На правах рукописи

МЕЛЬНИК ДМИТРИЙ МИХАЙЛОВИЧ

МЕТОД ВЫЯВЛЕНИЯ КРИТИЧЕСКИХ СОЧЕТАНИЙ ЭЛЕМЕНТОВ СИСТЕМ КАЧЕСТВА И БЕЗОПАСНОСТИ ПОЛЕТОВ ПРИ АУДИТЕ И МОНИТОРИНГЕ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ АВИАЦИОННОГО ПРЕДПРИЯТИЯ НА ОСНОВЕ НЕЧЕТКОГО МНОГОКРИТЕРИАЛЬНОГО ПОКАЗАТЕЛЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ

Специальность 05.22.14 Эксплуатация воздушного транспорта

Автореферат
диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Санкт-Петербург
2022

Работа выполнена в Федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Санкт-Петербургский государственный университет гражданской авиации» (ФГБОУ ВО СПбГУ ГА) на кафедре №23 «Аэропорты и авиаперевозки».

Научный руководитель: Доктор технических наук, профессор
Куклев Евгений Алексеевич

Официальные оппоненты: **Саута Олег Иванович –**
доктор технических наук, начальник научно-исследовательского центра АО «Институт авиационного приборостроения», профессор ФГАОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный университет аэрокосмического приборостроения»
Остапченко Юрий Борисович –
кандидат технических наук, заместитель генерального директора ООО «Альвекс»

Ведущая организация: Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Ульяновский институт гражданской авиации имени Главного маршала авиации Б.П. Бугаева»

Защита состоится «15» апреля 2022 г. в 10:00 на заседании диссертационного совета Д.223.012.01 на базе ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный университет гражданской авиации», по адресу: 196210, г. Санкт-Петербург, ул. Пилотов, д. 38, ауд. 334.

Тел.: (812) 704-18-18, Факс: (812) 704-18-63, e-mail: info@spbguga.ru

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке ФГБОУ ВО СПбГУ ГА и на сайте https://spbguga.ru/root/main/ob-yavleniya-o-zashchite-dissertatsij/

Автореферат разослан «14» февраля 2022 года

Ученый секретарь
Диссертационного совета Д.223.012.01
Кандидат технических наук, доцент Баранов Н.Е.

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Введение

В диссертации рассматриваются вопросы эффективности деятельности авиационных предприятий, осуществляющих коммерческие воздушные перевозки, на основе интеграции системы управления качеством (СУК) и системы управления безопасностью полетов (СУБП).

Объект исследования: интегрированная система управления качеством и безопасностью полетов на авиационном предприятии.

Миссия диссертационного исследования – найти общий критерий эффективности для СУК и СУБП в условиях неопределенности во взаимосвязанной функциональной системе авиационного предприятия, в рамках интегрированного управления риском (IRM), в соответствии с п. 1.4.3 DOC 9859, издание 4-е, 2018, на основе подхода Fuzzy Sets, путем определения многокритериального показателя эффективности в нечетких множествах. Такое решение позволяет эффективно управлять безопасностью полетов в авиационном предприятии на основе риск-ориентированного подхода.

Предмет исследования: взаимосвязь показателей в интегрированной системе авиационного предприятия.

Актуальность темы:

Аудит деятельности авиационного предприятия в ГА применяется для определения степени соответствия установленным критериям аудита (примеры: ИКАО, ИАТА). В настоящее время аудиты выполняются на основе методик усредненных сумм индикаторов типа «0» или «1», или выполняемости в %, от нормативного показателя (степени выполнения) заданной операции по каждому измерению процесса. При этом усредненные показатели качества и показатели безопасности полетов получаются независимыми друг от друга и расставляются последовательно, по правилам аудита.

Подобные методы неявно отражают состояние неопределенности производимых оценок, что в свою очередь подтверждает необходимость совершенствования известных решений.

Для решения проблем неопределенности при обеспечении безопасности полетов, ИКАО предлагает определять взаимосвязь между показателями (например – п. 4.3.2.4 документа ИКАО DOC 9859, издание 4-е 2018), однако готовых решений не предложено, в виду сложности и нечеткости.

В соответствии с концепцией IRM (ИКАО) ***искомый многокритериальный показатель эффективности*** $\hat{K}_{Q,S}$, измеряемый ***через понятие «риск»,*** может решить проблемы неопределенности при проведении аудитов:

$$\hat{K}_{Q,S} \sim K_{Q,S} = (I_{Q_*}, I_{S_*} \,|\, M_Q, M_S, \hat{R}_*),$$

где $\hat{R}_*$ - приемлемый уровень риска.

$\hat{K}_{Q,S}$,- является нечетким, учитывается в риск-ориентированном подходе (РОП) при оценке критичности сочетаний показателей из M_Q, M_S

Подобный методический прием был применен в данной диссертации на основе принципов кластеризации факторов по признакам *«существования свойств функциональности избранных элементов»* с проактивной оценкой $\hat{R}_*$.

Научная задача диссертационного исследования: разработка метода выявления критических элементов авиационного предприятия на основе риск-ориентированного подхода, с использованием нечеткого многокритериального показателя эффективности в интегрированной системе управления качеством и безопасностью полетов.

Степень научной разработанности проблемы: степень научной разработанности проблемы в диссертационном исследовании основывается на трех компонентах:

Компонент 1. Система управления качеством.

Международные стандарты ИСО серии 9000.

ГОСТ Р ИСО/МЭК 15504-1/2-2009 «Оценка процессов» части 1,2.

ГОСТ Р 50779.11-2000 (ИСО 3534.2-93) Статистические методы. Статистическое управление качеством. Термины и определения.

Компонент 2. Система управления безопасностью полетов

Приложение 19 к Конвенции о международной гражданской авиации.

DOC ИКАО 9859 Руководство по управлению безопасностью полетов (2018).

Probabilistic Risk Assessment Procedures Guide for NASA Managers and Practitioners.

Труды в контексте организационной эры СУБП, авторы: Костылев А.Г., Коваленко Г.В., Балясников В.В., Зубков Б.В, Пахомов О.В., Кармалеев Б.А, Куклев Е.А., Шаров В.Д., Лушкин А.М., в трудах зарубежных авторов: Ф. Хоукинса, Д. Ризона, С. Снука, Д. Петерсона.

Компонент 3. Теория системной безопасности.

Концепция IRM, DOC ИКАО 9859, 2018.

Труды ученых: Северцева Н.А., Куклева Е.А., Аронова Н.А., Гипича, Г.Н., Шапкина В.Г., Королева В.Ю., Рухлинского В.М., Орловского С.А.

В настоящее время в РФ проверка СУБП поставщиков услуг проводится в соответствии с методическими рекомендациями территориальным органам Росавиации, размещенными на официальном сайте Федерального агентства воздушного транспорта. В методических рекомендациях используется формула усредненных сумм разного рода показателей.

$$K_{ЭФФ} = \frac{T_C * 20 + T_{CK} * 5}{(N_T - N_{TH})} + \frac{P_C * 4 + P_{CK}}{(N_C - N_{CH})} + \frac{P_P * 2 + P_{PK} * 0,5}{(N_P - N_{PH})}. \qquad (2)$$

Значения К эфф.	Уровень эффективности СУБП
10-19,0	Приемлемый
19,0-22,0	Хороший
Более 22,0	Высокий

Однако формула расчета коэффициента эффективности функционирования СУБП, предлагаемая в методических рекомендациях, имеет ряд недостатков:

1. Не используется риск-ориентированный подход (РОП).

2. Величины N_{TH}, N_{CH}, N_{PH} - не информативны, хотя в них может быть заложена опасность.

3. Представленное соотношение T_C, P_C, P_P не соответствует требованиям статьи 37 Конвенции о международной гражданской авиации (ИКАО) об обеспечении максимально достижимой степени единообразия правил, стандартов, процедур и организации договаривающихся государств.

Целю диссертационного исследования является создание метода обнаружения и поиска критических взаимных обратных связей элементов из множеств поражающих факторов, характеризующих измеримые при аудите показатели качества и показатели безопасности полетов, в интегрированной системе управления качеством и безопасностью полетов, в соответствии с концепцией ИКАО об интегрированном управлении риском (IRM).

Задачи, решаемые в диссертационном исследовании:

1. Разработка принципов кластеризации СУК и СУБП и построение моделей связей во взаимосвязанных массивах данных при аудите и мониторинге деятельности авиационного предприятия: $M_{\Sigma} = M_Q \cup M_S$, эквивалентно $M_{\Sigma} \sim (M_Q, M_S)$.

2. Определение степени взаимосвязи (обратной связи) между элементами авиационной системы и установление их «критичности».

3. Взвешивание значимости по ущербам критических элементов авиационной системы на основе моделей рисковых событий при разработке корректирующих (упреждающих) мероприятий по предотвращению неблагоприятного события (по ИКАО: Mitigation of Risks).

4. Апробация разработанных алгоритмов и метода аудита на авиационном предприятии отрасли ГА РФ.

Научная новизна

1. Предложены принципы кластеризации параметров в интегрированной системе управления качеством и безопасностью полетов, отличающиеся от традиционных подходов измерения значений показателей в авиационных системах тем, что первоначально главная вектор-строка результатов мониторинга разбивается на две части («сламывается») по функциональным признакам модулей системы управления качеством (СУК) и системы управления безопасностью полетов (СУБП) с дополнительным разбиением на кластерные фрагменты с каждой из двух избранных частей для анализа нечетких сценариев возникновения неблагоприятного события.

2. Предложено применить расщепление укрупненного множества показателей авиационного предприятия на несколько кластеров по критерию максимальной корреляции и функциональным признакам, что, в отличие от современных методик усреднения сумм различных параметров, позволяет определить обобщенный многокритериальный показатель интегрированной системы на основе взаимосвязи между показателями и достоверно составить «уравнение катастрофы», чтобы повысить эффективность корректирующих управлений состоянием системы для обеспечения приемлемого уровня риска.

3. Разработан метод выявления критических элементов авиационной системы, который в отличие от ныне используемых методов обеспечения безопасности полетов на основе обобщенных оценок, позволяет достоверно

выявлять критические элементы авиационной системы в условиях неопределенности с применением теории нечетких множеств.

4. Применены методики «сравнения» и «адаптивного скольжения» двух видов кластерных фрагментов показателей, взятых из двухмерной «сломанной вектор-строки», обеспечивающие совпадение размерности множеств показателей, получаемых с применением общей вектор-строки на двух подмножествах разной длины, что повышает достоверность оценок разработанного метода выявления критических элементов авиационной системы.

5. Получены сценарии возникновения цепей критических элементов (по типу Дж. Ризона (ИКАО) в авиационной системе по методу наиболее достоверного «минимального сечения отказов» (по типу «теории надежности»), на примере авиационного предприятия, что в отличии от современных схем выявления факторов опасности и оценки их риска, позволяет проактивно обеспечивать безопасность полетов воздушных судов на основе риск-ориентированного подхода.

Теоретическая значимость работы определяется новизной методологии определения показателей в области качества и в области безопасности полетов, составления сценария и построения уравнения неблагоприятного события в авиационной системе авиационного предприятия на основе принципов интеграции СУК и СУБП, при применении типового корреляционного анализа, используемого в методах факторного анализа двух производных множеств.

Практическая значимость работы заключается в разработке нового метода по выявлению критических элементов авиационной системы на основе риск-ориентированного подхода. Использование данных о «критических элементах системы», включаемых в уравнение катастрофы, обеспечивает оценивание результатов влияния упреждающего управления на состояние безопасности полетов с учетом степени коррелированности с показателями качества. Практическая ценность применения риск-ориентированного подхода для управления безопасностью полетов с учетом результатов аудита и непрерывного мониторинга подтверждается внедрением разработанного метода на авиационном предприятии.

Соискателем внедрен на авиационном предприятии метод поиска критических элементов авиационной системы с оценкой уровня значимости ущерба на цепях событий в форме сценариев.

Методология и методы исследования диссертации основаны на международных стандартах по управлению качеством ISO серии 9000, документах Международной гражданской авиации (ИКАО), разработках NASA, Постановлениях Правительства РФ, регулирующих отношения в области качества и безопасности полетов, федеральных авиационных правилах, методических разработках ведомств гражданской авиации Союза Советских Социалистических Республик, Российской Федерации, трудах отечественных и зарубежных ученых, материалах международных конференций по вопросам управления качеством и безопасностью полетов в предприятиях воздушного транспорта. В работе использовались методы факторного анализа, такие как

дисперсионный анализ, корреляционный анализ, метод главных компонент. Использована диаграмма Парето, причинно-следственная диаграмма Исикавы.

Основные положения, выносимые на защиту:

1. Схема и принципы кластеризации массивов данных в интегрированной системе управления качеством и безопасностью полетов, основанные на унифицированной трактовке каждого элемента множества как факторов опасности и разделении их по функциональным признакам и областям мониторинга на показатели качества и показатели безопасности полетов.

2. Алгоритм анализа показателей качества и показателей безопасности полетов, позволяющий определять взаимосвязи между элементами множеств факторов опасности с использованием нечеткого многокритериального показателя эффективности в интегрированной системе управления качеством и безопасностью полетов на авиационном предприятии.

3. Метод выявления критических сочетаний элементов в интегрированной системе управления качеством и безопасностью полетов, основанный на риск-ориентированном подходе, что позволяет разрабатывать дополнительные корректирующие воздействия для обеспечения безопасности полетов на достоверных оценках состояния авиационной системы в полном соответствии с концепцией ИКАО об интегрированном управлении риском (IRM).

4. Результаты внедрения на авиационном предприятии метода поиска критических элементов авиационной системы с оценкой уровня значимости ущерба на цепях событий в форме сценариев, подтверждающих эффективность и практичность разработанного метода.

Степень достоверности результатов: степень обоснованности и достоверности результатов проведенных исследований обеспечены:

- использованием общепризнанных результатов, полученных отечественными и зарубежными исследователями в области теории и практики управления рисками, сопоставлением с ними самостоятельно полученных результатов;
- использованием современных методов сбора и обработки исходной информации при статистическом анализе и интерпретации полученных результатов;
- сравнением результатов вычислений со статистическими данными, характеризующими фактическое состояние системы на авиационном предприятии;
- апробацией основных результатов исследования в научных публикациях и на международных научно-технических конференциях.

Апробация результатов исследования. Материалы исследования докладывались, обсуждались и были одобрены на международных и всероссийских конференциях, что подтверждено документами их организаторов:

2-я международная конференция «Эффективность и качество на воздушном транспорте – 2012» (Москва, Центр стратегических разработок в гражданской авиации (ЦСР ГА), 15 ноября 2012 года);

Международная практическая конференция, посвященная 45-летию университета МГТУ ГА «Гражданская авиация на современном этапе развития науки, техники и общества (Москва, МГТУ ГА, 18-20 мая 2016 года);

16 Международная конференция «Авиация и космонавтика» (Москва, «МАИ», 20-24 ноября 2017 года).

2-й научно-практический семинар «Инновационные подходы модернизации аэропортовой инфраструктуры» (Санкт-Петербург, «СПбГУ ГА», 30 ноября 2018 года).

V Международная научно-практическая конференция «Менеджмент качества. Транспортная и информационная безопасность, информационные технологии» (Государственная академия промышленного менеджмента им. Н.П. Пастухова (Академия Пастухова) 7-11 сентября 2020. Ярославль).

VI международный практический семинар «Безопасность полетов. Безопасность топливообеспечения» (Москва, ОНАДА, 6 апреля 2021).

II форум «Российская современная авионика - 2021» (Санкт-Петербург, АО «Навигатор» - 22-23 апреля 2021).

IV международная конференция «Деловая авиация», в рамках XV международной выставки деловой авиации RUBAE 2021 (Москва, Внуково-3, 09-10 сентября 2021).

Личное участие автора состоит в определении актуальности темы, цели и задач исследования, поиске источников информации, получении и анализе исходных данных, выборе объекта и предмета исследования.

Теоретические и методические положения, выводы и рекомендации, содержащиеся в диссертации, являются результатом самостоятельного исследования соискателя, которые заключаются:

- в исследовании показателей авиационного предприятия, разделении множества показателей на показатели качества и показатели безопасности полетов;
- в осуществлении мониторинга данных показателей включая проведение внутренних проверок (аудитов, инспекций) подразделений авиационных предприятий;
- в определении методов установления обратных связей между показателями качества и показателями безопасности полетов;
- в выявлении критических сочетаний элементов системы управления качеством и системы управления безопасностью полетов;
- в составлении уравнения неблагоприятного события;
- в разработке рекомендаций по устранению бифуркации (разветвление и обрыв процесса), что позволяет утверждать об исключении возникновения неблагоприятного события в дальнейшей деятельности авиационного предприятия.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ ДИССЕРТАЦИИ

Диссертация состоит из введения, четырех глав, заключения, списка сокращений, списка использованной литературы, имеет пять приложений (отдельный том). Работа изложена на 142 страницах машинописного текста,

содержит 26 рисунков, графиков и иллюстраций, 25 таблиц, 65 формул, библиографию из 121 наименования.

В первой главе раскрываются принципы кластеризации СУК и СУБП в интегрированной системе, отмечается важность установления показателей качества и показателей безопасности полетов. Определены взаимосвязи между показателями качества и показателями безопасности полетов.

Во второй главе описывается метод непрерывного мониторинга за состоянием процессов, посредством оценки каждого процесса и каждой процедуры с точки зрения применения методов улучшения качества и безопасности полетов, что позволяет более эффективно принимать управленческие решения. Предложен переход от традиционной схемы аудита к более современным методам оценки, учитывающим риск-ориентированное мышление, на основе взаимосвязи показателей качества и показателей безопасности полетов.

В третьей главе дано описание многокритериального показателя эффективности в нечетких множествах показателей качества и безопасности полетов. Предложена схема обеспечения безопасности полетов при риск-ориентированном подходе. Решена задача по разработке метода выявления критических сочетаний элементов системы качества и безопасности полетов.

В четвертой главе приведено практическое применение методов, разработанных в диссертации на примере типового авиационного предприятия, осуществляющего коммерческие воздушные перевозки. Определен сценарий и составлено уравнение катастрофы (аварии, чрезвычайного происшествия, серьезного авиационного инцидента).

В приложениях 1, 2 описаны показатели качества и показатели безопасности полетов для авиационного предприятия.

В приложении 3 представлены практические результаты исследования в формате Excel для авиационного предприятия.

В приложении 4 представлена проверка результатов исследования.

В приложении 5 предложены перспективы внедрения методов, изложенных в диссертации в федеральных органах исполнительной власти, являющихся уполномоченными органами в области гражданской авиации РФ (Ространснадзор, Росавиация).

Краткое содержание разделов и глав диссертации

Общая схема решения проблемы и задач диссертации

а) Исходная позиция: интеграция системы СУК и СУБП предполагает в себе наличие комбинированного показателя (комбинированный показатель интегрированной авиационной системы), который зависит от изменений показателей качества и безопасности полетов:

$$K_{\Sigma} = f_{00}(Q, S \,|\, \Sigma_0, \Phi_0, \Phi_1). \tag{3}$$

Требуется создать алгоритм операции:

$$K_{\Sigma} \Rightarrow \tilde{K} \rightarrow \hat{K}_* = \tilde{f}_{01}(\tilde{K}), \tag{4}$$

где $\tilde{K}$ - нечеткое множество в виде многих индикаторов (показателей) для групп (классов, типов) показателей качества и безопасности полетов по модулям или элементам из интегрированной системы S_{Σ}:

$$S_{\Sigma} : C_{\Sigma} = (Q, S \left| K_{\Sigma}, \Sigma_0, \Phi_0, \Phi_1 \right.), \tag{5}$$

Из этого следует, что для операций $K_{\Sigma} \to \tilde{K}_{\Sigma}$, следует выполнять $\tilde{K}_{\Sigma} \to \hat{K}_{*}$.

Таким образом, необходимо искать соотношения для показателя аудита по риск-ориентированному подходу (ИКАО, ИСО) сначала в форме $\tilde{K}_{\Sigma}$, а затем для $\tilde{K}_{\Sigma *}$:

$$\tilde{K}_{\Sigma} = \tilde{f}_{01}(\{I_Q\}, \{I_S\} \left| \Sigma_0, \Phi_0, \Phi_1 \right.), \tag{6}$$

Где $\{I_Q\}, \{I_S\}$ - множество индикаторов показателей при мониторинге в процедурах аудита.

б) Проверка результатов вычислений и повышения их достоверности.

в) Конечный результат по риск-ориентированному подходу (РОП):

Индикаторы I_Q, I_S(усредненные) вычисляются в множествах M_Q, M_S.

Для $\tilde{K}_{\Sigma}$ - недостаточно «статистики» при аудите. Следовательно, необходимо множество наблюдений $(n_Q = 166, n_S = 72)$.

Таким образом, необходим «непрерывный мониторинг» показателей, включающий в себя аудиты (внутренние, внешние), материалы расследования авиационных событий, обязательные и добровольные сообщения от персонала, материалы полетной информации, квалификационных проверок и др.

г) Новые процедуры в интегрированной системе:

1) преобразование M_Q, M_S - кластеризация.

2) нормирование M_Q, M_S

3) переход к РОП: $\hat{K}_{\Sigma} : \exists U_{\hat{R}}(M_Q, M_S)$

где $U_{\hat{R}}$ - условие неблагоприятного события, например катастрофы.

4) составление уравнения катастрофы, выявление цепочек сценариев событий из множества элементов с мощностью (с разной размерностью) кластерных частей в общей длинной «вектор-строке» *(появляется возможность оценить возникновение дополнительных ущербов).*

д) Этапы перехода к РОП:

- создание моделей рисковых событий (сценариев, оценка ущербов, нахождение критических сценариев, сценариев по классам с функциональными признаками), в частности, по «неопределенности» Найта.

- оценивание уровней интегральных рисков по IRM (ИКАО) – с учетом неопределенности и путем использования матриц оценки рисков по ИКАО с учетом неопределенности:

$$\hat{K}_{\Sigma} \in M_R(IRM) \Rightarrow \hat{K}_{\Sigma *} = \hat{R}_{\Sigma *}, \tag{7}$$

где $\hat{R}_{\Sigma *}$ - приемлемый риск (приемлемый уровень риска).

Таким образом, проблемы аудитов могут быть решены вполне корректно на счетном множестве параметров в интегрированной системе в рамках риск-ориентированного подхода (ISO) и интегрированного управления риском (IRM, ICAO). Апробация предлагаемого метода на действующем авиационном предприятии подтверждает, что разработанные алгоритмы вполне

конструктивны, представленная общая схема кластеризации в интегрированной системе отражает основные особенности исследуемых (измеримых) процессов при аудите по новой методике:

$$S_{\Sigma} : C_{\Sigma} = (Q, S \left| K_{\Sigma}, \Sigma_0, \Phi_0, \Phi_1 \right.). \tag{8}$$

Мониторинг и измерение в авиационном предприятии. Традиционная схема

За основу «непрерывного мониторинга» в авиационном предприятии взяты традиционные формулы определения показателя эффективности *К* (показатели эффективной и неэффективной реализации) из Руководства по непрерывному мониторингу в рамках Универсальной программы проверок организации контроля за обеспечением безопасности полетов (документ ИКАО 9735, издание 4, 2014 год):

$$K_{E0} = \frac{N_{ВП}}{N_{\sum П}}, \quad (9) \qquad\qquad K_{R0} = 1 - K_{E0}, \quad (10)$$

где $N_{ВП}$ - число «удовлетворительных оценок» (по шкале «удовлетворительно/неудовлетворительно), $N_{\sum П}$ - общее количество оценок, предписанных для контроля в программе аудита.

Вместе с тем, такая методика основана на усреднении сумм различных индикаторов, что не вполне соответствует риск-ориентированному мышлению (по ISO).

В то же время, выполняемость процессов p_i есть качественная характеристика (по ISO), а значит, процедуры процессов состоят из показателей качества Q.

$$p_i = \left\{ Q_i \left| \sum_{i=1}^{n} Q_i \in p_i \right. \right\}. \tag{11}$$

Тогда каждый процесс (процедуру) можно оценить на предмет его выполняемости:

$$p_i = 1 - (Q_i * / \sum Q_i), \tag{12}$$

где $\sum Q_i$ - общее количество процедур в процессе, $Q_i *$ - количество невыполненных процедур в процессе.

При этом возможности процессов l_i можно записать как:

$$l_i = 1 - p_i. \tag{13}$$

В ходе исследований был построен профиль процессов типового авиационного предприятия (рис.1), имеющий 9 процессов в виде вариационного ряда значений $x \in Q, y \in S$, так что $x = (x_1, x_2 ... x_n), y = (y_1, y_2 ... y_n)$.

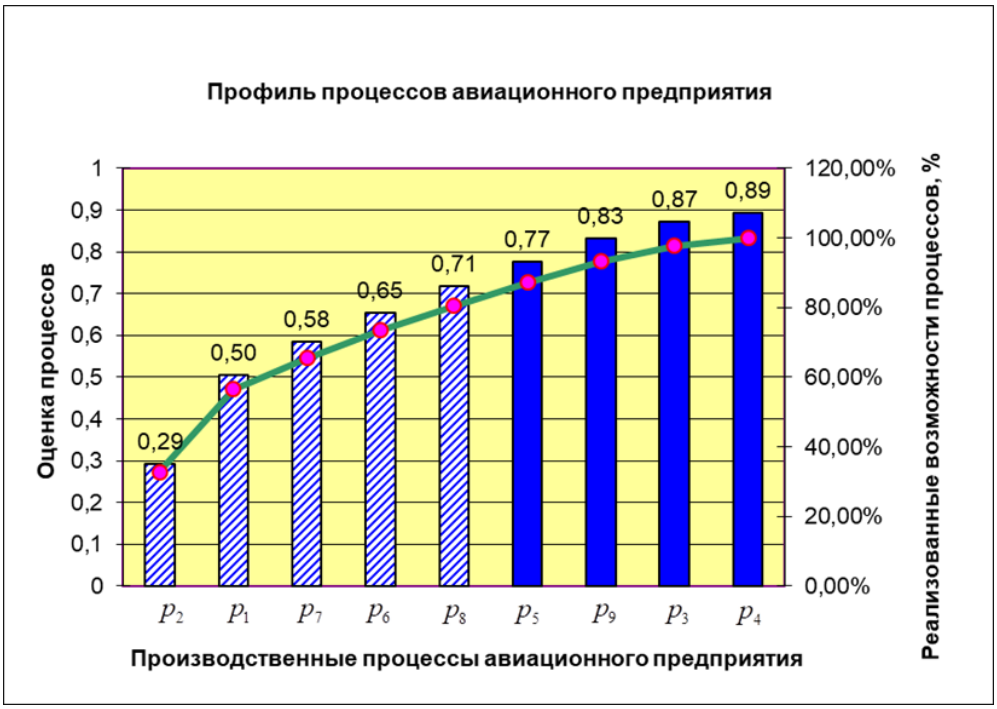


Рис. 1 Профиль процессов авиационного предприятия

Согласно концепции ИКАО, в организационной эре безопасности полетов существует общий риск авиационной системы, который определяется через оценку, интеграцию потребностей и взаимозависимостей функциональной системы и обозначается термином «интегрированное управление факторами риска» (IRM). При этом согласно положениям международных стандартов ИСО серии 9000, возможности и риски можно записать как:

$$\sum_{i=1}^{n} l_i(M_Q) \subseteq \hat{R}(M_S) \supset R(S), \tag{14}$$

где $\hat{R}$ - общий риск системы, R - возможное событие.

Таким образом, в диссертации риск рассматривается прежде всего, как прогнозируемая мера количества опасности для возможного дискретного события в условиях неопределенности.

Оценка процессов для M_Q традиционно производится для единой строки по следующей шкале:

Н – не достигнут – 0-15% достижения (0-,015).

Ч – частично достигнут – 15-50% достижения (0,15-0,5).

В – в основном достигнут – 50-85% достижения (0,5-0,85).

П – полностью достигнут – 85-100% достижения (0,85-1).

Все множество измерений x_i и y_i в одиночном аудите (избранном) процесса p_i трактуется как строка случайных значений некоторых величин (x_i, y_i), полученных при мониторинге в значениях от 0 до 1.

При этом, согласно новой идеологии в профиле процессов заложены опасности в виде M_S. Таким образом, для решения задачи диссертации

необходимо разделить множество показателей на показатели качества и показатели безопасности полетов $M_{\Sigma} \sim (M_Q, M_S)$.

Схема и принципы кластеризации в интегрированной системе качества и безопасности полетов

В основе схемы кластеризации интегрированной системы качества и безопасности полетов (рисунок 2) лежат показатели качества и показатели безопасности полетов, которые обрабатываются такими процессами управления, как мониторинг и измерение, анализ и оценка, определение возможностей для улучшения. В процессах производства имеются как факторы опасности, связанные с качеством (φ_1), так и факторы опасности, связанные с безопасностью полетов (φ_2). Невыполнение установленных процедур есть факторы опасности, приводящие к рисковым событиям (15).

$$f(\varphi_1 \Rightarrow \varphi_2)\Big|P_{mm,}P_{re,}P_{pi} \rightarrow \sum_{i=n}^{n} p_i. \qquad (15)$$

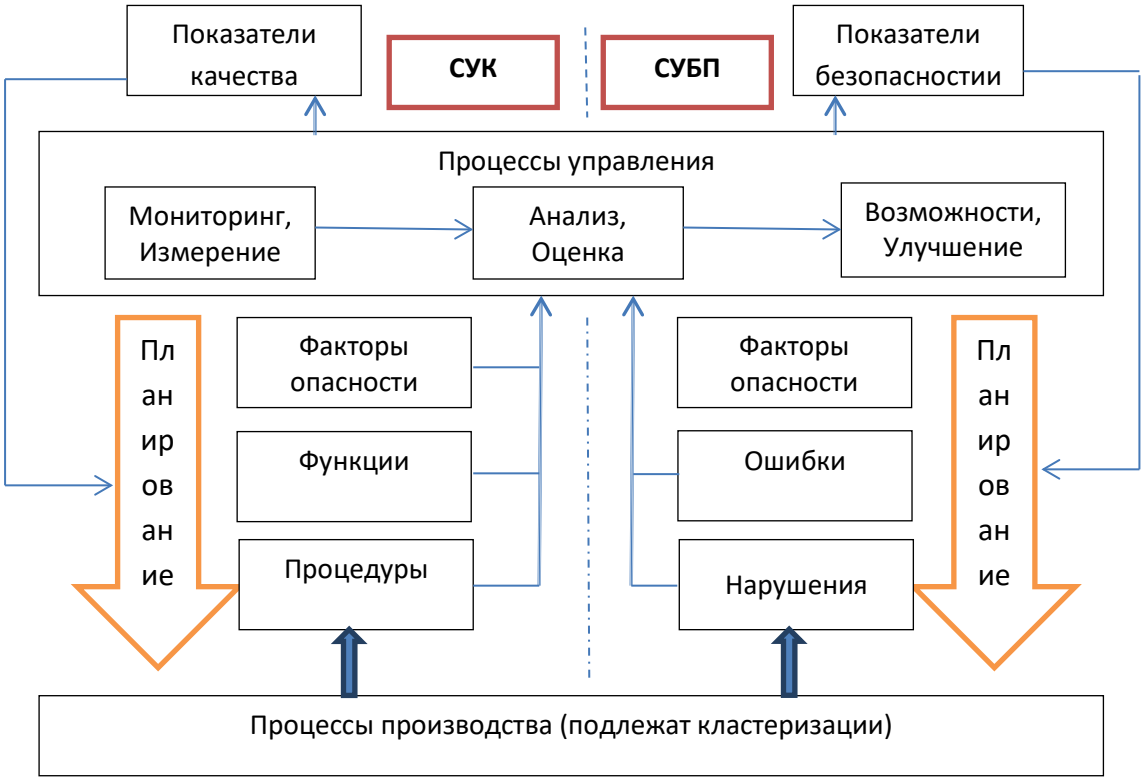


Рис 2. Схема кластеризации в интегрированной СУК и СУБП

Принимается, что $\varphi_1 : Q_i \in C_A$, $\varphi_2 : S_i \in C_A$, тогда формула интеграции СУК и СУБП примет вид:

$$C_A = \left\{ Q_i \cup S_i \Big| P_{mm,} P_{re,} P_{pi} \right\}, \qquad (16)$$

где C_A - авиационная система, Q_i- показатели качества, S_i - показатели безопасности полетов воздушных судов, $P_{mm,}$ - процессы мониторинга и измерения, $P_{re,}$ - процессы анализа и оценки, P_{pi} - процессы определения

возможностей для улучшения, φ_1 - факторы опасности, связанные с качеством, φ_2 - факторы опасности, связанные с безопасностью полетов.

Мониторинг (измерение) происходит во времени, следовательно, процесс мониторинга может быть описан в виде функции от времени процесса, который подвергается мониторингу (17):

$$f : P_{mm,} \to p_i = p_i(t) = f_i(t), \tag{17}$$

где p_i - номер процесса, t – период времени измеряемого процесса.

Процессы анализа и оценки можно представить в виде (18), приняв шкалу оценки от 0 до 1.

$$f : P_{re} \in f_i(t) \to [0,1]. \tag{18}$$

Осуществление изменений при обеспечении безопасности полетов можно выразить путем формирования корректировок u_i управления состояния авиационной системы (19).

$$\overline{u} = (u_1, u_2, u_3 ... u_n \left| \sum_0 \right.), \tag{19}$$

где u_i – интегрированные изменения состояния, в зависимости от уровня риска $\hat{R}$, $\sum_0$ – условия авиационной системы.

Таким образом, процесс выявления возможностей улучшения системы можно представить в виде (9).

$$f : P_{pi} = (u_1, u_2, u_3 ... u_n \left| \frac{1}{n}\sum_{i=n}^{n} p_i \to 1, \frac{1}{n}\sum_{i=n}^{n} l_i \to 0 \right.), \tag{20}$$

где l_i - возможности процессов.

Принципы интеграции СУК и СУБП

С помощью предложенной схемы интеграции СУК и СУБП определены основные принципы интеграции СУК и СУБП.

Первым принципом интеграции СУК и СУБП является установление общих процессов управления в авиационном предприятии, таких как «мониторинг и измерение, анализ и оценка, определение возможностей для улучшения» как для СУК, так и для СУБП.

Второй принцип интеграции СУК и СУБП заключается в определении измеримых показателей качества и безопасности полетов.

Третий принцип интеграции СУК и СУБП – наличие взаимосвязи между показателями качества и показателями безопасности.

Четвертый принцип интеграции СУК и СУБП – показатели качества характеризуются степенью выполнения процедур (процессов), в то время как показатели безопасности полетов характеризуются отклонениями (ошибками, нарушениями) от установленных процедур (процессов).

Пятый принцип интеграции СУК и СУБП – кластеризация процессов позволяет правильно определять взаимосвязи между показателями по функциональным признакам.

Взаимосвязь между показателями качества и показателями безопасности полетов

Выявление критических элементов авиационного предприятия возможно на основе анализа данных, полученных при проведении внутренних аудитов. Согласно концепции ИКАО об аудите, вводятся показатели качества *Q* и показатели безопасности полетов *S*.

В связи с этим, ИКАО в документе 9859 «Руководство по управлению безопасностью полетов», предлагая успешно управлять безопасностью полетов с учетом взаимозависимостей между элементами функциональной системы, вводит новое понятие в форме: «интегрированного управления риском (IRM)».

IRM имеет общесистемную функцию координации, согласования и оптимизации процессов с целью уменьшения рисков авиационной системы. Т.е. в основу IRM заложена оценка разделение факторов опасности авиационной системы по функциональным признакам и анализ взаимосвязи между ними.

Для обработки и анализа показателей авиационного предприятия был применен метод главных компонент. Показатели измерялись ежемесячно в течение 12 месяцев, затем были нормированы по стандартным отклонениям, сформирован массив данных, между показателями были установлены корреляционные связи и построена матрица корреляции.

С помощью специальной программы анализа данных (инструмент программирования и выполнения вычислительных операций и экспериментов) был выстроен график (рис. 2 слева):

Показатели качества обозначены цифрами 1-7 (круги), показатели безопасности полетов обозначены цифрами 8-16 (ромбы). Сформирована общая картина показателей.

Ось абсцисс интерпретирована под максимальные и минимальные значения показателей качества и показателей безопасности полетов. Наиболее значимые показатели расположены на максимальном удалении от оси ординат.

Например, показатель качества «выполнение стандартов наземного обслуживания (№3) » тесно коррелирует с показателем безопасности полетов – «авиационные инциденты (№8)». Т.е. на количество авиационных инцидентов за прошедшие 12 месяцев повлияло низкое качество выполнения стандартов наземного обслуживания.

Таким образом, между показателем качества № 3 и показателем безопасности полетов № 8 имеется тесная связь. Коэффициент корреляции равен 0.85 (21).

$$r_{Q3,S8} = 0.85 \Big| X_{Q3} = 83\%, \qquad (21)$$

где X_{Q3} - среднегодовое значение выполнения стандартов наземного обслуживания.

При этом, если выполняемость стандартных процедур наземного обслуживания улучшить с 83% до 100%, коэффициент корреляции будет стремиться к 0 (показатели 3 и 8 сместились к оси ординат), что может позволить исключить авиационные инциденты по вине низкого выполнения стандартов наземного обслуживания в будущем (график справа на рис. 2) (22).

$$r_{Q3,S8} \to 0 \,\Big|\, X_{Q3} = 100\%. \qquad (22)$$

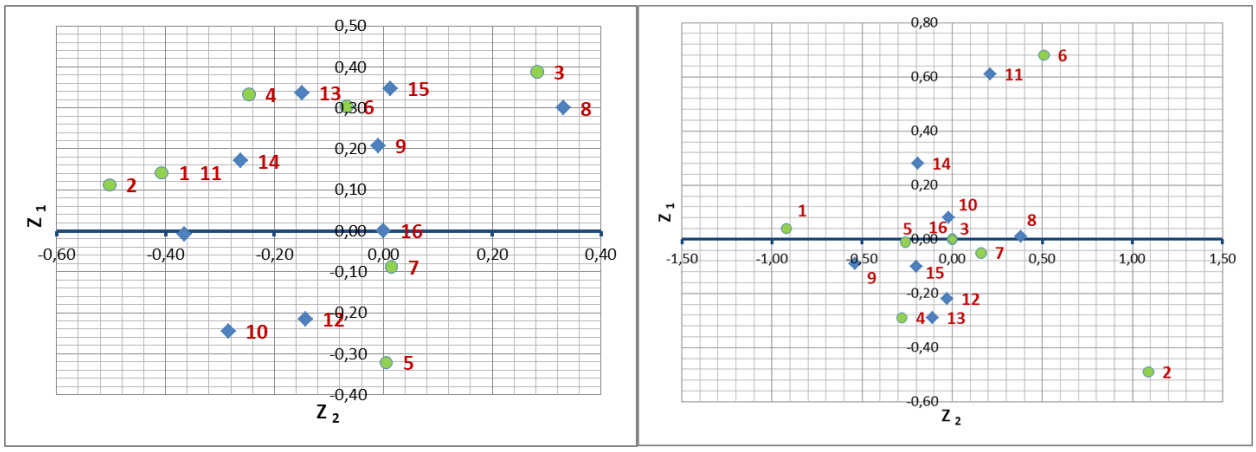


Рис.3. Графики показателей авиационного предприятия

В дальнейшем при проведении аналогичных вычислений было практически доказано и фактически подтверждено наличие взаимосвязи между показателями качества и показателями безопасности полетов на примере конкретного авиационного предприятия (глава 4 диссертации).

Мониторинг и измерение в авиационном предприятии. Новая процедура

Цель данного исследования состоит в том, чтобы компенсировать неопределенность значений типового профиля процессов на более важную для авиационного предприятия схему анализа критичности элементов из-за различия уровня рисков, которые порождаются вследствие нарушения качества системы.

Первый этап новой процедуры измерения показателей: производится расщепление матрицы строки на две независимые строки. Основание для этого в том, что показатели *Q* и *S* изменяются независимо в двух системах.

Второй этап: приведение показателей *Q* и *S* к единому виду нормировки по двум типам. Тип 1 – *«невыполнение процедур»*, тип 2 – «*отклонения от установленных процедур»*.

Нормировку показателей можно выполнить в соответствии с таблицей 1.

Таблица 1. - Нормирование показателей качества и показателей безопасности полетов

Оценка показателей качества (процесса, процедуры) Q	**Оценка показателей безопасности полетов, S**	**Нормирование опасности (φ)**
не достигнут – 0-20% достижения	Количество отклонений/месяц – 5 и более	0,8 – 1
частично достигнут – 20-50% достижения (0,2-0,5)	Количество отклонений/месяц – 3-4	0,5 – 0,8
в основном достигнут – 50-70% достижения (0,5-0,7)	Количество отклонений/месяц – 2	0,3 – 0,5
полностью достигнут –70-100% достижения (0,7-1)	Количество отклонений/месяц – 1	0 – 0,3

Таким образом, из показателей качества (путем инверсии) и показателей безопасности полетов были найдены величины, характеризующие факторы опасности φ.

Анализ и оценка показателей авиационного предприятия. Многокритериальный показатель эффективности, определенный в нечетких множествах

Величины, характеризующие факторы опасности как в показателях качества, так и в показателях безопасности полетов, были выстроены в две строки, по опасностям с точки зрения качества и с точки зрения безопасности полетов.

В итоге образовался массив факторов опасности двух видов:

1 вид – факторы опасности, связанные с угрозами, выявляемыми в ходе непрерывного мониторинга деятельности авиационной системы (φ_{Q_i});

2 вид – факторы опасности, проявляющиеся в ходе текущей деятельности в виде отклонений от установленных правил, процедур (φ_{S_i}).

Для нахождения критических элементов авиационной системы предлагается оценить обратные связи между $\varphi_1(\varphi_Q), \varphi_2(\varphi_S)$, путем проведения типового корреляционного анализа, используемого в методах факторного анализа двух производных множеств (23).

$$K_{Q,S} = \frac{\sum_{i=1}^{n}((\varphi_{Q_i} - \overline{\varphi_Q})(\varphi_{S_i} - \overline{\varphi_S}))}{\sqrt{\sum_{i=1}^{n}(\varphi_{Qi} - \overline{\varphi_Q})^2 \sum_{i=1}^{n}(\varphi_{Si} - \overline{\varphi_S})^2}}, \qquad (23)$$

где Q – показатели качества, S – показатели безопасности полетов, φ - факторы опасности, $K_{Q,S}$ - многокритериальный показатель эффективности, определенный в нечетких множествах.

Далее элементы авиационной системы оцениваются на предмет приемлемости риска, с использованием специально разработанного для данного метода матрицы оценки риска (рисунок 4).

Оценка нечеткого уровня риска ($\hat{R}$) возникновения опасных событий			Категория ущерба				
			A	B	C	D	E
Степень опасности		Множитель	1	0,8	0,6	0,4	0,2
	1-я	1	1	0,8	0,6	0,4	0,2
	2-я	0,8	0,8	0,64	0,48	0,32	0,16
	3-я	0,6	0,6	0,48	0,36	0,24	0,12
	4-я	0,4	0,4	0,32	0,24	0,16	0,08
	5-я	0,2	0,2	0,16	0,16	0,08	0,04

Рис.4. Матрица значений многокритериального показателя эффективности

Элементы, удовлетворяющие соотношению (24) и есть критические элементы авиационной системы, находящиеся в зоне неприемлемого риска (красная зона).

$$K_{Q,S} \geq 0.8. \tag{24}$$

Таким образом, вычисляются критические элементы авиационной системы – это такие элементы, цепочка из которых может привести к неблагоприятному событию (катастрофа, авария, чрезвычайное происшествие, серьезный авиационный инцидент).

Обеспечение безопасности полетов

При таком подходе, по полученным данным о критических элементах системы производится обеспечение корректирующими мероприятиями $\overline{u}$ на основании риск-ориентированного подхода (25), что является новым при осуществлении изменений в рамках обеспечения безопасности полетов, являющимся третьим компонентом СУБП в соответствии с приложением 19 к Конвенции о международной гражданской авиации (Управление безопасностью полетов).

$$\overline{u} = (u_1, u_2, u_3 ... u_n \left| \sum_0 \right.), \tag{25}$$

где u_i – вид изменения, $\sum_0$ – условия авиационной системы.

Очевидно, эти изменения зависят от расположения факторов опасности в пространстве среды (26):

$$u_i = f(\varphi_{hi}, \chi_i \left| \sum_0 \right.), \tag{26}$$

где φ_{hi} - фактор опасности, χ_i – состояние авиационной системы, $\sum_0$ – условия авиационной системы с учетом факторов среды.

Таким образом, сочетание (25, 26) представляет собой схему обеспечения безопасности полетов при риск-ориентированном подходе.

Метод выявления критических сочетаний элементов системы качества и безопасности полетов

Включает в себя:

- разделение (расщепление) показателей авиационного предприятия на показатели качества и показатели безопасности полетов.
- кластеризацию интегрированной (СУК, СУБП) системы авиационного предприятия.
- установление порядка непрерывного мониторинга процессов авиационного предприятия.
- установление показателей качества и показателей безопасности полетов в единую строку матрицы для непрерывного мониторинга.
- нормирование показателей качества и показателей безопасности полетов в единое топологическое пространство данных факторов опасности (инверсия для показателей качества).

- определение парных корреляционных значений опасностей, с использованием многокритериального показателя эффективности.

- определение критических элементов авиационной системы на основе тесноты связей между показателями качества и показателями безопасности полетов, с использованием матрицы оценки рисков.

- проверку результатов вычислений с использованием «адаптивного скольжения» и (или) «сравнения».

- составление уравнения катастрофы (неблагоприятного события: аварии, авиационного происшествия, чрезвычайного происшествия).

- проведение корректирующих мероприятий в соответствии со схемой обеспечения безопасности полетов при риск-ориентированном подходе.

- проверку эффективности корректирующих мероприятий, путем повторного аудита и вычисления многокритериальных показателей эффективности элементов системы.

Поиск критических элементов авиационного предприятия

Была осуществлена кластеризация процессов авиационного предприятия, т.е. разделены множество показателей на 5 классов и представлены в виде набора с мощностью $N_{\Sigma} \geq 100$.

1 класс «Общая организация».

2 класс «Организация летной работы».

3 класс «Поддержание летной годности воздушных судов».

4 класс «Наземное обслуживание».

5 класс «Внешнее взаимодействие».

Каждый класс дополнительно разделен на группы показателей качества и группы показателей безопасности полетов *Q* и *S*, как было отмечено выше (таблица 2).

Таблица 2 – Классы показателей типового авиационного предприятия

Классы	Количество показателей	
	Показатели качества (Q)	Показатели безопасности полетов (S)
1 Класс	13	1
2 Класс	60	22
3 Класс	32	16
4 Класс	39	20
5 Класс	22	13
Всего:	**166**	**72**

Например, показатели качества (*Q*) для 2 класса «Организация летной работы» отражают структуру, введенную в таблицу 3.

По аналогии была создана таблица для показателей безопасности полетов, т.е. проведено разделение показателей на два подмножества.

Удалось установить, что число показателей качества (*Q*) составляет 166, число показателей безопасности полетов (*S*) составляет 72.

Таблица 3 – Структура показателей качества авиационного предприятия (Q)для класса 2

	№ (Q)	Системный номер (β)	Название
Класс 2	Q.2	------	Организация летной работы
Группа 1	Q.2.1	------	Организация и проведение подготовки, тренирово контроля навыков и знаний
Показатель	Q.2.1.1	14	Допуск членов летных экипажей воздушных судов, соответствии с пунктом 5.84 ФАП-128
----------	----------	(15-69)	----------
Класс 2	Q.2	------	Организация летной работы
Группа 8	Q.2.8	------	Предоставление информации экипажам воздушнь судов
Показатель	Q.2.8.1	70	Предоставление аэронавигационной информации
----------	----------	(71-73)	----------

При том, что $\varphi_1 \sim Q$, $\varphi_2 \sim S$, формула некоторого индикатора, или комбинированного интегрального показателя эффективности качества и безопасности К в авиационном предприятии приняла вид:

$$\mathrm{K}_{00} = f(S,Q). \tag{27}$$

Тогда индикатор критического элемента был представлен в виде:

$$\mathrm{K}_{12*} \sim (\varphi_1, \varphi_2 \,|\, \mathrm{K}_{00}) = \beta *. \tag{28}$$

Полученный массив данных был обработан с помощью процедур установления взаимовлияния, оценки глубины обратных связей и определения критических элементов авиационного предприятия. Фрагмент таблицы мониторинга показателей (*Q*) и (*S*) измеряемых на протяжении 12 месяцев для класса 2 представлен в таблице 4 (в таблице представлены нормированные данные).

Таблица 4 – Фрагмент таблицы мониторинга показателей класса 2

67	68	69	70	71	72	73							
Q2.7.6	Q2.7.7	Q2.7.8	Q2.8.1	Q2.8.2	Q2.8.3	Q2.8.4	S2.1.1	S2.1.2	S2.1.3	S2.1.4	S2.2.1	S2.2.2	S2.2.3
0	0	0	0,2	0	0	0,2	0,3	0	0	0	0	0,3	0,5
0	0	0	0,2	0	0	0,2	0,5	0	0	0	0	0,5	0,5
0	0	0	0,2	0	0,5	0,2	0,8	0	0	0	0	0	0,5
0	0	0	0,2	0	0,5	0,5	1	0	0	0	0	0,3	1
0	0	0	0,2	0	0,5	0,2	1	0,8	1	1	0,5	1	1
0	0	0	0,2	0	0,5	0,5	1	1	0,5	1	0	0,8	0,8
0	0	0	0	0	0,2	0,7	0,8	0	1	0,3	0	1	0,5
0	0	0	0	0	0	0,7	0,8	0	0	0	0	0,3	1
0	0	0	0	0	0	0,5	0,5	0	0	0	0	0,3	0,3
0	0	0	0	0	0	0	0,3	0	0	0	0	0	0,3
0	0	0	0	0	0	0,5	0,5	0	0	0	0	0	0,3
0	0	0	0	0	0	0,5	0,3	0	0	0	0	0,3	0,3

Фрагмент матрицы парных корреляций показателей (*Q*) и (*S*) для класса 2 представлен в таблице 5, где отображены красным цветом выявленные критически элементы класса 2 – Q2.1.3 (порядковый номер в системе № 16) и Q2.2.10 (порядковый номер 23), удовлетворяющие соотношению (24).

Таблица 5 – Фрагмент матрицы парных корреляций показателей (Q) и (S) для класса 2

S2.3.3	-0,41	0,00	0,62	0,00	-0,33	0,00	-0,05	0,00	0,00	0,52	0,00
S2.3.4	-0,14	-0,57	-0,44	0,18	0,15	0,00	0,38	0,00	0,00	0,08	0,00
S2.3.5	-0,21	0,00	0,02	0,43	-0,17	0,00	-0,08	0,00	0,00	1,00	0,00
S2.3.6	0,10	-0,14	-0,11	0,71	0,27	0,00	-0,10	0,00	0,00	0,79	0,00
S2.4.1	0,00	-0,18	-0,11	0,41	0,11	0,00	-0,05	0,00	0,00	0,52	0,00
S2.4.2	-0,21	0,00	0,02	0,43	-0,17	0,00	-0,08	0,00	0,00	1,00	0,00
S2.4.3	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
S2.4.4	0,00	0,30	-0,11	0,00	-0,33	0,00	-0,35	0,00	0,00	0,52	0,00
S2.5.1	0,12	-0,32	0,44	0,12	0,29	0,00	0,22	0,00	0,00	-0,25	0,00
S2.5.2	-0,17	0,23	0,48	0,03	-0,39	0,00	-0,10	0,00	0,00	0,67	0,00
S2.5.3	0,44	0,10	0,43	0,44	0,36	0,00	-0,10	0,00	0,00	0,19	0,00
S2.5.4	0,45	0,19	0,81	0,45	0,37	0,00	0,14	0,00	0,00	0,19	0,00
	Q2.1.1	Q2.1.2	Q2.1.3	Q2.1.4	Q2.1.5	Q2.1.6	Q2.1.7	Q2.1.8	Q2.1.9	Q2.1.10	Q2.2.1
β	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24

Таким образом, в 5 классах было найдено 8 критических элементов в авиационном предприятии (таблица 6).

где ФО (β) - номер фактора опасности авиационной системы;

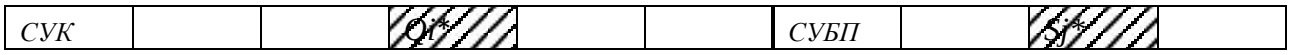
ИО (z) – номер источника опасности.

При разных длинах строк показателей Q,S необходима проверка корректности вычислений в том числе и для повышения достоверности вычислений.

Корректность вычислений была проверена с использованием метода «сравнения» или «адаптивного скольжения».

а) Исходная строка:

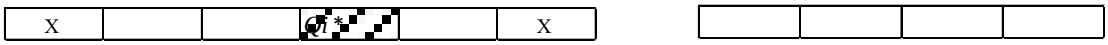
Часть1 Часть 2



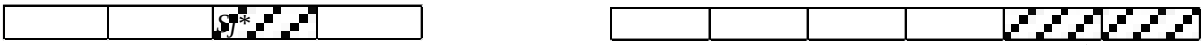
б) После разбиения на две части (новая схема)

«Сравнение» «Адаптивное скольжение» и «выравнивание»

Часть1



Часть 2



Отброшенная часть

В методе «сравнения» значения справа и слева от найденного критического элемента отбрасываются и проводятся вычисления парных корреляций параметров из строк равной длины. В методе «адаптивное скольжение» поочередно отбрасываются части длинной строки таким образом, чтобы дальнейшие проверочные действия выполнялись со строками одинаковой длины.

В ходе проверки вычислений критических элементов в АП с помощью указанных методов была доказана достоверность результатов.

Критические элементы были ранжированы по первоочередности возникновения опасности, после чего было составлено уравнение катастрофы.

Уравнение катастрофы было сконструировано по методу минимального сечения – в виде конъюнкций критических элементов системы авиационного предприятия, приводящих к отклонениям от установленных процедур либо к уязвимости системы под воздействием внешних факторов (29).

При этом задано свое (неповторимое) уравнение, составленное в виде набора (конъюнкции) логических признаков факторов опасности β:

$$R \to L_R \Rightarrow U_R = (\beta_{158} \wedge \beta_{35} \wedge \beta_{16} \wedge \beta_{43} \wedge \beta_{62} \wedge \beta_{63} \wedge \beta_{72} \wedge \beta_{84}) = 1, \qquad (29)$$

где L_R - структура цепи сценария, U_R - условие катастрофы.

Условие $U_R = 1$ обозначает возникновение катастрофы.

Это обозначает, что при вполне определенном источнике опасности Z, возникающем в точке уязвимости и определяющем нечеткую длину интервала уязвимости, в конце каждого интервала происходит бифуркация (разветвление и обрыв процесса) в виде события R – неудачи (катастрофы, аварии), или не возникновения этого события, но возникновения события обратного – в виде удачи (шанса выживания).

Таким образом, прогнозируемое количество опасности $\hat{R}$ всегда соответствует выделенной угрозе, и оно должно быть найдено заранее до прогнозируемого момента времени возникновения бифуркации, т.е. до события R.

В результате проведенных корректирующих мероприятий, в конкретном сценарии катастрофы было устранена бифуркация (разветвление и обрыв процесса), что позволяет утверждать об исключении возникновения события R – неудачи (катастрофы, аварии) в дальнейшей производственной деятельности авиационного предприятия (30).

$$R \to L_R \Rightarrow U_R = 0. \qquad (30)$$

Соотношение (30) было проверено в ходе повторного аудита деятельности авиационного предприятия.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В ходе решения научной задачи в диссертационной работе получены следующие научные результаты:

1. Установлены пять принципов кластеризации в интегрированной системе управления качеством и управления безопасностью полетов, основанные на применении подхода к оцениванию рисков по концепции ИКАО (IRM) и на разделении показателей авиационного предприятия на показатели качества и показатели безопасности полетов по функциональным признакам и областям мониторинга.

2. Установлена взаимосвязь между показателями качества и показателями безопасности полетов с использованием многокритериального показателя эффективности, определенного в нечетких множествах, что позволяет проактивно выявлять критические элементы в интегрированной

системе управления качеством и безопасностью полетов на авиационном предприятии.

3. Разработан метод выявления критических сочетаний элементов в интегрированной системе управления качеством и безопасностью полетов, позволяющий проводить достоверные оценки состояния авиационной системы для эффективного обеспечения безопасности полетов, на основе риск-ориентированного подхода, в соответствии с концепцией ИКАО об интегрированном управлении риском (IRM).

4. Составлен сценарий и сконструировано уравнение катастрофы на авиационном предприятии. Реализована схема управления безопасностью полетов при риск-ориентированном подходе, что позволяет исключать возможные прогнозируемые авиационные происшествия в планируемой производственной деятельности авиационного предприятия.

Кроме этого, предложенный метод имеет перспективы внедрения и в федеральных органах исполнительной власти РФ, являющихся уполномоченными органами в области гражданской авиации. При слиянии данных, обрабатываемых в Федеральной службе по надзору в сфере транспорта (выполняемость обязательных требований), и данных, получаемых Федеральным агентством воздушного транспорта (авиационные события), возможно получение последовательных, взаимосвязанных и полезных данных о критических элементах авиационных систем поставщиков услуг (организаций гражданской авиации).

Основные положения диссертационной работы изложены в 14 публикациях, в том числе в изданиях, определенных перечнем ВАК – 10, из них по научной специальности 05.22.14 – 4; в других изданиях – 4.

Публикации в научных журналах, включенных в перечень рецензируемых научных изданий, рекомендованных Минобрнауки России, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций по специальности 05.22.14 на соискание ученой степени кандидата наук:

1. Мельник Д.М. Оценка процессов в авиационном предприятии // Научно-производственный и культурно-образовательный журнал: Качество и жизнь № 3 (11), 2016 - С. 80-84;

2. Мельник Д.М. Оценка эффективности функционирования системы управления безопасностью полетов в современном авиационном предприятии // Вестник Санкт-Петербургского государственного университета гражданской авиации / Университет ГА. С.-Петербург. № 4 (13), 2016 – С. 66-76;

3. Мельник Д.М. Анализ показателей качества и безопасности полетов авиационного предприятия // Вестник Санкт-Петербургского государственного университета гражданской авиации / Университет ГА. С.-Петербург. № 4 (21), 2018 - С.5-19;

4. Куклев Е.А., Коникова Е.В., Мельник Д.М. Поиск критических элементов авиационных систем на примере оператора аэродрома // Вестник Санкт-Петербургского государственного университета гражданской авиации / Университет ГА. С.-Петербург. №3 (28), 2020 – С. 5-15.

Публикации в научных журналах, включенных в перечень рецензируемых научных изданий, одобренных ВАК:

1. Мельник Д.М. Система управления качеством и система управления безопасностью полетов в производственной деятельности эксплуатантов гражданской авиации РФ // Журнал: Управление риском. № 3, 2015 - С. 33-40;

2. Мельник Д.М. Интегрированная модель процесса авиационного предприятия, с точки зрения управления качеством и управления безопасностью полетов // Журнал: T-Comm: Телекоммуникации и транспорт. Том 10, № 10, 2016 – С. 52-55;

3. Мельник Д.М. Интеграция системы управления качеством и системы управления безопасностью полетов в современном авиационном предприятии // Ежемесячный научно-практический журнал «Качество, инновации, образование», № 8-10 (135-137), 2016 - С. 71-79;

4. Мельник Д.М. Интегрированное управление рисками в авиационных предприятиях // Журнал: Транспорт Российской Федерации, № 4 (83), 2019 – С. 28-32;

5. Куклев Е.А., Коникова Е.В., Мельник Д.М. Риски функциональных отказов элементов в интегрированной системе управления безопасностью полетов для авиационного предприятия // Журнал о науке, экономике и практике «Транспорт Российской Федерации», № 3(88), 2020 - С. 36-40;

6. Мельник Д.М. Поиск критических элементов в интегрированной системе управления качеством и безопасностью полетов воздушных судов // Ежемесячный научно-практический журнал «Качество, инновации, образование», № 5, 2020 - С. 41-50.

Научные публикации в других изданиях:

1. Мельник Д.М. Принципы интеграции системы управления качеством и системы управления безопасностью полетов в авиационном предприятии // Журнал: Транспорт Российской Федерации, № 6 (61), 2015 - С. 47-50;

2. Мельник Д.М. Взаимосвязь уровня рисков и уровня качества процессов в авиационном предприятии // Журнал: Транспорт Российской Федерации, № 6 (79), 2018 – С. 35-39;

3. Мельник Д.М. Выявление критических элементов авиационного предприятия на основе анализа результатов расследования авиационных событий // Журнал: Транспортная стратегия – XXI век, № 47, 2021 - С. 28-31;

4. Балясников В.В., Куклев Е.А., Мельник Д.М. Определение критических сочетаний элементов в области неопределенности состояний авиационной системы на примере Авиакомпании «Сириус-Аэро // Спецвыпуск «Деловая авиация» – приложение к журналу «Транспортная стратегия XXI век», № 1(48), 2021 - С. 44-50.

Печатается в авторской редакции.
Подписано к печати 11.02.2022. Формат бумаги 60x90 $^{1/16}$.
Тираж 100. Уч-изд.л. 1,5. Усл.печ.л. 1,625. С 16. Заказ 318.
Тип. Университета ГА. 196210 С.-Петербург, ул. Пилотов, д. 38.