, что в авиационном предприятии существует множество показателей Q, S , а в производственной деятельности поставщика услуг гражданской авиации всегда существует «практический сдвиг» (постепенный уход от заданного курса под влиянием различных обстоятельств [3]), модель факторов опасности можно представить в виде (1):

$$M_{\Sigma} \sim (M_Q, M_S) : \exists U_{\hat{R}}(\Phi_Q, \Phi_S), \quad (1)$$

где M_{Σ} – множество показателей авиационного предприятия,
 M_Q – множество показателей качества,
 M_S – множество показателей безопасности полетов,
 $U_{\hat{R}}$ – условие неблагоприятного события, основанное на интегрированном управлении риском (IRM),
 Φ_Q – факторы опасности, связанные с качеством,
 Φ_S – факторы опасности, связанные с безопасностью полетов.

В настоящее время в гражданской авиации РФ уделяется особое внимание методам многокритериальных интегрированной системы СУБП и СМК авиационного предприятия, включающей в себя множество соответствующих факторов опасности на основе нечеткого многокритериального показателя эффективности (\tilde{K}_{Σ}), путем определения корреляционной связи (обратной связи) между Q, S . [4].

$$\tilde{K}_{\Sigma} = \tilde{f}_{Q,S}(Q, S | \Phi_Q, \Phi_S) \rightarrow \tilde{K}_{Q,S}^*, \quad (2)$$

где $\tilde{K}_{\varrho,s}^*$ – критические значения нечеткого многокритериального показателя эффективности из множества \tilde{K}_{Σ} , цепь из которых может привести к неблагоприятному событию.

Степень истинности нечеткого многокритериального показателя эффективности измеряется в пределах $0 \leq \tilde{K}_{\Sigma} \leq 1$, что соответствует концепции теории нечетких множеств.

Однако такой подход требует больших временных ресурсов и достоверность оценки на прямую зависит от квалификации исследователя. При этом, построение моделей развития конкретных авиационных событий на основе сценарного подхода может стать альтернативой указанной методике.

Автором Куклевым Е.А. [5] предложено искать сценарии возможных событий в форме конъюнкций реакций системы на соответствующие факторы опасности, порождающие неприемлем риск производственной деятельности. Принимается, что $\tilde{K}_{\varrho,s}^* \Rightarrow \beta^*$, тогда из логической формы вытекает допустимая аналитическая трактовка комбинированного неблагоприятного события в виде «уравнение катастрофы» (3):

$$\hat{R} \rightarrow L_R \Rightarrow U_R = (\beta_1 \wedge \beta_2 \wedge \beta_3 \wedge \dots \wedge \beta_i) = 1, \quad (3)$$

где \hat{R} – нечеткий уровень риска авиационного предприятия,
 L_R – структура цепи сценария,
 U_R – условие катастрофы,
 β_i – название элемента производственной системы (порядковый номер).

Условие $U_R = 1$ обозначает возможность возникновения катастрофы с некоторой нечеткой мерой.

В этом случае можно разработать эффективные управленческие решения по устранению условий заранее обнаруженной катастрофы по соотношению (4):

$$\hat{R} \rightarrow L_R \Rightarrow U_R = 0. \quad (4)$$

Проводимые ранее исследования по моделированию опасных комбинаций авиационных транспортных систем основывались в основном на реактивных данных (показателях), которые можно взять, к примеру, из базы данных Межгосударственного авиационного комитета [4]. При этом не рассматривались показатели государственного регулирования, а объем исследуемых показателей (10-30) не в полной мере раскрывал научную проблему по обеспечению безопасности полетов, поскольку системный анализ, основанный лишь на показателях, которые можно измерить после произошедшего события не является эффективным средством для обеспечения безопасности полетов, а лишь дает оценку эффективности управления безопасностью полетов, которое проводилось в прошлом.

Метод решения задачи по сценарному моделированию формально заключается в измерении значений области неопределенности гибридной модели графа задач и причинно-следственной модели безопасности полетов, путем перевода неизмеримой неопределенности в нечетко измеримую неопределенность, что вполне корректно решается при определении взаимосвязи между показателями двух видов, а именно показателей качества, которые читаются как задачи разных процессов в структуре авиационного предприятия и показателей безопасности полетов, по сути являющиеся итогом причинно-следственной связи области неопределенности [6]. Иными словами, показатели качества формируют область исчисляемой определенности, поскольку определяются до начала производственной деятельности («наверху» модели), а показатели безопасности полетов формируют область исчисляемой неопределенности («внизу» модели), поскольку могут измеряться после производственной деятельности. Взаимосвязи между показателями качества и показателями безопасности полетов формируют область нечетко измеримой неопределенности, которая находится в пределах гибридной модели графа задач и причинно-следственной модели безопасности полетов.

Сценарный подход позволяет снижать имеющуюся неопределенность и представлять ее с помощью нескольких вариантов развития системы. Набор конкретных методов построения сценариев определяется в конечном счете теми видами неопределенности, с которыми имеет дело исследователь. Поэтому выделение границ изучаемой системы и сопутствующих ей атрибутов (внешней среды, подсистем, элементов, каналов взаимодействия с внешней средой и т.д.), анализ видов имеющейся неопределенности являются важными этапами, задающими дальнейший ход сценарного исследования [2].

2. Схема решения задачи по сценарному анализу на авиационном предприятии

Методология моделирования, описанная в данной работе, заключается в аппроксимации тенденций развития исследуемой системы фрагментами траектории импульсных процессов на знаковых орграфах.

Для реализации синергической схемы построения сценария развития ситуации на операторном орграфе требует определить:

- цели формирования сценария;
- элементы основного метанабора сценарного проекта (факторы опасности);
- экспертно значимые разбиения (ЭЗР);
- экспертно значимые события (ЭЗС);
- экспертные квазиинформационные гипотезы (КИГ) и стратегии формирования сценария.

При реализации аттрактивной схемы требуется изменять значения вершин операторного орграфа.

Пусть стратифицированное описание активной информационной системы содержит конечное число элементов n .

Тогда могут быть введены структуры:

$$\Phi_{\Sigma}(\Phi_Q, \Phi_S) = \{\varphi^{(1)}, \varphi^{(2)}, \dots, \varphi^{(n)}\} \text{ и } \tilde{K}_{\Sigma} = \{\tilde{K}_{Q,S}\} \quad (5)$$

где $\varphi^{(i)}$ – информационные элементы, а $\tilde{K}_{Q,S}$ – величины, указывающие связи между ними. Полученный ориентированный граф обозначим $G(\Phi_{\Sigma}, \tilde{K}_{\Sigma})$.

Эффективным аналитическим инструментом сценарного анализа взаимодействия информационных элементов является *импульсный процесс*, порожденный на ЭЗР-модели.

Аппарат знаковых графов позволяет формально строить прогнозы развития или траектории движения моделируемой системы в фазовом пространстве ее переменных (факторов) на основе информации о ее структуре и программах развития системы, путем аппроксимации их траекториями импульсных процессов на знаковых орграфах.

Для целей автоматизации формирования и анализа альтернативных сценариев развития сложных систем целесообразно использовать аппарат модифицированных функциональных графов, представляющих собой развитие аппарата знаковых графов.

Объект моделирования рассматривается как совокупность взаимодействующих между собой динамических процессов, протекающих в реальном времени. Поэтому в модели процессов в явном виде должно присутствовать время, в котором происходит развитие процессов. В графовой модели динамический процесс представляется в «условно» временном пространстве, в котором можно говорить о сравнении событий во времени по принципу «раньше или позже», но конкретное значение времени события или состояния неопределенно [2]. Поэтому для введения в модель времени необходим механизм, реализующий схему изменения текущего модельного времени «до ближайшего события» и правило до определения состояния системы на интервале между двумя событиями.

При построении графовой модели определяются факторы опасности, которые являются для показателей качества отклонениями от производственных функций, установленных в руководствах, положениях авиационного предприятия (опережающие показатели); для показателей безопасности полетов – результаты отклонений от производственных функций (запаздывающие показатели).

Вывод

Сценарный подход позволяет снижать имеющуюся неопределенность в вопросах управления безопасностью полетов и принимать наиболее эффективные решения по снижению уровня риска авиационного предприятия, а также рационально распределять ограниченные ресурсы по областям с наибольшими факторами риска или лучшими возможностями. Данные, полученные с помощью сценарного анализа, можно использовать на авиационном предприятии для моделирования различных сценарии рисков или возможностей с различными результатами.

Литература:

1. Постановление Правительства РФ от 12.04.2022 № 642 «Об утверждении Правил разработки и применения систем управления безопасностью полетов воздушных судов, а также сбора и анализа данных о факторах опасности и риска, создающих угрозу безопасности полетов гражданских воздушных судов, хранения этих данных и обмена ими в соответствии с международными стандартами Международной организации гражданской авиации».

2. Шульц В.Л., Кульба В.В., Шелков А.Б., Чернов И.В. «Сценарный анализ в управлении геополитическим информационным противоборством». – М.: ИПУ РАН, 2015 – 562 с.

3. Руководство по управлению безопасностью полетов (документ 9859). 4-е изд. – Международная организация гражданской авиации (ИКАО), 2018. – 218 с.

4. База по расследованиям Межгосударственного авиационного комитета. – URL: <https://mak-iac.org/rassledovaniya/> (дата обращения 06.11.2023).

5. Куклев Е.А. Риск-ориентированный подход к управлению безопасностью сложных систем на основе нечеткой логики анализа критичности эксплуатационных ситуаций / Сборник трудов «XIII Всероссийское совещание по проблемам управления» (ВСПУ-2019). – М.: ИПУ РАН, 2016. – С. 2575-2580.

6. Рухлинский В.М., Куклев Е.А., Мельник Д.М. «Применение теории нечетких множеств при обеспечении безопасности полетов поставщиков обслуживания гражданской авиации в условиях неопределенности состояний авиационной системы». Информационный документ Межгосударственного авиационного

комитета на 41 ассамблею Международной гражданской авиации (ИКАО) А41-WP/72, 2022. – URL: https://www.icao.int/Meetings/a41/Documents/WP/wp_072_ru.pdf (дата обращения 06.11.2023).

DOI: 10.25728/iccsc.2023.86.11.051

Сиротюк В.О., Богатырева Л.В.

Повышение безопасности тематических баз данных цифрового информационного фонда интеллектуальной собственности

Аннотация: В работе рассмотрены особенности построения и характеристики тематических баз данных (ТБД), формируемых в результате проведения патентно-информационных поисков в базах данных патентной и научно-технической информации цифрового информационного фонда интеллектуальной собственности. Сформулированы требования, цели и задачи обеспечения информационной безопасности ТБД в условиях цифровизации систем управления интеллектуальной собственностью.

Ключевые слова: система управления интеллектуальной собственностью, цифровой информационный фонд интеллектуальной собственности, тематическая база данных, защита данных, информационная безопасность

Введение

В условиях цифровизации систем управления интеллектуальной собственностью (ИС) происходят радикальные изменения в организации и методах проведения НИР и ОКР, коммерциализации результатов интеллектуальной деятельности [1]. Научное сообщество переходит к новой концепции проведения научных исследований и разработок, основанной на возможности доступа к разнообразным, распределенным источникам научной, технической и патентной информации, формирования на основании извлекаемой из них информации баз данных определенной тематики (тематик) (тематических БД, ТБД), их обработки и использования в различных предметных областях.