



РАБОЧИЙ ДОКУМЕНТ

АССАМБЛЕЯ – 41-Я СЕССИЯ

ТЕХНИЧЕСКАЯ КОМИССИЯ

- Пункт 30 повестки дня.** Безопасность полетов и аэронавигационная политика
Пункт 30.3 повестки дня. Соответствующие итоги Конференции высокого уровня по COVID-19 (HLCC 2021), относящиеся к направлению "Безопасность полетов".

ПРИМЕНЕНИЕ ТЕОРИИ НЕЧЕТКИХ МНОЖЕСТВ ПРИ ОБЕСПЕЧЕНИИ БЕЗОПАСНОСТИ ПОЛЕТОВ ПОСТАВЩИКОВ ОБСЛУЖИВАНИЯ ГРАЖДАНСКОЙ АВИАЦИИ В УСЛОВИЯХ НЕОПРЕДЕЛЕННОСТИ СОСТОЯНИЙ АВИАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ

(Представлено Межгосударственным авиационным комитетом)

КРАТКАЯ СПРАВКА

В настоящем документе содержится краткая информация о применении методов теории нечетких множеств (Fuzzy Sets) при выявлении критических сочетаний элементов авиационных систем типа системы управления безопасностью полетов (СУБП) с целью обеспечения безопасности полетов и эксплуатационной деятельности организаций, которые являются поставщиками обслуживания гражданской авиации (авиационные предприятия, осуществляющие коммерческие воздушные перевозки, авиационные работы, юридические лица, осуществляющие техническое обслуживание гражданских воздушных судов, аэронавигационное обслуживание полетов воздушных судов, образовательные организации и авиационные центры, осуществляющие подготовку пилотов гражданских воздушных судов, диспетчеров и администраторы сертифицированных аэродромов гражданской авиации).

<i>Стратегические цели</i>	Данный документ связан со стратегической целью "Безопасность полётов"
<i>Финансовые последствия</i>	Без финансовых последствий
<i>Справочный материал</i>	Приложение 19 "Управление безопасностью полетов" Doc 9859, <i>Руководство по управлению безопасностью полетов (РУБП)</i> Kuklev E. et al. <i>Flight Safety & Aviation Risk</i> . Singapore: Springer, 2019.

¹ Тексты на русском и английском языках представлены Межгосударственным авиационным комитетом (МАК).

1. ВВЕДЕНИЕ

1.1 Основу практического применения теории нечетких множеств при обеспечении безопасности полетов составляет исследование свойств области неопределенности состояний поставщиков обслуживания гражданской авиации. Исследования производятся в соответствии с концепцией Международной организации гражданской авиации (ИКАО) об интегрированном управлении риском возникновения неблагоприятных событий (IRM). Эта концепция, изложенная в п. 1.4.3 документа ИКАО 9859 *"Руководство по управлению безопасностью полетов"* (4-е издание, 2018 г.), предлагает производить оценку и степень интеграции потребностей во взаимозависимости функциональных систем (поиск «обратных связей»). IRM направлено на снижение общего риска в системе, включая функциональные системы поставщика обслуживания гражданской авиации. Такое типовое положение регламентирует процедуры стандартного аудита деятельности на основе нормативного анализа результатов мониторинга. Здесь предлагается новый подход к решению задачи ИКАО "О поиске «обратных связей»" между параметрами систем с использованием теории Fuzzy Sets для двух множеств показателей деятельности поставщиков обслуживания: показателей аудита, связанных с качеством, и показателей, характеризующих безопасность полетов и эксплуатационных процессов в интегрированной системе управления качеством и безопасностью полетов поставщика обслуживания гражданской авиации.

2. РАССМОТРЕНИЕ ВОПРОСА

2.1 В настоящее время, при анализе эффективности обеспечения безопасности полетов воздушных судов, используются результаты типового мониторинга путем измерения показателей безопасности полетов. При этом для оценки уровня безопасности полетов применяются методики, основанные на подсчете суммы баллов, характеризующих значение риска на основе усредненного множества показателей со степенью подтверждения итогового значения риска по величине типа «вероятность успеха». Эти методики не отражают явно и четко состояние неопределенности производимых оценок. Поэтому возникает необходимость в совершенствовании известных решений на основе аудита, при котором учитываются возможные взаимосвязи параметров (в смысле задачи ИКАО о выявлении «обратных связей»), но рекомендаций ИКАО о возможных методах поиска таких решений в настоящее время не представлено.

2.2 В то же время, в п. 4.3.2.2 документа ИКАО 9859 предлагается определять корреляционные связи между показателями двух видов, что в свою очередь может повысить эффективность обеспечения безопасности полетов. Новая концепция в управлении безопасностью полетов основана на определении взаимозависимостей элементов в системе. При этом, в документе ИКАО 9859 конкретных методов по мониторингу и измерению показателей безопасности полетов с учетом взаимосвязанности функциональных модулей в авиационной системе не представлено.

2.3 В качестве примера взаимозависимостей двух видов показателей в п. 4.3.2.2 документа ИКАО 9859 приведена взаимосвязь между показателем выполняемости процедур орнитологического обеспечения полетов и показателем, связанным со столкновением воздушных судов с птицами в полете. Также представлен пример влияния уровня подготовки пилотов на показатель безопасности полетов, связанный с количеством вылетом за пределы взлетно-посадочной полосы. Это пример является ценным указателем, но всего лишь частным, т.к. при неопределенности такого вида, как отрицательное влияние человеческого фактора на безопасность полетов, не отражает.

2.4 Задача по определению взаимосвязи между двумя видами показателей качества и безопасности полетов может быть успешно решена в интегрированной системе управления качеством и безопасностью полетов поставщика обслуживания гражданской авиации с

использованием теории нечетких множеств (Fuzzy Sets) в условиях неопределенности состояний системы в целом и ее отдельных элементов, включая и факторы различных «угроз» безопасности.

2.5 В гражданской авиации Российской Федерации у ряда поставщиков обслуживания гражданской авиации (авиационное предприятие, оператор аэродрома) были разработаны и успешно применены методы анализа критичности цепей событий с учетом нечеткой измеримости неопределенности состояния элементов цепи по концепции (Fuzzy Sets) на основе методов построения «уравнения катастрофы», с учетом результатов оценки показателей качества и показателей безопасности полетов в интегрированной системе управления качеством и безопасностью полетов.

2.6 Фактор неопределенности заключается в том, что в ситуациях с редкими событиями (по ИКАО) невозможно достоверно предсказать возникновение в системах физических отказов, аварий, катастроф с ВС. Фактически «весьма безопасная система» может быть не очень надежной, и наоборот. Предлагается принять новую схему определения риска в условиях неопределенности на основании риск-ориентированного подхода (по ИКАО). В соответствии с этим новым положением решается проблема преодоления трудностей с анализом *состояний неопределенности*, по схеме использования шкалы матриц анализа «рисков» и составления цепей событий (сценариев) с нечеткой мерой возникновения рискового события с большим ущербом (нечеткая измеримая неопределенность).

2.7 Основу метода измерения нечеткой неопределенности составляют процедуры обработки массивов результатов двух наиболее важных модулей системы управления качеством и системы управления безопасностью полетов, получаемых при типовом мониторинге деятельности поставщика обслуживания в интегрированной системе управления качеством и безопасностью полетов.

2.8 В рамках интеграции системы управления качеством и системы управления безопасностью полетов предлагается разделять показатели на авиационном предприятии на показатели качества и на показатели безопасности полетов по следующему принципу: показатели качества устанавливают степень выполнимости процедур, показатели безопасности полетов определяются в виде отклонений (ошибок, нарушений) от установленных процедур. В этом случае, между двумя видами показателей возникает «область неопределенности», выражающаяся в степени взаимосвязи, т. е. в доказательстве существовании «обратной связи» между показателями.

2.9 Корреляционные связи между показателями качества и показателями безопасности полетов поставщика обслуживания гражданской авиации позволяют обнаружить и оценить степень критичности элементов авиационной системы в условиях неопределенности. Критическими являются такие элементы авиационной системы, цепочки из которых могут привести к неблагоприятному событию типа катастрофы, аварии, серьезные авиационные инциденты.

2.10 Для нахождения нечеткого многокритериального показателя эффективности предлагается оценить обратные связи между факторами, влияющими на безопасность полетов, путем проведения типового корреляционного анализа множеств показателей, полученных при многократном мониторинге деятельности поставщика обслуживания гражданской авиации за определенный период.

2.11 Последовательная цепочка критических значений нечеткого многокритериального показателя эффективности позволяет найти уровень приемлемого риска в авиационной системе, а также разрабатывать и применять корректирующие мероприятия для устранения условий

возникновения с большим риском неблагоприятного события в авиационной системе поставщика обслуживания гражданской авиации.

2.12 С помощью нечеткого многокритериального показателя эффективности предлагается сформировать математический объект в виде «интегрального риска», который задает уровень опасности на основе превентивного (*проактивного*) прогноза возможностей возникновения ущербов в будущем. Для этого, на основе концепции Fuzzy Sets устанавливаются мера возможности наступления события (по Заде) и мера вреда – следствие возможности наступления события.

2.13 Математический аппарат (метод) по поиску критических элементов в условиях нечеткой измеримой неопределенности интегрированной системы управления качеством и безопасностью полетов поставщика обслуживания гражданской авиации включает следующие этапы:

- a) упорядочивание показателей качества и показателей безопасности полетов в единую строку матрицы для непрерывного мониторинга;
- b) разделение (расщепление) показателей поставщика обслуживания гражданской авиации на два различных множества - показателей качества и отдельно показателей безопасности полетов;
- c) кластеризация интегрированной системы поставщика обслуживания гражданской авиации производится по функциональным признакам (например, по классам: организация летной работы, поддержание летной годности, наземное обслуживание воздушных судов и т. д.);
- d) установление порядка непрерывного мониторинга процессов поставщика обслуживания гражданской авиации;
- e) нормирование показателей качества и показателей безопасности полетов в топологическое пространство данных факторов опасности;
- f) определение корреляционных связей значений парных показателей опасности в форме нечеткого многокритериального показателя эффективности;
- g) определение степени последствий обнаруженных критических элементов авиационной системы с использованием матрицы оценки рисков;
- h) проверка результатов вычислений с использованием «адаптивного скольжения» и (или) «сравнения» по принципу «корреляция строк одинаковой размерности»;
- i) составление «уравнения катастрофы» (в широком смысле: неблагоприятного события: аварии, авиационного происшествия) с помощью формулы вида «конъюнкции множества логических факторов, обозначающих существование опасных физических факторов опасности, воздействующих на систему и включающих отрицательные проявления человеческого фактора»;
- j) проведение корректирующих мероприятий на основе риск-ориентированного подхода;
- k) проверку эффективности корректирующих мероприятий путем повторного аудита и вычисления многокритериальных показателей эффективности элементов системы поставщика обслуживания гражданской авиации.

2.14 Внедрение метода из 2.13 в сфере деятельности поставщиков обслуживания гражданской авиации (авиационное предприятие и оператор аэродрома) подтвердило достоверность полученных результатов и практичность нового подхода по поиску критических элементов в условиях неопределенности состояний интегрированной системы управления качеством и безопасностью полетов.

3. **ВЫВОДЫ**

3.1 Новая форма аудита и мониторинга деятельности поставщика обслуживания гражданской авиации обеспечивает получение дополнительной оценки выявленных несоответствий в системах на предмет определения их критичности. Такая форма в полной мере соответствует концепции риск-ориентированного подхода (по ИСО серии 9000) и способствует повышению эффективности функционирования СУБП поставщика обслуживания гражданской авиации.

3.2 Участникам 41-й сессии Ассамблеи ИКАО предлагается принять к сведению информацию, изложенную в данном документе.

– КОНЕЦ –